

Bianca Christina Weber-Lewerenz

# Innovation Empowerment in Construction 4.0 by the CDR-Approach

A New Field of Scientific Research for the  
Digital Breakthrough

---

# Innovation Empowerment in Construction 4.0 by the CDR-Approach

---

Bianca Christina Weber-Lewerenz

# Innovation Empowerment in Construction 4.0 by the CDR-Approach

A New Field of Scientific Research for the  
Digital Breakthrough

Bianca Christina Weber-Lewerenz  
Aichtal, Baden-Württemberg, Germany

D 82 (Dissertation RWTH Aachen, 2023)

ISBN 978-3-658-43904-0                      ISBN 978-3-658-43905-7 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-43905-7>

© The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive license to Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, part of Springer Nature 2024

This work is subject to copyright. All rights are solely and exclusively licensed by the Publisher, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, reuse of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in any other physical way, and transmission or information storage and retrieval, electronic adaptation, computer software, or by similar or dissimilar methodology now known or hereafter developed.

The use of general descriptive names, registered names, trademarks, service marks, etc. in this publication does not imply, even in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protective laws and regulations and therefore free for general use.

The publisher, the authors and the editors are safe to assume that the advice and information in this book are believed to be true and accurate at the date of publication. Neither the publisher nor the authors or the editors give a warranty, expressed or implied, with respect to the material contained herein or for any errors or omissions that may have been made. The publisher remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Editorial Team Frieder Kumm and Sandy Lunau

Language edits by Amanda Allen

This Springer Vieweg imprint is published by the registered company Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, part of Springer Nature.

The registered company address is: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

If disposing of this product, please recycle the paper.

***Machine can never catch up with Values,  
Believing, Independent Thinking, Teamwork,  
Care for Others.***

*Jack Ma, Founder of Alibaba Group,  
at the Annual meeting World Economic Forum,  
Davos, 2018*

*The digital world is only for the common good of all of us if we are aware of our original roots and shape the future with values.*

*This book is dedicated to*

- *Jörn, my **Love** and Source of Energy*

*and*

- *Roswitha and Klaus, my **DNA** and Co-creators of our world **HERE** and **NOW** and for our future generations*

*and*

- *The craftsmanship in Construction (German **BauHANDwerk**), my passion.*

*With **LOVE**, **DNA** and **HANDCRAFT** an innovative Construction Industry can be shaped, tackled with passion and in a sustainable manner—successfully positioned for the future.*

---

## Acknowledgements

- *In particular I would like to thank my supervisor, Prof. Marzia Traverso (PhD), for taking up this field of scientific research. I miei ringraziamenti vanno alla professoressa Marzia Traverso, che mi accompagna in questo viaggio.*
- *I am grateful to the valuable support of all interviewed contributors and experts, multipliers, doers and visionaries. Numerous institutions, initiatives and associations contribute to the sustainable implementation of research and its further in-depth research. To widen this network and anchor Construction in the global AI Ethics debate, the “Excellence Initiative for Sustainable, Human-Led AI in Construction” was founded in 2020.*
- *I thank Prof. Dr. Ursula Nothelle-Wildfeuer and Prof. Dr. Armin Grunwald for both their personal and professional support as well as their highly motivating guidance and strengthening of this vivid, interdisciplinary investigation on a successful Human-Technology-Interaction. When paths cross, new ones often emerge unpredictably. The book “Accents of Added Value in Construction 4.0” was such. I am grateful that Dr. Grunwald supports this dissertation work as an interdisciplinary reviewer.*
- *I thank everyone, who is working with me to anchor the ethics debate in the construction industry as a success driver for digital innovation, for the great cooperation in the context of this scientific research work.*
- *I thank all scientific reviewers throughout past years on my journey as a civil engineer into the world of Digitization, AI, Technology, Ethics, Philosophy, Theology, Societal Sciences and Science Communication.*
- *I appreciate Amanda Allen’s proofreading, editing, and additional words of encouragement. We have mastered the thousands of messages exchanged 24/7 between Europe and the US.*
- *I appreciate the close work with Frieder Kumm, senior editor at Springer Nature Publishing. He inspired all stages of the work with his inspiration, professionalism and forward-looking ideas. With her enthusiasm, his successor Sandy Lunau contributed to the successful production and completion of the book publication. I really appreciate their active support in completing it.*
- *My husband Jörn, who supports me with his love and devotion and change of perspective. His cooking skills have mitigated many a moment of despair.*
- *I am forever and ever grateful to my parents Roswitha & Klaus for their love, DNA and passion for championing values, empathy and respect.*

---

## Ethic Statement

Permission for publication was granted by all respondents. Some public statements, which come from internet, literature and archive research, underline the quality and statistical values of the survey values obtained, limitations and urgently necessary measures.

The “Excellence Initiative for Sustainable, Human-led AI in Construction” that I founded in 2020 aims to bring construction into the general discourse around digital transformation and trustworthy, sustainable AI.

My research work for this dissertation work stretches on “Corporate responsible digitalization in construction—Ethical principles in dealing with digitalization and AI” in cooperation with INaB at RWTH Aachen University, Germany.

I conduct research externally and independently. My work is not financially supported by third-party funds, companies or other institutions.

This work was written by the sole author. There are no conflicts of interest. Excerpts from previous publications are referenced accordingly.

My findings at the interface “Application—Technical Science Research—Economic Social Communication Transfer” are based on neutral, critical and inclusive research into the responsible use of digitalization and AI. Scientific observations and findings are made accessible to a broad audience without language barriers.



---

## Terminology

The terms “digitalization” and “digital transformation” are often used synonymously in practice and research. The same applies to the terms “data”, “information” and “knowledge”. However, in order to avoid misunderstandings and ambiguities, these should be differentiated from each other.

In contrast to the singular German term “digitalization”, there are two terms in English that have the same meaning: “Digitization” and “Digitalisation”.

In the dissertation work—as in all scientific publications and books—the author consistently uses the term “digitization”.

---

## Abstract

The digital transformation in the AEC industry (Architecture, Engineering and Construction) gives dynamism to all work processes towards more efficiency, productivity and sustainability. However, the use of new technologies in the Construction Industry is limited due to a lack of awareness, willingness to innovate, and digital infrastructure. Research is defining a new concept here, referred to as “CDR in Construction 4.0”. The sustainability and efficiency of the built environment and project processes could be increased if there were a more differentiated understanding of the responsible implementation of increasing technical feasibility. The aim of the research work is therefore to understand the key factors for the decisive path of digital transformation in the Construction Industry. For this purpose, important innovation drivers are examined with the aim of offering companies’ orientation when developing their digital strategy and defining the framework conditions for more efficient life cycles of buildings and project processes. The pressure comes from different directions: increasing social and environmental pressures, data complexity and the lack of qualified personnel. The research identifies corporately responsible digitization as the linchpin that needs to be supported with consistently digital workflows and know-how. In this context, corporate responsibility consists of, among others, defining ways for the responsible use of data-driven, smart technologies over holistic life cycles with the necessary framework conditions. The research examines the potential of curricular adjustments and new teaching qualifications to prepare the next generation for the needs of new business and corporate challenges.

Increasing technological progress with new possibilities, which, however, affect people, society and the environment in very different ways, puts pressure on those who develop and use such innovations. Accepting ethical social responsibility is therefore essential in order to apply it wisely and to allow for unintended consequences. This primary research develops a comprehensive, transparent approach to Corporate Digital Responsibility (CDR) in Construction. It offers guidance in defining the corporate digital strategy, taking into account ethical, social and environmental aspects, with the aim of

creating a resilient, agile built environment. A novelty is the mapping of complex multidisciplinary fields to gain an understanding of the interdependent key factors that are crucial for success in designing sustainable technological innovations. At the same time, aspects are examined for the first time that are crucial for entrepreneurs to deal responsibly with human, social, environmental and legal effects and to consciously recognize where it is necessary to switch from previous conventional approaches to innovative ones. This perspective arises because companies are looking for new ways to survive, be competitive and generally need to operate more sustainably. Examining such aspects leads to an ethical positioning based on the holistic human-centered framework for values-based digitization and Artificial Intelligence (AI). In order to obtain complete results, such research requires a holistic analysis and cannot be viewed in isolation, only in the Civil Engineering discipline. It is based on bringing together knowledge and expertise from multiple disciplines—beyond AEC. The research results provide new sources of literature for future scientific research and deepening. The complexity and diversity of ethical, social and human aspects are worked out, as they enable a sustainable digital and human transformation to achieve the UN sustainability goals. This work analyzes the extent to which the industry fulfills its social and ethical responsibilities. Measures to strengthen the global competitiveness and reputation of the industry are derived from this. This research fills a scientific gap and defines a new scientific profile on digital and human transformation in Civil Engineering. It raises the key question: *How to design a Corporate Digital Responsibility (CDR) framework to support ethical digital innovation in construction?*

In order to justify why this project is regarded as an urgent need for action, it is worthwhile to trace the development process and the individual steps that has been built together with the key factors and lines of development that represent driving forces for the research topic. This research considers such investigations as long overdue to bring together the diverse scientific efforts that already exist in other disciplines and that have human-machine interaction as a point of reference, especially when dealing with digitization and AI. The aim of research in this sense is to create the necessary scientific basis for dealing with ethical questions and ethical observations in the Construction Industry where these were previously lacking, namely from the basics to application. The research work deals with successful examples from practice. They represent role models, help to break down prejudices, raise awareness and strengthen the will to innovate. Best practices should catalyze digital innovations in a socially sustainable and successful manner. The present research work bundles these findings from this young research area in order to further support its basic formation and profiling.

The topic couldn't be closer to the pulse of the times. In the course of technological innovations, people are increasingly turning to human-centered engineering, the search for meaning and the meaningful design of sustainable human-technology interaction. This in particular takes into account the increasingly complex processes, data and the variety of people and companies involved in construction projects. This also applies to the complex problem proposed here and the continuous review of existing scientific methods, which

provide a basis for the development of future methods in the new context of the digital age. An example is the method used here, which is particularly innovative. Each step of the proposed method—one could call it the Next Generation Research Method model—is a consequence of evaluating and finding new approaches to the new challenges and obtaining complete results. The search for new scientific approaches is increasing in order to find ways that take into account the complexity of technical feasibility and the associated social human responsibility. The mix of methods used, a structured literature analysis, Internet research, the assessment of specialist discussions and expert interviews, enables a critical and reflected analysis of key factors, evaluates the complex field of action of technological feasibility and derives the necessary framework conditions and responsibilities from this. Such an approach provides the basis for critically questioning limits and trends in particular. This allows a deeper understanding of the overall complexity of the factors critical to success to be gained.

Five peer-reviewed scientific journal publications are at the core of this dissertation work and its results build on each other. A summary of two of my own book publications completes the six main parts of this dissertation.

Parallel to this dissertation work, the more extensive research led to the publication of the two books “Wertakzente im Bauwesen 4.0” (German version) and “Accents of Added Value in Construction 4.0” (English version) in 2022 and 2023 — included as a summary of Publication 1 in Chap. 4. The books derive an ethical framework for the areas of application of AI and digital methods and define the key factors decisive for guaranteeing the corporate responsibly, sustainably dealing with AI and digitization. Morality and value accents provide orientation. The assessments made in the books come to the conclusion that man needs to be in the focus of all technological developments and progress and that is the human being giving the direction. By such new, holistic scientific approach the books lay the foundation for this basic prerequisite for a sustainable design of human-technology society enabled by interdisciplinary cooperation.

Publication 2 allocates and fills in a new niche of scientific research with the concept of CDR in Construction 4.0. The definition of the policy framework for CDR, the defined success-critical key factors and the results help to systematically evaluate the social, societal, educational and legal aspects of sustainability. The investigations unexpectedly made from a Civil Engineer’s perspective complement Ethicists’, Philosophers’ and Theological Scientists’ discussion on technologies impacts. A novelty is the allocation of complex multidisciplinary fields to get an understanding for the mutually dependent key factors in corporate environments in Construction. The results allow the conclusion that the proposed CDR concept offers opportunities to achieve the social-related SDGs and to take responsibility as an industry. It could take the branch to the next level of designing sustainable ecosystems, but further deepening of this new fertile research area is highly recommended.

The results of Publication 3 and Publication 4 respond to the practical challenges in Construction. Examples of best practices and use cases are divided into two parts of the

publications. These are the catalysts of digital innovation, driving momentum towards a thoroughly efficient, productive, safe and socially sustainable construction life cycle. Both publications conclude that role models are key to strengthening the will to innovate, raise awareness of how companies can design their corporate digital strategies in a needs-based manner and that a disruptive culture of thinking in the industry is a prerequisite for shaping digital innovations and human transformation. Thus, Best Practices are signposts to achieve resilience and agility mastering the transformation processes. Different expert perspectives and the results intend to inspire companies, researchers and practitioners from all disciplines to set up new innovative paths in a responsible manner. Publication 4 recognizes the limits and risks of new technologies, their “dark” sides, and, thus, enables the assessment of unintended consequences, irresponsible effects and previously undefined fields of action. Planning, building and operating in Construction with innovative technologies based on the CDR approach aims for economic, environmental, but most of all on human, societal benefits requiring assuming responsibility on all levels, not limited to companies. The publications conclude that by ensuring adequate framework conditions for CDR, e.g., such as a legal framework that protects values and rights, and ensures safe data communication, trustworthy human-machine interaction and digital sovereignty a milestone for the German Construction branch could be reached in the global context.

The results of Publication 5 consist in presenting CDR applied in practice making full use of the potential of responsible innovation when planning, designing, building, operating smart buildings and smart cities.

Publication 6 provides an understanding of the relationship between CSR and CDR and its key developments. The aim is to enable a new approach in Construction to measure CDR in line with CSR. In addition, key competencies should be made measurable in order to recognize successfully practiced CDR. After defining CSR, CDR in general and CDR in Construction, similarities of and differences between CSR and CDR are discussed to derive a practicable framework for measuring the assumption of CDR taking into account the latest national and international major standards and guidelines.

The overall dissertation project answers the key question and shows how to design a CDR framework to support ethical digital innovation in Construction. It offers concrete practical approaches and shows ways to fully exploit value-based innovations and to create trust and new knowledge for a sustainable digital and human transformation in the Construction Industry. In addition, it inspires a new culture of thinking, a shift in education and a focus on people and knowledge, which are central pillars of value creation, the expansion of intangible assets and socially sustainable ecosystems.

The selected scientific approach is living proof that new research questions can only be answered through close interdisciplinary interface work and beyond the limits of one’s own expertise. The innovative approaches derived from this aim to create added value for the state of the art and practice. For this dissertation, specific visualizations of research gaps, the applied methodology and evaluations were selected in order to lead transparently through the individual processing steps of this new research field. The contribution

of this research to the core knowledge and to the further development of the field is based on such new insights. It is also shown how and where these are already being implemented in practice. However, the results suggest that this research in Civil Engineering and Construction Management should be deepened to keep up with the pace of technological development and innovation in international competition. This approach enables a comprehensive evaluation, taking into account complex framework conditions. The CDR approach presented here offers a basis for further studies with the necessary interface-related processing of ethical questions in the digital age of Construction. The dissertation answers questions that go beyond the main question, e.g., how the CDR policy framework should be designed to strengthen companies' willingness to innovate, support ethical digital innovations in the Construction Industry, improve processes and human work and make them more efficient. Such framework shows how trust in innovative technologies can be established and how human rights, democratic rights and values must be protected.

**Keywords:** Construction · Civil Engineering · Innovation · Digitization · Artificial Intelligence · Ethics · Values · Corporate Digital Responsibility · CDR · Human Transformation · Digital Transformation · Building Information Modeling · BIM

---

## Zusammenfassung

Die digitale Transformation in der AEC-Branche (Architektur, Ingenieurwesen and Bau) verleiht allen Arbeitsabläufen Dynamik, hin zu mehr Effizienz, Produktivität und Nachhaltigkeit. Allerdings ist der Einsatz neuer Technologien in der Bauindustrie mangels Bewusstseins, Innovationswille und digitaler Infrastruktur begrenzt. Die Forschung definiert hier ein neues Konzept, das als „CDR im Bauwesen 4.0“ bezeichnet wird. Nachhaltigkeit und Effizienz der gebauten Umwelt und Projektabläufe ließen sich steigern, wenn es ein differenzierteres Verständnis für die verantwortungsvolle Umsetzung steigender technischer Machbarkeit gäbe. Ziel der Forschungsarbeit ist es daher, die Schlüsselfaktoren für den entscheidenden Weg der digitalen Transformation in der Baubranche zu verstehen. Hierzu werden wichtige Innovationstreiber untersucht mit dem Ziel, Unternehmen Orientierung zu bieten bei der Entwicklung ihrer Digitalstrategie und Rahmenbedingungen von effizienteren Lebenszyklen von Gebäuden und Projektabläufen zu definieren. Der Druck kommt von verschiedenen Seiten: zunehmender sozialer und ökologischer Druck, Datenkomplexität und der Mangel an qualifiziertem Personal. Die Forschung identifiziert die unternehmerisch verantwortungsvolle Digitalisierung als Dreh- und Angelpunkt, den es mit durchgängig digitalen Arbeitsabläufen und Know-how zu unterstützen gilt. Unternehmerische Verantwortung besteht in diesem Zusammenhang unter anderem darin, Wege für den verantwortungsvollen Umgang mit datengesteuerten, smarten Technologien über ganzheitliche Lebenszyklen hinweg mit den dazu notwendigen Rahmenbedingungen zu definieren. Die Forschungsarbeit geht auf das Potenzial von Anpassungen der Lehrpläne und neuen Lehrqualifikationen ein, um die nächste Generation auf die Bedürfnisse der neuen Herausforderungen im Berufsalltag und denen von Unternehmen vorzubereiten.

Der zunehmende technologische Fortschritt mit neuen Möglichkeiten, die sich jedoch auf Menschen, Gesellschaft und Umwelt ganz unterschiedlich auswirken, setzt die, die solche Innovationen entwickeln und einsetzen unter Druck. Die Übernahme ethischer sozialer Verantwortung ist aus diesem Grund, zur sinnvollen Anwendung und damit unbeabsichtigte Folgen berücksichtigt werden können, unerlässlich. Diese Primärforschung entwickelt einen umfassenden, transparenten Ansatz für verantwortungsvolle

Digitalisierung in Unternehmen (CDR) im Bauwesen. Sie bietet Orientierung bei der Definition der unternehmerischen Digitalstrategie unter Berücksichtigung ethischer, gesellschaftlicher und ökologischer Aspekte mit dem Ziel, eine widerstandsfähige, agile bebaute Umwelt zu schaffen. Ein Novum ist die Zuordnung komplexer multidisziplinärer Felder, um ein Verständnis für die sich gegenseitig bedingenden Schlüsselfaktoren zu erlangen, die für den Erfolg bei der Gestaltung nachhaltiger technologischer Innovationen entscheidend sind. Gleichermaßen werden erstmals Aspekte untersucht, die ausschlaggebend sind für Unternehmer, um mit menschlichen, gesellschaftlichen, ökologischen und rechtlichen Auswirkungen verantwortungsvoll umgehen und bewusst zu erkennen, wo von bisherigen konventionellen Vorgehensweisen auf innovative umgestellt werden muss. Diese Betrachtungsweise ergibt sich, da Unternehmen neue Wege suchen, um weiter zu bestehen, wettbewerbsfähig sein und generell nachhaltiger wirtschaften müssen. Die Untersuchung solcher Aspekte führt zu einer ethischen Positionierung, die auf dem ganzheitlichen, auf den Menschen ausgerichteten Rahmen für wertebasierte Digitalisierung und Künstliche Intelligenz (KI) basiert. Um vollständige Ergebnisse zu erhalten, erfordert eine solche Forschung eine ganzheitliche Analyse und kann nicht isoliert, nur auf die Fachdisziplin Bauwesen, betrachtet werden. Sie basiert auf der Zusammenführung von Wissen und Fachwissen mehrerer Disziplinen—über AEC hinaus. Die Forschungsergebnisse liefern neue Literaturquellen für die künftige wissenschaftliche Forschung und Vertiefung. Herausgearbeitet werden die Komplexität und Vielfalt ethischer, gesellschaftlicher und humaner Aspekte, wie sie eine nachhaltige digitale und humane Transformation zur Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele erst ermöglichen. In dieser Arbeit wird analysiert, inwieweit die Branche ihrer gesellschaftlichen und ethischen Verantwortung nachkommt. Daraus werden Maßnahmen zur Stärkung der globalen Wettbewerbsfähigkeit und Reputation der Branche abgeleitet. Diese Forschung füllt damit eine wissenschaftliche Lücke und definiert ein neues wissenschaftliches Profil zur digitalen und menschlichen Transformation im Bauingenieurwesen. Sie wirft die Kernfrage auf: *Wie soll ein Rahmen für die digitale Unternehmensverantwortung (CDR) gestaltet werden, um ethische digitale Innovation im Bauwesen zu unterstützen?*

Um zu begründen, warum dieses Projekt als dringender Handlungsbedarf angesehen wird, lohnt es sich, den Entwicklungsprozess und die einzelnen aufeinander aufbauenden Schritte nachzuzeichnen. Daraus lassen sich die Schlüsselfaktoren und Entwicklungslinien ableiten, die treibende Kräfte für das Forschungsthema darstellen. Diese Forschung hält solche Untersuchungen für längst überfällig, die vielfältigen wissenschaftlichen Anstrengungen zu bündeln, die es bereits in anderen Disziplinen gibt und die die Mensch-Maschine-Interaktion als Bezugspunkt haben, insbesondere im Umgang mit Digitalisierung und KI. Ziel der Forschung in diesem Sinne ist es, in der Bauwirtschaft die notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen für die Bearbeitung ethischer Fragestellungen und ethischer Beobachtungen dort zu schaffen, wo diese bisher fehlten, nämlich von den Grundlagen bis zur Anwendung. Die Forschungsarbeit befasst sich mit Erfolgsbeispielen aus der Praxis. Sie stellen Vorbilder dar, helfen Vorurteile abzubauen, das



Bewusstsein zu schärfen und den Innovationswillen zu stärken. Best Practices sollen digitale Innovationen gesellschaftlich nachhaltig und erfolgreich katalysieren. Die vorliegende Forschungsarbeit bündelt diese Erkenntnisse aus diesem jungen Forschungsgebiet, um dessen Grundlagenbildung und Profilierung weiter zu unterstützen.

Das Thema könnte nicht näher am Puls der Zeit sein. Im Zuge technologischer Innovationen wenden sich Menschen zunehmend dem Human-Centered Engineering, der Sinnsuche und der sinnvollen Gestaltung einer nachhaltigen Mensch-Technik-Interaktion zu. Und dies insbesondere unter Berücksichtigung der immer komplexer werdenden Prozesse, Daten und der Vielfalt der an Bauprojekten beteiligten Personen und Unternehmen. Dies gilt auch für die hier vorgeschlagene, komplexe Problemstellung und die kontinuierliche Überprüfung bestehender wissenschaftlicher Methoden, die eine Grundlage für die Entwicklung zukünftiger Methoden im neuen Kontext des digitalen Zeitalters bieten. Ein Beispiel ist die hier verwendete Methode, die besonders innovativ ist. Jeder Schritt der vorgeschlagenen Methode—man könnte es als Next Generation Research Method-Modell bezeichnen—ist eine Folge der Bewertung und der Suche nach neuen Ansätzen für die neuen Herausforderungen und der Erzielung vollständiger Ergebnisse. Die Suche nach neuen wissenschaftlichen Ansätzen nimmt zu, um Wege zu finden, die der Komplexität der technischen Machbarkeit und die damit verbundene gesellschaftliche menschliche Verantwortung Rechnung tragen. Der eingesetzte Methodemix mit einer strukturierten Literaturanalyse, Internetrecherche, dem Assessment von Fachdiskussionen und Experteninterviews ermöglicht eine kritische und reflektierte Analyse von Schlüsselfaktoren, bewertet das komplexe Handlungsfeld der technologischen Machbarkeit und leitet daraus notwendige Rahmenbedingungen und Verantwortlichkeiten ab. Ein solcher Ansatz bietet die Grundlage, insbesondere Grenzen und Trends kritisch zu hinterfragen. Damit kann ein tieferes Verständnis für die Gesamtkomplexität der erfolgskritischen Faktoren gewonnen werden.

Fünf peer-reviewte, wissenschaftliche Fachpublikationen bilden den Kern dieser Dissertationsarbeit und ihre Ergebnisse bauen aufeinander auf. Eine Zusammenfassung von zwei eigenen Buchveröffentlichungen rundet die sechs Hauptteile dieser Dissertation ab.

Parallel zu dieser Dissertationsarbeit führte die umfangreichere Recherche zur Veröffentlichung der beiden Bücher „Wertakzente im Bauwesen 4.0“ (deutsche Version) und „Accents of Added Value in Construction 4.0“ (englische Version) in den Jahren 2022 und 2023 — enthalten als Zusammenfassung der Publikation 1 in Kap. 4. Die chinesische Version ist in Vorbereitung. Die Bücher leiten einen ethischen Rahmen für die Anwendungsbereiche von KI und digitalen Methoden ab und definieren die entscheidenden Schlüsselfaktoren, um einen verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgang des Unternehmens mit KI und Digitalisierung zu gewährleisten. Moral und Werteakzente geben Orientierung. Die in den Büchern getroffenen Einschätzungen kommen zu dem Schluss, dass der Mensch im Mittelpunkt aller technischen Entwicklungen und Fortschritte stehen muss und dass der Mensch die Richtung vorgeben muss. Mit diesem neuen, ganzheitlichen wissenschaftlichen Ansatz legen die Bücher den Grundstein für diese Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Gestaltung der Mensch-Technik-Gesellschaft durch interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Publikation 2 besetzt mit dem Konzept der Corporate Digital Responsibility (CDR) im Bauwesen 4.0 eine neue Nische der wissenschaftlichen Forschung und füllt diese aus. Die Definition des politischen Rahmens für CDR, die definierten erfolgskritischen Schlüsselfaktoren und die Ergebnisse helfen dabei, die sozialen, gesellschaftlichen, bildungspolitischen und rechtlichen Aspekte der Nachhaltigkeit systematisch zu bewerten. Die unerwartet aus Sicht eines Bauingenieurs durchgeführten Untersuchungen ergänzen die allgemeine Diskussion von Ethikern, Philosophen und Theologen über die Auswirkungen von Technologien auf Mensch, Gesellschaft und Umwelt. Ein Novum ist die Zuordnung komplexer multidisziplinärer Felder, um ein Verständnis für die sich gegenseitig bedingenden Schlüsselfaktoren im Unternehmensumfeld im Baugewerbe zu erlangen. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das vorgeschlagene CDR-Konzept vielfältige Chancen bietet, die 17 SDGs zu erreichen und als Branche Verantwortung zu übernehmen. Dies könnte die Branche auf die nächste Ebene der Gestaltung nachhaltiger Ökosysteme bringen, eine weitere Vertiefung dieses neuen fruchtbaren Forschungsbereichs wird deshalb dringend empfohlen.

Die Ergebnisse der Publikation 3 und 4 gehen auf die praktischen Herausforderungen im Bauwesen ein. Beispiele von Best Practices und Anwendungsfällen sind in zwei Teile der Veröffentlichungen unterteilt. Diese stellen Katalysatoren digitaler Innovationen dar, die den Weg zu einem ganzheitlich betrachteten effizienten, produktiven, sicheren und nachhaltigen Baulebenszyklus ebnen. Beide Veröffentlichungen kommen zu dem Schluss, dass Vorbilder der Schlüssel zur Stärkung des Innovationswillens sind, das Bewusstsein dafür schärfen, wie Unternehmen ihre digitalen Unternehmensstrategien bedarfsgerecht gestalten können und dass eine disruptive Denkkultur in der Branche eine Voraussetzung für die Gestaltung digitaler Innovationen und menschlicher Transformation ist. Somit sind Best Practices Wegweiser, um Resilienz und Agilität bei der Bewältigung der Transformationsprozesse zu erreichen. Unterschiedliche Expertenperspektiven und die Ergebnisse sollen Unternehmen, Forscher und Praktiker aller Disziplinen dazu inspirieren, verantwortungsvoll neue innovative Wege einzuschlagen. Publikation 4 erkennt die Grenzen und Risiken neuer Technologien, ihre „dunklen“ Seiten und ermöglicht so die Einschätzung unbeabsichtigter Folgen, unverantwortlicher Auswirkungen und bisher undefinierter Handlungsfelder. Das Planen, Bauen und Betreiben im Bauwesen mit innovativen Technologien auf Basis des CDR-Ansatzes zielt auf wirtschaftliche, ökologische, vor allem aber auf menschliche und gesellschaftliche Vorteile ab und erfordert die Übernahme von Verantwortung auf allen Ebenen, nicht nur auf Unternehmen begrenzt. Die Veröffentlichungen kommen zu dem Schluss, dass durch die Gewährleistung angemessener Rahmenbedingungen für CDR, z. B. ein rechtlicher Rahmen, der Werte und Rechte schützt und eine sichere Datenkommunikation, vertrauenswürdige Mensch-Maschine-Interaktion und digitale Souveränität gewährleistet, ein Meilenstein für die deutsche Baubranche im globalen Kontext erreicht werden könnte.

Die Ergebnisse der Veröffentlichung 5 bestehen darin, CDR in der Praxis anzuwenden und dabei das Potenzial verantwortungsvoller Innovation bei der Planung, dem

Entwurf, dem Bau und dem Betrieb intelligenter Gebäude und intelligenter Städte voll auszuschöpfen.

Veröffentlichung 6 vermittelt ein Verständnis der Beziehung zwischen CSR und CDR und deren zentrale Entwicklungen. Ziel ist es, im Bauwesen einen neuen Ansatz zur Messung von CDR im Einklang mit CSR zu ermöglichen. Darüber hinaus sollen Schlüsselkompetenzen messbar gemacht werden, um erfolgreich praktizierte CDR anzuerkennen. Nach der Definition von CSR, CDR im Allgemeinen und CDR im Bauwesen werden Gemeinsamkeiten von und Unterschiede zwischen CSR und CDR diskutiert, um einen praktikablen Rahmen zur Messung der Übernahme von CDR—unter Berücksichtigung der neuesten nationalen und internationalen wichtigen Standards und Richtlinien—abzuleiten.

Das gesamte Dissertationsprojekt beantwortet die Schlüsselfrage und zeigt, wie ein CDR-Rahmen zur Unterstützung ethischer digitaler Innovationen im Bauwesen entworfen werden kann. Es bietet konkrete Praxisansätze und zeigt Wege auf, wie wertebasierte Innovationen voll ausgeschöpft und Vertrauen und neues Wissen für eine nachhaltige digitale und menschliche Transformation in der Baubranche geschaffen werden können. Darüber hinaus inspiriert die Dissertationsarbeit zu einer neuen Denkkultur, einem Wandel in der Bildung und einer Fokussierung auf Menschen und Wissen, die die zentralen Säulen der Wertschöpfung, des Ausbaus immaterieller Vermögenswerte und sozial nachhaltiger Ökosysteme sind.

Der gewählte wissenschaftliche Ansatz ist der lebende Beweis dafür, dass neue Forschungsfragen nur durch enge interdisziplinäre Schnittstellenarbeit und über die Grenzen der eigenen Expertise hinaus beantwortet werden können. Die daraus abgeleiteten innovativen Ansätze zielen darauf ab, einen Mehrwert für den Stand der Technik und Praxis zu schaffen. Für diese Dissertation wurden spezifische Visualisierungen von Forschungslücken, die angewandte Methodik und Auswertungen ausgewählt, um transparent durch die einzelnen Bearbeitungsschritte dieses neuen Forschungsfeldes zu führen. Der Beitrag dieser Forschung zum Kernwissen und zur Weiterentwicklung des Fachgebiets basiert auf solchen neuen Erkenntnissen. Außerdem wird gezeigt, wie und wo diese bereits in der Praxis umgesetzt werden. Die Ergebnisse legen jedoch nahe, dass diese Forschung im Bauingenieurwesen und im Baumanagement vertieft werden sollte, um mit der Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung und Innovation im internationalen Wettbewerb Schritt zu halten. Dieser Ansatz ermöglicht eine umfassende Bewertung unter Berücksichtigung komplexer Rahmenbedingungen. Der hier vorgestellte CDR-Ansatz bietet eine Grundlage für weiterführende Untersuchungen mit der notwendigen schnittstellenbezogenen Bearbeitung ethischer Fragestellungen im digitalen Zeitalter des Bauens. Die Dissertation beantwortet Fragen, die über die Hauptfrage hinausgehen, nämlich, wie der CDR-Politikrahmen gestaltet werden sollte, um die Innovationsbereitschaft von Unternehmen zu stärken, ethische digitale Innovationen in der Baubranche zu unterstützen, Prozesse und menschliche Arbeit zu verbessern und effizienter zu gestalten. Ein solcher Rahmen zeigt, wie Vertrauen in innovative Technologien aufgebaut werden kann und wie Menschenrechte, demokratische Rechte und Werte geschützt werden müssen.

---

## List of Publications

No.	Authors	Title	Year	Journal
1	Bianca Weber-Lewerenz	Summary of Book: Weber-Lewerenz, B. (2022). Accents of Added Value in Construction 4.0 – Ethical Observations in Digitization and AI. Springer Nature Publishing, Wiesbaden. DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-658-39407-3">https://doi.org/10.1007/978-3-658-39407-3</a>	2022	Springer Nature
2	Bianca Weber-Lewerenz Marzia Traverso	Innovation Empowerment in Construction 4.0 by the CDR-Approach. A new field of scientific Research for the digital breakthrough.	2023	Journal of Architectural Environment & Structural Engineering Research (JAESER)
3	Bianca Weber-Lewerenz Marzia Traverso	Best Practices in Construction 4.0 – Katalysatoren digitaler Innovationen	2023	Der Bauingenieur
4	Bianca Weber-Lewerenz Marzia Traverso	Best Practices in Construction 4.0 – Catalysts of digital innovations (Part II)	2023	Journal of Architectural Environment & Structural Engineering Research (JAESER)
5	Bianca Weber-Lewerenz Marzia Traverso	Navigating Applied Artificial Intelligence (AI) in the Digital Era: How Smart Buildings and Smart Cities become the Key to Sustainability	2023	Journal of Artificial Intelligence & Applications (AIA)
6	Bianca Weber-Lewerenz Marzia Traverso	How can Corporate Digital Responsibility (CDR) be measured in line with Corporate Social Responsibility (CSR)? A new theoretical approach in Construction 4.0	2024	Journal of Sustainable Development

---

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	1
1.1	Contributions	6
1.2	Structure of the Thesis	8
<b>2</b>	<b>Scientific Approach</b>	11
2.1	Expert Interview Survey	17
2.1.1	Definition of questions	18
2.2	Hermeneutic Approach	19
<b>3</b>	<b>Calls for Action</b>	21
<b>4</b>	<b>Cumulative Part of Dissertation</b>	25
4.1	Publication 1	25
4.2	Publication 2	37
4.3	Publication 3	62
4.4	Publication 4	72
4.5	Publication 5	94
4.6	Publication 6	109
<b>5</b>	<b>Discussion</b>	149
5.1	Current Debate of Value Relevance	149
<b>6</b>	<b>Results—Digitization and AI Need New Culture of Thinking in Construction 4.0</b>	157
6.1	New Knowledge—Education Curricula and Teaching Profiles	157
6.2	Legal Framework as Catalyst for Technological Innovation	160
6.3	Measurable Gain Through Responsible Use of AI in Construction	166
6.4	The “dark” Side of Digitization	170
<b>7</b>	<b>Limitations and Future Work</b>	173

---

<b>8 Conclusion</b> .....	179
8.1 Originality .....	181
<b>Full List of the Author's Publications and Professional Engagements</b> .....	185
<b>Appendices</b> .....	211
<b>Glossary</b> .....	237
<b>References</b> .....	243

---

## List of Figures

Fig. 1.1	Publication increase on “Ethics” in “AI” .....	2
Fig. 1.2	Publication increase on “CDR” .....	3
Fig. 1.3	Technical, Social, Ethical Dimension in Construction .....	4
Fig. 1.4	Key elements of CDR in Construction 4.0 (= Mind Map) .....	6
Fig. 2.1	Timeline of Publications ref. to “civil engineering”, “digitization” and “ethics” .....	12
Fig. 2.2	Timeline of Publications ref. to “civil engineering” and “artificial intelligence” .....	13
Fig. 2.3	Timeline of Publications ref. to “Artificial Intelligence and Ethics in Civil Engineering” .....	13
Fig. 2.4	Theme Blocks in the beginning of research .....	15
Fig. 2.5	Interdisciplinary working environment of the author .....	16
Fig. 6.1	Interview result: Corporate need for BIM qualified workers .....	158
Fig. 6.2	Interview result: BIM and AI in Civil Engineering lecture .....	159
Fig. 6.3	Interview result: AI in Civil Engineering lecture .....	159
Fig. 6.4	Interview result: Ethics in Civil Engineering lecture .....	160



With increasing technical feasibility, multiple responsibilities arise, and the human factor increasingly moves into the focus of technical innovation. This debate is not new, but the illumination of such an approach in Civil Engineering is new. It is therefore a very fertile field of research. The normative idea was lost in the 1960s (de Regt 2019) (Hempel 1965). As part of the conflict about whether philosophy of science should provide a normative assessment or an accurate description of explanatory practice. The logical empiricists focused on objective norms, while philosophers describe actual explanations related to pragmatic aspects like “human needs and interests”. In the meantime, it has established itself again, with an increasing tendency due to the fact that the question of localization, implementation, control and preservation/preservation of appropriate technologies and sensible use of AI arises in the specialist disciplines. In the attempt to cope with the complex challenges, corporate responses such as corporate digital responsibility (CDR) promise to accelerate answers and to deliver new empirical values. The focus is on understanding normative ideals that allow for an accurate description of scientific practice.

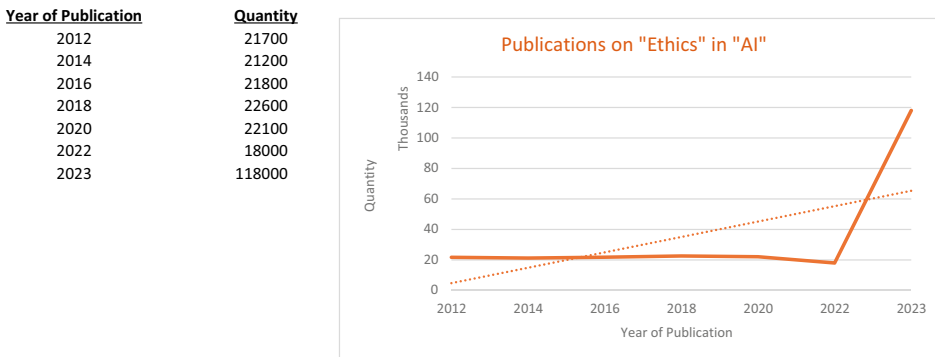
Against this background, this research builds a bridge between the three areas of Construction, digitization and AI and Ethics, and establishes a new scientific field that is presented with the *Publication 2*. It addresses the main research question “*How shall a framework of corporate digital responsibility (CDR) be designed to support ethical digital innovation in Construction?*” This primary research both analyses potentials of new technologies such as digital methods and AI, investigates the diverse boundaries that hinder change and the will to innovate.

This work distinguishes the careful demarcation between machine (artificial) and human intelligence and elaborates the responsible use of such technologies by discussing digitization and the impacts of AI in Civil Engineering from an ethical perspective. *Note: An extended version of this discussion with the theoretical background of Technical*



Ethics can be found in the author’s published paper entitled “Corporate digital responsibility (CDR) in construction engineering—ethical guidelines for the application of digital transformation and artificial intelligence (AI) in user practice” in the Journal SN Applied Sciences (see Chap. 12, Full List of the Author’s Publications). The research assesses the long-term effects on significantly increasing the economic, environmental and operational efficiencies of life cycles of buildings and cities as well as sustainable ecosystems. The new approaches not only provide orientation for developing and implementing emerging technologies responsibly, efficiently and in-line with the SDGs but also critically argues the need for adequate legal frame conditions as to protect human, personal rights, data sovereignty and common good (Bryson and Theodorou 2019) (Baker-Brunnbauer 2020), recognizing the unintended consequences of AI. Strengthening diversity and inclusion in particular requires additional entrepreneurial measures.

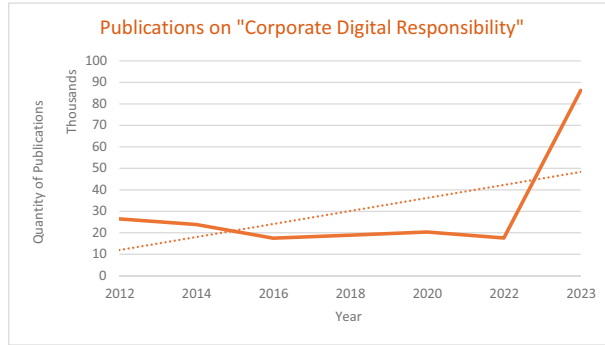
The research topic crystallized in 2018 and dealt with new challenges even before there was any hype in the general discussion of Ethics and Ai since around 2019/2020. In the context of digital transformation, interest and discussion of digital ethics (Spiekermann, S., 2023) and the diverse impacts on the Construction branch (Papadonikolaki et al. 2020) grew steadily and spread depending on the year of publication (Fig. 1.1).



**Fig. 1.1** Publication increase on “Ethics” in “AI”

Since 2022 publications referring to “CDR” and “Ethics in AI”, in general and not limited to Construction, significantly increase as both Fig. 1.2 visualize. It was only in 2016/2017 that larger construction companies created new corporate units for Digital Construction CDO under the direction of the Chief Digital Operation. Digital Transformation and Corporate Development work together with the aim of filling new work profiles and catalyzing the corporate innovation culture. Technology and human capability depend on each other. Developing digital solutions for customer needs and tools to explorer inefficient areas that can be improved by AI require multiple expertise, e.g., human resources, corporate development, a team of IT experts, engineers and the operational component

<u>Year of Publication</u>	<u>Quantity</u>
2012	26500
2014	23900
2016	17500
2018	18900
2020	20400
2022	17600
2023	86300



**Fig. 1.2** Publication increase on “CDR”

that understands and allocates problems, adds practical operational knowledge and enables solutions.

For some of those interviewed in public administration, the trigger for setting up a new department in 2020, so in the time of the interviews, was that digitization and AI as a “cross-cutting issue” influence all areas of life and work so strongly and comprehensively that a competence center became necessary. The Ministry of Construction called for a BIM competence center for the federal government and all users. At the same time, the new department with point of contact serves to network across departments.

In 2017/2018 the Association of German Engineers performed a study on “The Engineer of the digital transformation” interviewing Professors, students, business representatives, executives. The results were frightening, referring to the lack of knowledge, of open attitude to innovations, of willingness to participate, of being aware of the importance of influence on engineering education and missing measures. Since then, the opening of the universities to changes, critical examination of the status quo and the new requirements, innovations, adjustments to teaching content are conducive to a joint successful process. Stability, efficiency, productivity and transparency are named as the drivers by those surveyed. Engineering education has already changed fundamentally: it has been opened up, e.g., through the modularized design and internationalization.

Only since 2019 has there been a special representative of the German Women’s Association for Digitization, a cross-industry and cross-society umbrella organization of 60 companies. With this new task—with a general inventory—the question of what social relevance the topic has, how women are positioned in digitization and in the respective industries, where there is a need for action, in what form and with which solution approaches can be made. The focus is on education and communication in the digital space.

*Publication 3* and *Publication 4* build Part I and II which discuss Best Practices and are thus complementary to each other. They identify Use Cases with their research and