

# VHV-BAUSCHADENBERICHT

**TIEFBAU UND INFRASTRUKTUR 2022/23**

**SICHERE INFRASTRUKTUR**



# VHV-Bauschadenbericht

## Tiefbau und Infrastruktur 2022 / 23

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-7388-0792-9      ISBN (E-Book): 978-3-7388-0793-6

Hrsg.: VHV Allgemeine Versicherung AG, Hannover

Bearbeitung: Institut für Bauforschung e.V., Hannover

Autoren: Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Dipl.-Ing. Tania Brinkmann-Wicke, Sabine Sell, M.A.,  
Dipl.-Ing. Janet Simon, Dipl.-Des. (FH) H. Cornelia Tebben in Zusammenarbeit mit  
VHV Allgemeine Versicherung AG sowie Partnern und Co-Autoren

Satz, Herstellung: Andreas Preisung

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, 08058 Zwickau

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (zum Beispiel DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird die männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern ist im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2023

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 7 11 9 70-2500; Telefax +49 7 11 9 70-2508

[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

# VORWORTE

## Olaf Lies

Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

das Institut für Bauforschung e. V. legt erneut einen spannenden Bericht zu Bauschäden und deren Vermeidung vor, der die fachliche Diskussion anstoßen und voranbringen wird. Als Bau- und Wirtschaftsminister – und als vorheriger Energieminister – freue ich mich besonders über die wissenschaftliche Aufarbeitung und den fachlichen Fortschritt.



FOTO: SHINOPHOTOGRAPHY

Minister Olaf Lies

Mit dem Bau des Flüssiggasterminals in Wilhelmshaven haben wir gezeigt, dass wir in Niedersachsen schnell genehmigen und bauen können, wenn alle Beteiligten Hand in Hand arbeiten. Das muss ein Vorbild für andere Ausbauprojekte sein. Gerade die Energiewende gehört zu den größten, aber auch wichtigsten Kraftanstrengungen unserer Gesellschaft. Wenn wir den Klimawandel eindämmen wollen, wenn wir uns unabhängig machen wollen von internationalen Krisen, brauchen wir den Wechsel zu einem diversifizierten, krisensicheren Mix: Windkraft onshore und genauso entlang unserer 600 Kilometer langen Küste, die großen Potenziale des Photovoltaik-Ausbaus, der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in industriellem Maßstab und der Import klimaneutraler Energie über neue Terminals an der Küste, Bioenergie durch die starke niedersächsische Landwirtschaft und Geothermie im zweitgrößten Flächenstaat Deutschlands. Das sind nur einige der Bausteine, die uns zur Drehscheibe für erneuerbare Energien und zum Hotspot für nachhaltiges Wirtschaften machen. Die Bedeutung dieses Anliegens wird uns durch den Klimawandel bereits seit Jahren vor Augen geführt. Der Angriffskrieg auf die Ukraine bestärkt meine Forderung, dass wir entschlossen vorangehen müssen.

Wir müssen aber nicht nur neue Energiequellen erschließen, sondern die Energie auch zu den Unternehmen und Menschen bringen. Ohne den Leitungsbau bringt uns das fortschrittlichste Kraftwerk, die sauberste Energieform, der beste Hafen nicht weiter. Deshalb möchte ich den Unternehmen und Beschäftigten im Tief- und Leitungsbau für ihren Einsatz danken. Ohne Sie wäre diese Herausforderung nicht zu stemmen! Niedersachsen – als Bundesland mit der zweitgrößten Fläche, zentralen Verkehrsachsen und wichtigen Häfen für den Transport von Energieträgern – entwickelt sich zum Tor für Deutschlands Energieversorgung. Der Leitungsbau ist daher eine unverzichtbare Stütze für unser Land, nicht nur als Wirtschaftsfaktor und Arbeitgeber vor Ort, sondern auch für Ökonomie und Gesellschaft im gesamten Bundesgebiet. Alle, die daran mitarbeiten, haben Dank und Anerkennung verdient.

Parallel zur Energiewende haben wir im Verkehrswegebau ein beachtliches Sanierungsprogramm vor uns, um die Infrastruktur auf den neuesten Stand zu bringen. Dazu kommt der Ausbau der Verkehrsnetze entlang der Ziele der Mobilitätswende. Wenn wir mehr Menschen und Güter von der Straße auf die Schiene bringen wollen, geht das nur mit guten Bahnstrecken.

Diese Bauprogramme müssen optimal verzahnt werden. Unser Fokus für die nächsten Jahre sollte darauf liegen, Maßnahmen gut aufeinander abzustimmen und die Arbeiten für alle so sicher, so wirtschaftlich und so zuverlässig wie möglich zu machen. Bauschäden müssen unbedingt vermieden werden, weshalb ich der VHV Allgemeine Versicherung AG für ihren Einsatz danke. Sie zeigt sich als Partnerin für die Bauwirtschaft – nicht nur in der Funktion als Versicherung, sondern auch als Unterstützerin fachlichen Fortschritts. Jeder vermiedene Bauschaden sichert die Funktionsfähigkeit unserer Wirtschaft, vermeidet Ausbaubehinderungen unserer Infrastruktur und – was mir als Bauminister persönlich besonders wichtig ist – schützt die Leben derer, die den Infrastrukturausbau mit Tatkraft und Einsatzwillen voranbringen.

Lassen Sie uns gemeinsam die beschriebenen Ziele angehen. Einige Maßnahmen bereiten mein Team und ich bereits vor. Wir wollen die Chancen der Digitalisierung nutzen, um die Arbeit im Tief- und Leitungsbau sicherer, wirtschaftlicher und moderner zu gestalten. Kommen Sie mit Ideen und Initiativen gern auf uns zu. Jeder Schritt für unser gemeinsames Ziel ist den Einsatz wert!

Ihr

Olaf Lies

Niedersächsischer Minister für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung

## Dr. Sebastian Reddemann

Sprecher des Vorstands, VHV Allgemeine Versicherung AG

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

bereits im Vorwort des letzten Bauschadenberichts hatte ich mit Blick auf die kommenden Jahre die zentrale Rolle von Infrastruktur für Gesellschaft und Wirtschaft hervorgehoben. Das vergangene Jahr hat diese Bedeutung auf beängstigende Weise illustriert. Der russische Angriffskrieg auf die Ukraine ist nicht nur eine menschliche Tragödie, sondern hat die nach der Coronapandemie nur langsam wieder anlaufenden Handelsströme erneut deutlich gebremst. Die Folgen der entstandenen oder verstärkten Lieferketten-Engpässe – Materialknappheit, Preissteigerungen sowie kritische Energiekonflikte – berühren die Bauwirtschaft in der ganzen Breite und trüben die Erwartungen der Branche. Dazu werden viele Projekte aufgrund der rasanten Zinswende unwirtschaftlich. Insbesondere der politisch gewünschte Wohnungsbau wird durch diese Entwicklungen getroffen.



**Dr. Sebastian Reddemann**

Doch der Baubedarf ist und bleibt enorm. Gerade im Bereich der Infrastruktur liegt dies seit Jahren auf der Hand. Ein Beispiel: Die A1-Rheinbrücke wurde zwar rechtzeitig als sanierungsbedürftig deklariert, aber die im Dezember 2017 begonnene Sanierung dauert immer noch an. Sie ist geprägt von Unterbrechungen und Qualitätsmängeln und führte sogar zur Neuausschreibung des Bauvertrags. Diese Brücke steht exemplarisch für 13.000 Brücken in Deutschland, die einer Sanierung bedürfen. Und das ist ein echtes, nicht nur formales Risiko. Man denke nur an den tragischen Einsturz der Morandi-Brücke in Genua im August 2018 – laut Prüfbericht zurückzuführen auf mangelhafte Wartung und Kontrolle.

Aber auch das Schienennetz befindet sich nicht in einem Zustand, der zulassen würde, signifikante Personen- und Warenströme von der Straße zu verlagern. Umso wichtiger scheint die Energiewende. Der Ausbau von Elektromobilität im Privatbereich wie auch insbesondere in der Logistikbranche kann dabei helfen, Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Notwendige Voraussetzung dafür ist aber ein flächendeckendes Netzwerk von Ladeinfrastruktur. Auch hier sind langwierige Planungs- und Genehmigungsverfahren ein hindernder Faktor. Ohne lückenlose Ladeinfrastruktur werden weder Unternehmer noch Privatpersonen in Elektromobilität investieren.

Dies bringt mich zum Thema Zuverlässigkeit: Neben der reinen Existenz von Infrastruktur – alle Arten von Verkehrswegen, Stromtrassen, Mobilnetzen – ist die zweite wichtige Dimension auch immer ihre Zuverlässigkeit, ihre Sicherheit. Auch hier haben wir im vergangenen Jahr Erfahrungen gesammelt, als die etablierten Lieferwege der deutschen Gasversorgung nicht mehr im gewohnten Maße genutzt werden konnten und zu einer handfesten Energiekrise geführt haben. Aufgrund dieser Punkte haben wir für den diesjährigen VHV-Bauschadenbericht mit Fokus Tiefbau das Schwerpunktthema »Sicherheit der Infrastruktur« gewählt.

Der Anspruch der VHV ist es, Ihnen mit dem jährlich und nun zum vierten Mal erscheinenden VHV-Bauschadenbericht die Möglichkeit zu geben, von den Erfahrungen anderer zu lernen, den Austausch unter Experten zu fördern, wissenschaftliche Entwicklungen aufzuzeigen und damit Schäden zu verhindern. Und ganz wichtig: Dabei unterstützen, die Baubranche insgesamt noch resilienter werden zu lassen.

Dazu hat das Institut für Bauforschung e.V. (IFB) wie gewohnt unsere Schadendaten analysiert und Erkenntnisse abgeleitet, mit denen Mängel und Schäden in der Zukunft vermieden werden können. Ich bedanke mich beim IFB sowie allen weiteren Beteiligten, die durch ihre Beiträge ermöglichen, vermeidbare Fehler zu reduzieren. Denn weiterhin sind Baumängel und -schäden sowohl für die Steigerung der Kosten, aber insbesondere auch für die deutlichen Verzögerungen vieler Projekte verantwortlich. Und diese Kosten, nach dem vorher Gesagten, wertvolle Zeit, die wir nicht haben.

Eine abwechslungsreiche und erkenntnisreiche Lektüre des VHV-Bauschadenberichts 2023 wünsche ich Ihnen.

Ihr

Dr. Sebastian Reddemann  
Sprecher des Vorstands  
VHV Allgemeine Versicherung AG

**Dipl.-Ing. (TH) Markus Becker**  
**Infrastrukturexperte, Geschäftsführer**  
**Berthold Becker Büro für Ingenieur- und Tiefbau GmbH**

Wir stehen vor großen Herausforderungen. Klimaschutz oder Verkehrs- und Energiewende sind nur einige Schlagworte, die auch die öffentliche unterirdische Infrastruktur betreffen. 30 bis 40 Milliarden Euro wurden im öffentlichen Infrastrukturausbau in den vergangenen Jahren umgesetzt, das ist eine ganze Menge. Die öffentliche Infrastruktur rückt immer mehr in den Fokus, weil es nicht immer selbstverständlich ist, dass sie funktioniert oder leistungsfähig ist. Früher war die erstmalige Herstellung einer Verbindungsstraße, -brücke oder Leitung ein Ereignis, das gefeiert wurde. Heute wird die Erneuerung oder Bauwerksunterhaltung von öffentlicher Infrastruktur oftmals als Ärgernis erlebt. Vor allem weil es zu lange dauert, zu viel kostet oder in Bezug auf die Qualität nicht den Erwartungen entspricht. Hier besteht das Dilemma nicht in einem Erkenntnisproblem, sondern in einem immensen Umsetzungsproblem.



FOTO: DOMINIK KETZ

**Dipl.-Ing. (TH) Markus Becker**

Erlebnisse wie der Totalausfall von Infrastruktur bei der Flutkatastrophe im Ahrtal im Sommer 2021 verstärken diese Beobachtungen. Sie bringen uns auf den Boden der Tatsachen. Und die Zahl der Toten zeigt am deutlichsten, dass wir irgendwie auf einem Holzweg zu sein scheinen. Wir stoßen jetzt an die Grenze unserer Komfortzone – waren wir es doch gewohnt, uns immer mehr in Sektoren, wie Abwasser, Wasser, Gas, Glasfaser usw., zu spezialisieren bzw. zu perfektionieren. Noch eine Vorschrift, noch eine gesetzliche Regelung: Das war in den vergangenen Jahrzehnten auch ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess. Wir haben die Komplexität auch im Leitungstiefbau stark erhöht. Das möchte ich auch gar nicht kritisieren. Wir haben jedoch zu wenig gemacht, um diese Komplexität zu erschließen.

Die Ahralkatastrophe hat gezeigt, dass wir die Robustheit unserer wesentlichen unterirdischen Leitungsinfrastruktur komplett verloren haben. Die scheinbare Perfektion in den Planungs- und Bauprozessen stellt sich als unklug heraus. Auf jeden Fall als nicht ausreichend. Dann stellen wir auf einmal mit Schrecken fest, dass wir gar keine Akteure und Akteurinnen haben, die diese Vorschriften auch nur in notwendigsten Umfängen umsetzen können und wollen. Wir brauchen also Veränderung – nicht nur um die Arbeitsproduktivität zu erhöhen, sondern um die Funktion unserer unterirdischen Infrastruktur überhaupt dauerhaft zu erhalten. Wir müssen die Erhöhung der Komplexität annehmen und erschließen.

Als Wunderwerkzeug wurde uns dann jahrelang die Digitalisierung vorgestellt. Was das dann konkret heißt, wurde aber nur in Pilotprojekten von einzelnen Akteuren beschrieben. Natürlich haben wir Standardwerkzeuge in der Kommunikation, wie Videokonferenzen oder Messengerdienste, schätzen gelernt und setzen diese auch erfolgreich ein. Der Durchbruch zum Beispiel durch Building Information Modeling (BIM) schien uns aber über Jahre nicht anwendbar im kommunalen Leitungstiefbau. Gerade lernen wir, dass wir neben digitalisierten Prozessen auch wieder Baukultur in Form von Arbeits- und Zusammenbaukultur brauchen. Wir müssen wertschätzend mit den Akteuren umgehen, die Baufreude suchen. Vertrauen erschließt Komplexität. Kollaboration von Menschen ist die entscheidende Schnittstelle. Es geht bei der Transformation nicht um ein komplett anderes Arbeiten. Es geht um viele Übergänge.

Der öffentliche Bauherr bekommt zukünftig einen Informationsmanager, auch BIM-Manager oder digitaler Bauleiter genannt. Dieser versucht, mit den Akteuren durch klare Anwendungsfälle die Informationsflüsse zu optimieren, die Arbeitsproduktivität zu erhöhen – bei uns zum Beispiel durch die deutliche Vereinfachung von Bauabrechnungsprozessen. Das macht Infrastrukturprojekte reibungsärmer, ressourcenschonender und wirtschaftlicher. Der Baggerfahrer, Bauabrechner, Vermesser oder Bauzeichner wird zum BIM-Autor, weil er am Modell der Infrastrukturbaustelle mitarbeitet, es verändert und überführt. Das ist wertschätzend. Jeder Akteur wird zum Datengoldgräber, Informationsveredler und Wissensarbeiter. Weil er Zusammenhänge herstellt, erschließt und auf Plattformen sichert und teilt. Wie zum Beispiel auf [localexpert24](#).

Wir haben den Fehler gemacht, dass wir bei der Digitalisierung den Menschen nur als Anwender und Nutzer verstanden haben. Er ist aber auch Erschließer von Komplexität, Sensor für die richtigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt und Veredler. Der Mensch bleibt der entscheidende Erfolgsfaktor für das Funktionieren von unterirdischer Infrastruktur und kann durch Wertschätzung die notwendige Robustheit verstärken, die wir so dringend brauchen. Beschäftigen Sie sich mit der BIM-Methodik, achten Sie auf das Miteinander, leben Sie Baurituale, die Wertschätzung ausdrücken. Gehen Sie über die Baufreude – zukunftsfähige Infrastruktur ist keine Selbstverständlichkeit.

Wir schaffen das mit Freude gemeinsam.

## **Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Victor Rizkallah**

**Em. Universitätsprofessor der Leibniz Universität Hannover (LUH), ehemaliger Kuratoriumsvorsitzender und Ehrenmitglied des Instituts für Bauforschung e. V., ehemaliger Präsident der Ingenieurkammer Niedersachsen, Gründer der Victor Rizkallah-Stiftung VRS**

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen, liebe Leserinnen und Leser des VHV-Bauschadenberichts,

Forschung, Lehre und Weiterbildung in der Geotechnik und Infrastruktur, insbesondere bei Bauwerksgründungen und Leitungsbau, erfordern praktische Erfahrung, da in diesem Bereich die meisten Bauschäden entstehen, wenn man Theorie und Praxiserfahrung nicht kombiniert. Diese, als Spezialtiefbau benannten Bereiche, haben seit den 1980er-Jahren meine besondere Aufmerksamkeit gefunden, da das Gebiet Bauschadenforschung in Deutschland bis dahin wenig Interesse fand.

Dabei spielen die Bereiche Erd- und Grundbau sowie Spezialtiefbau in der Praxis eine wichtige Rolle. Daher freut es mich sehr, dass das Institut für Bauforschung e. V., dessen Kuratoriumsvorsitzender ich über viele Jahre sein durfte, im Auftrag der VHV-Versicherungen mit den jährlich veröffentlichten Bauschadenberichten der Schadenforschung eine öffentliche Plattform gibt.

Die Ergebnisse der Schadenanalysen und deren Veröffentlichung dokumentieren Umfang und Stand der präventiven Möglichkeiten, um Mängel und Bauschäden weitgehend zu minimieren. Somit bietet auch der vorliegende Bauschadenbericht zum Thema »Sichere Infrastruktur« den Planungs- und Baubeteiligten wieder eine Vielzahl an wertvollen Informationen und Erfahrungen. Auch in der Lehre und Forschung an Universitä-



FOTO: LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER

**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Victor Rizkallah**

ten und Hochschulen wird mittlerweile der Bauschadenbericht herangezogen, was mich besonders freut. Deshalb ist für mich die Verbindung zwischen Forschung, Lehre und Anwendung eine Herzensangelegenheit, die sich zusätzlich in der jährlichen Verleihung der Förderpreise der Familienstiftung VRS für besonders begabte Nachwuchswissenschaftler der Leibniz Universität Hannover für besondere und praxisnahe wissenschaftliche Arbeiten (zum Beispiel in den Bereichen Ingenieur-, Natur- und Wirtschaftswissenschaften, Informatik usw.) zeigt. Von diesen Preisträgern und Preisträgerinnen erhält eine Person die Möglichkeit, im Forschungsteil des Bauschadenberichts einen Beitrag zu veröffentlichen, was die Stifterfamilie besonders freut. Die Arbeiten und das Wissen begabter und engagierter Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen müssen stets gefördert, motiviert und verbreitet werden, damit der Fortschritt in der Grundlagenforschung der gesamten Gesellschaft dient. Wissen ist in Deutschland besonders relevant, da wir vor allem diese Ressource haben und fördern können. Ich freue mich, dass junge Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen die Möglichkeit erhalten, neueste Erkenntnisse der Öffentlichkeit vorzustellen und durch deren Publikation bekannt geben zu können.

Daher danke ich den VHV-Versicherungen als Auftraggeber und Herausgeber sowie dem Institut für Bauforschung e.V. für die Erarbeitung der Berichte.

Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, wünsche ich Spaß und Freude am Entdecken und Umsetzen der interessanten Erkenntnisse aus der Forschung und Praxis des diesjährigen Bauschadenberichts!

Ihr Victor Rizkallah

# INHALT

<b>VORWORTE</b>	<b>3</b>
Olaf Lies	3
Dr. Sebastian Reddemann	5
Dipl.-Ing. (TH) Markus Becker	7
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Victor Rizkallah	9
<hr/>	
<b>EINLEITUNG</b>	<b>15</b>
<hr/>	
<b>1 TIEFBAU UND INFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND</b>	<b>19</b>
1.1 Sichere Infrastruktur – Status, Risiken, Potenziale	19
1.2 Ausblick 2023: Die Bauwirtschaft erneut vor großen Herausforderungen	23
1.3 Leitungsschäden in Deutschland – es besteht Handlungsbedarf!	25
<hr/>	
<b>2 RECHTSSICHERE BAUQUALITÄT</b>	<b>31</b>
2.1 Aktuelles zum Thema (Tief-)Baurecht	32
2.2 Überbauung von Leitungen	41
2.3 Versicherungsbedarf von technisch innovativen Tiefbau- und Infrastrukturprojekten im sich ändernden Marktumfeld	48
<hr/>	
<b>3 ENTWICKLUNGEN IN TIEFBAU UND INFRASTRUKTUR</b>	<b>59</b>
3.1 Netze BW GmbH entwickelt Memorandum zur Prozesskoordination im Glasfaserausbau	59
3.2 Statistik und Breitbandausbau	66
3.3 Zentrales Leitungskataster als Maßnahme zur Vorsorge gegen Leitungsschäden	72
<hr/>	

<b>4</b>	<b>AKTUELLE SCHADENANALYSE</b>	<b>79</b>
4.1	Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten	79
4.2	Entwicklung der Schadenarten	93
4.3	Entwicklung der Schadenursachen	101
4.4	Entwicklung der Schadenstellen	105
4.5	Entwicklung der Schwerpunkt- und Folgeschäden	110
4.6	Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit	120
<hr/>		
<b>5</b>	<b>SCHADENBEISPIELE</b>	<b>125</b>
5.1	Fallbeispiel Unterspülung einer Garagenzufahrt bei einer Horizontalspülbohrung	125
5.2	Fallbeispiel Aufwölbung in einer neu erstellten Bodenplatte	130
5.3	Fallbeispiel Versagen eines Traggerüsts für ein neu erstelltes Brückentragwerk	134
5.4	Fallbeispiel Grundwassereinbruch in eine wasserdichte Baugrube	137
5.5	Fallbeispiel Verwendung falscher Rohrleitungen in einem Trinkwasserleitungsnetz	141
5.6	Fallbeispiel Beschädigung eines Glasfaserkabels bei einer Suchschachtung	146
<hr/>		
<b>6</b>	<b>AKTUELLE FOKUSTHEMEN UND LÖSUNGEN</b>	<b>151</b>
6.1	Leitungsauskunft – alles was man wissen muss	151
6.1.1	Das Einholen von Leitungsauskünften in Deutschland – eine kurze Bestandsaufnahme	152
6.1.2	Erfahrungsbericht zur Erteilung von Leitungsauskünften bei der Netzgesellschaft Düsseldorf mbH	158
6.1.3	Standardisierung von Auskunftsportalen und Metasystemportalen, Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) – VDE	161
6.1.4	Das Westnetz Auskunftsportale – eine Erfolgsgeschichte	164
6.2	Kommunikation als Erfolgsfaktor	169
6.2.1	Den Menschen bei der Digitalisierung mehr mitnehmen! Der Tiefbauer als Wissensarbeiter	170
6.2.2	Wie hoch ist die Gefahr eines Strom-Blackouts in Deutschland?	175
6.3	Erfahrungen zur Folgenabschätzung	186
6.3.1	Klimafolgenanpassung durch gute Planung und Umsetzung	187
6.3.2	Erfahrungsbericht der Projektgruppe zur aktuellen Entwicklung von Bauschäden ausgewählter Mitgliedsunternehmen, Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) im VDE	190
6.3.3	Zertifiziertes Asset-Management-System konform zur ISO 55001 für die Verteilernetze Strom, Gas, Wasser, Fernwärme der Stadtwerke Ratingen	197
<hr/>		

<b>7</b>	<b>AUF DEM WEG IN DIE ZUKUNFT</b>	<b>207</b>
7.1	Neue Materialien und Verfahren	207
7.1.1	Reprofilierungswerkstoff für Asphaltflächen – moderne Baustoffe im Erhaltungsmanagement	208
7.1.2	Neue Wege beim Asphaltstraßenbau – Temperaturabsenkung für den Arbeitsschutz	216
7.1.3	Radiographie im Bauwesen – Ein neues altes Verfahren für die zerstörungsfreie Bauwerksuntersuchung	219
7.2	Sicherheit in der Versorgung	235
7.2.1	MONOCAB OWL: Die Demokratisierung der Mobilität im ländlichen Raum durch die Nutzung vorhandener Infrastrukturen mit leichten und innovativen Schienenfahrzeugen	236
7.2.2	Mit schnellem Blick von oben: So helfen Drohnen, Schäden an Trassen zu beheben	242
7.2.3	Schutz von Gastransportleitungen	246
7.3	Bauforschung aktuell	254
7.3.1	Aktuelle Forschungsprojekte des Instituts für Bauforschung Hannover	254
7.3.2	Unterirdische Leitungskanäle/-dächer als weiterer Baustein einer nachhaltigen und smarten Stadtentwicklung	261
7.3.3	Frischbetonprüfung mit bildbasierten Methoden – Potenzial zur digitalen Qualitätsregelung	268
7.3.4	Die digitale Tunnelbaustelle	274
<hr/>		
<b>8</b>	<b>PERSPEKTIVE</b>	<b>281</b>
<hr/>		
<b>9</b>	<b>WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN UND SERVICE</b>	<b>287</b>
<hr/>		
<b>10</b>	<b>DANK</b>	<b>293</b>
	Abbildungsverzeichnis	295



# EINLEITUNG

Der VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2022/23 ist der vierte Teil der Bauschadenreihe, die seit 2019 – im jährlichen Wechsel zwischen Hochbau- und Tiefbaubereich – erscheint. Dieses Buch ist somit gleichzeitig der zweite Teil der Tiefbau-Reihe und befasst sich mit dem Thema »Sichere Infrastruktur«. Dieser Band setzt die erfolgreichen Vorgängerberichte von 2019/20<sup>1</sup>, 2020/21<sup>2</sup> sowie 2021/22<sup>3</sup> in gewohnter Weise fort. Wie die zuvor erschienenen Bände beinhaltet er eine Vielzahl verschiedener Beiträge aus Forschung, Wissenschaft und Praxis. Das Fokusthema dieses Mal: die Sicherheit der Infrastruktur im weitesten Sinne.

Die wissenschaftliche Grundlage bildet erneut eine umfangreiche Datenauswertung zu Baumängeln und Bauschäden im Bereich Tiefbau und Infrastruktur. Das Institut für Bauforschung e.V. (IFB) hat auch diesen vierten Teil im Auftrag der VHV Versicherung erstellt, die auch die Datensätze über mehrere Tausend anonymisierte Schadenfälle zur Verfügung gestellt hat. Die Forschungsergebnisse spiegeln ein aktuelles Bild der Planungs- und Bauqualität im Bereich Tiefbau und Infrastruktur in Deutschland wider. Wie gewohnt finden sich auch wieder Beiträge verschiedener am Planungs- und Bauprozess beteiligter Akteure im Buch. Auch hierbei standen die Themenfelder Sicherheit, Bauschadenprävention sowie Qualitätsverbesserung im Fokus.

Seit 2018 konzentriert die VHV unter der Marke »VHV Bauforschung« ihre bereits seit 2002 bestehende Zusammenarbeit mit dem IFB mit dem Ziel, aktuelle Themen der Bauwirtschaft praxisnah, systematisch und wissenschaftlich zu untersuchen. Anspruch der VHV-Bauschadenbericht-Reihe ist, Konzepte und Strategien zur Gewährleistung der Sicherheit sowie zur weiteren Verbesserung der Bauqualität zu sammeln, zu dokumentieren und publik zu machen. Hauptaugenmerk ist dabei stets, wie sicher, qualitativ hochwertig und nachhaltig gebaut und nicht zuletzt die Bau- und Planungsqualität in Deutschland noch weiter verbessert werden kann.

---

1 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2019/20. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020

2 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2020/21. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021

3 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2022

## **Blick in die Praxis**

Die gesammelten und wissenschaftlich ausgewerteten Daten sind ein wichtiger Baustein des VHV-Bauschadenberichts. Diese Ergebnisse helfen zu verstehen, wo Probleme bei Tiefbau- bzw. Infrastrukturarbeiten bestehen und wo es gilt, Planungs- und Bauabläufe weiter zu optimieren. Die Datenauswertungen in Kapitel 4 geben wichtige Hinweise, wo es sich lohnt, genauer hinzusehen, Strukturen zu verbessern oder Prozesse neu zu denken. Der VHV-Bauschadenbericht möchte jedoch mehr sein als theoretische Wissenschaft. So gibt es auch in diesem Band wieder konkrete Hilfen bzw. Handlungsanweisungen, die nah am Puls der täglichen Baupraxis sind. Dafür sorgt unter anderem eine breitgefächerte Auswahl an beispielhaften Schadenfällen, die für das Buch zusammengetragen und ausgewertet wurden. In Kapitel 5 findet sich ein breiter Querschnitt von Schadenfällen aus unterschiedlichen Bereichen. Darin wurden Ursachen untersucht, dargelegt, wie die jeweiligen Schadenkosten entstanden sind und erläutert, wie die Beseitigung der Schäden erfolgt ist. Dabei wurde die bewährte Strukturierung in Schadenquelle, Schadenursache, Schadenbehebung und Schadenregulierung aus den vorherigen drei Schadenberichten beibehalten. So ist es auch für Nicht-Bauexperten möglich, die Vorgänge nachzuvollziehen und zu verstehen. Hinweise zur möglichen Schadenvermeidung geben konkrete Hilfen, was in den jeweiligen Schadenfällen besser hätte gemacht werden können. Hier werden wieder ganz konkrete Handlungsanweisungen für die tägliche Praxis gegeben.

## **Aktuelle Herausforderungen der (Tief-)Baubranche**

Im 1. Kapitel wird der Fokus auf die aktuellen Herausforderungen gelenkt, denen sich die (Tief-)Baubranche derzeit gegenüber sieht. Hier werden der Status der Bauqualität sowie aktuelle Probleme und Lösungen thematisiert. Unter anderem nehmen Vertreter von Spitzenverbänden der Bauindustrie zu aktuellen Problemfeldern Stellung. Die gegenwärtige Rechtslage im (Tief-)Baurecht ist Thema im 2. Kapitel; auch hier gibt es konkrete Forderungen und Lösungsansätze zu hochaktuellen Problemfeldern wie der Vergabepaxis oder Überbauung von Leitungen.

Das 3. Kapitel behandelt neue Entwicklungen in der Tiefbau- bzw. Infrastrukturbranche. Hier stellen Verbände, Unternehmen und das niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung verschiedenste Maßnahmen zur besseren Vermeidung von Leitungsschäden vor.

Im 6. Kapitel geht es unter anderem um aktuelle Fokusthemen und Lösungen zum Thema sichere Infrastruktur: So präsentieren zum Beispiel Unternehmen und Verbände innovative Lösungen zur Optimierung von Leitungsauskünften. Weiteres Thema ist die

Verbesserung der Kommunikation. Es geht um Möglichkeiten, wie an jeder Baugrube wertvolle Daten gewonnen werden können sowie die Strategien von Energieversorgern, Strom-Blackouts zu verhindern. Weitere Inhalte sind die Klimafolgenanpassung durch gute Planung und Umsetzung, ein interessanter Erfahrungsbericht zur aktuellen Entwicklung von Schäden im Leitungsbau sowie ein innovatives Projekt eines Energieversorgers zum Asset-Management, das zeigt, wie mittels Risikoerhebung Verteilnetze sicherer und nachhaltiger werden können.

Das 7. Kapitel rückt die Zukunft des Planens und Bauens in den Fokus: Hier werden Themen aus der Bauforschung sowie zukunftsweisende Entwicklungen wie neue Materialien, Stoffe und Verfahren vorgestellt. Den Leser erwartet eine spannende Auswahl an Strategien und Innovationen zur Erhöhung von Sicherheit, Bauqualität und Optimierung von Bauprozessen. Autonom fahrende Einschienenbahnen (Monocabs), Drohnen zur Überwachung von Leitungen und zukunftsweisende Entwicklungen wie sensorüberwachter Tunnelbau unserer europäischen Nachbarn finden sich hier – ein hochinteressanter Einblick in die Entwicklung innovativer Baugeräte, Prozesse und digitaler Bauverfahren.

## **Planungs- und Bauqualität weiter voranbringen**

Der VHV-Bauschadenbericht Sichere Infrastruktur 2022/23 gibt anhand der gewohnt umfangreichen Auswertung von Schadenfällen sowie einer breit gefächerten Auswahl von Beiträgen verschiedenster am Bau beteiligter Akteure erneut einen umfassenden Einblick in die aktuelle Situation im Tiefbausektor. Neben konkreter Hilfestellung zum Umgang mit Schadenfällen liefert er praxisnahe Hinweise, wie sich Schadenergebnisse bereits im Vorfeld vermeiden und somit die Qualität bei Tiefbau- bzw. Infrastrukturbauvorhaben weiter verbessern lassen.

Und es zeigt sich: Auch im Tiefbausektor setzen sich die am Bau Beteiligten täglich dafür ein, die Planungs- und Bauqualität weiter voranzubringen. Auch dieses Buch möchte wieder einen Beitrag dazu leisten. Es ist einmal mehr gelungen, eine Vielzahl an Akteuren aus Praxis, Forschung, Lehre sowie Politik, Verbänden und Unternehmen mit einzubinden. So ist ein breit gefächertes Überblick über die Situation im Tiefbau- und Infrastruktursektor gelungen. In Verbindung mit den wissenschaftlichen Auswertungen und Zahlen ergibt sich ein differenziertes Bild, das eine gute Grundlage sein kann, die Sicherheit im Tiefbausektor zu erhöhen und die Qualität in Planung und Ausführung weiter zu verbessern.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen!



# 1 TIEFBAU UND INFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND

Infrastruktur, die unsichtbare Lebensader im Hintergrund, wird von der Gesellschaft als selbstverständlich angesehen und bedarf permanenter Instandhaltung und Anpassung. Auch im Tiefbaubereich steht die Baubranche aktuell vor großen Herausforderungen: Neben fehlendem Fachpersonal, sowohl in Planung wie auch Ausführung, sind dies aktuell auch fehlende Baumaterialien. Zudem sind Genehmigungsverfahren oft langwierig. In diesem Zusammenhang ist auch der Bürger gefragt. Veränderungen im Bereich Infrastruktur sollten nicht grundsätzlich abgelehnt werden, denn auch die Infrastruktur unterliegt Veränderungen und muss an den Bedarf und neue Entwicklungen und Techniken angepasst werden. Dies betrifft die Leitungsinfrastruktur ebenso wie den Schienen- oder Straßenbau. Doch nicht nur der Neubau der Infrastruktur ist herausfordernd, auch die Instandhaltung, Instandsetzung und Modernisierung bestehender Bauwerke sind zu berücksichtigen. Vielerorts muss einem erheblichen Sanierungsstau entgegen gewirkt werden.

## 1.1 Sichere Infrastruktur – Status, Risiken, Potenziale

Infrastruktur – unter diesem Begriff werden gemeinhin alle staatlichen und privaten Einrichtungen, die für die gesellschaftliche Daseinsvorsorge und wirtschaftliche Entwicklung erforderlich sind, verstanden. Die Infrastruktur wird zumeist in technische Infrastruktur (zum Beispiel Einrichtungen der Energie- und Wasserversorgung, des Verkehrs, der Nachrichtenübermittlung und der Entsorgung) und soziale Infrastruktur (etwa Krankenhäuser, Schulen, Einkaufsstätten, Sport- und Freizeitanlagen oder kulturelle Einrichtungen) unterteilt.

Eine funktionierende Infrastruktur – also die Versorgung mit Wasser, Strom, Gas, Fernwärme, Lebensmitteln, Telefon, Internet oder die Verkehrsinfrastruktur – ist hierzulande alltäglich. Wie unentbehrlich diese »Lebensadern« jedoch sind, wird oft erst bewusst wahrgenommen, wenn Störungen auftreten. Die Versorgung mit diesen wichtigen Dienstleistungen und Gütern obliegt in Deutschland der sogenannten Kritischen Infra-

struktur (KRITIS). Hierzu gehören zum Beispiel die Energie- und Wasserversorgung, die medizinische Versorgung und der Verkehrssektor.

Die störungsfreie Funktion dieser Infrastrukturen bildet die Grundlage für das Funktionieren der Gesellschaft. In diesem Band – dem zweiten VHV-Bauschadenbericht mit dem Fokusthema Tiefbau und Infrastruktur und vierten Teil der VHV-Bauschadenreihe – geht es um diesen lebenswichtigen Bereich. Der Schutz kritischer Infrastrukturen ist eine Kernaufgabe staatlicher und unternehmerischer Sicherheitsvorsorge. Gemeinsames Ziel von Gesellschaft und Staat muss deren bestmöglicher Schutz sein, um die Versorgung der Bevölkerung sicherzustellen. Die Baubranche leistet täglich einen wertvollen Beitrag zu dieser gesamtgesellschaftlichen Aufgabe.

### **Kritische Infrastrukturen – warum sind sie so wichtig?**

Kritische Infrastrukturen bilden die Grundlage für den Ablauf komplexer gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Prozesse. Ein Ausfall kann katastrophale soziale und ökonomische Folgen haben. Deshalb sind Maßnahmen zu deren Schutz zentraler Bestandteil des präventiven Bevölkerungsschutzes, um das Ausfallrisiko zu minimieren und damit die Versorgungssicherheit der Bevölkerung zu erhöhen.<sup>1</sup>

Die jederzeit verfügbare und technisch sichere Infrastruktur von Industrieanlagen, Bauwerken, Versorgungssystemen und Transportwegen ist zudem zentral für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Technologischer Fortschritt, die sich verändernde Mobilität sowie alternde Infrastruktursysteme stellen die Gesellschaft vor große Herausforderungen.

Risikofaktoren für eine funktionierende Infrastruktur sind:

- technische Katastrophen (Brandfall, Bauschäden, Materialermüdung etc.),
- Naturkatastrophen (Extremwetter wie Hochwasser, Sturmflut, Sturm, Blitzschlag etc.),
- globale Ereignisse (Pandemien, Materialengpässe, politisch-diplomatische Krisen, Handelsembargo/Boykott etc.),
- Sabotage/Anschlag (Brandstiftung, mechanische Gewalt, Amokfahrt, Cyberangriff, Erpressung etc.),
- Verteidigungsfall (militärische Wirkmittel, operative Übernahme von Leitzentralen, Kraftwerken oder Knotenpunkten wie zum Beispiel Umspannwerken etc.),
- weitere Ursachen (menschliches Versagen o. Ä.).

---

<sup>1</sup> Lenz, S.: Vulnerabilität Kritischer Infrastrukturen. Herausgegeben vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Bonn: BBK, 2009 (Forschung im Bevölkerungsschutz, Bd. 4)

### **Wachsende Herausforderungen**

Die Herausforderungen für die moderne Infrastruktur sind enorm. So müssen etwa die Verkehrswege den sich ständig wandelnden Rahmenbedingungen, wie dem stetig steigenden Verkehrsaufkommen, dem Klimawandel und der Mobilitätswende, angepasst werden. Das technische und praktische Know-how sowie die Kapazitäten für den Erhalt und Ausbau von Straßen-, Schienen- und Wasserstraßeninfrastruktur sind vorhanden, müssen jedoch adäquat und wirtschaftlich genutzt werden. Hinzu kommt: Neue Techniken und Materialien sowie die Digitalisierung verändern das Bauen und die dabei entstehenden Produkte maßgeblich.

Kurz: Infrastrukturen bewegen sich im Spannungsfeld von politischen Vorgaben, gesellschaftlicher Akzeptanz und ökonomischer Zahlungsbereitschaft und müssen gleichzeitig den oben beschriebenen Risikofaktoren gewachsen sein. Aufgrund ihrer großen Bedeutung für die gesamte Gesellschaft müssen die urbanen und kritischen Infrastrukturen besonders sorgfältig auf ihre Sicherheit hin optimiert werden.<sup>2</sup>

### **Digitalisierung und aktuelle Gefahrenlage**

Die fortschreitende Digitalisierung macht Unternehmen, Institutionen, Behörden und jeden einzelnen Nutzer immer abhängiger von störungsfrei funktionierendem Datenverkehr. Technische Probleme oder Angriffe auf die digitale Infrastruktur können zu schwerwiegenden Einschränkungen der Versorgung oder zur Gefährdung der öffentlichen Sicherheit führen. Der bessere Schutz kritischer Infrastrukturen ist daher von großer Wichtigkeit für alle Bereiche der Gesellschaft. So sind etwa Betreiber kritischer Infrastrukturen zunehmend gefordert, sich intensiv auf mögliche Cyberangriffe vorzubereiten. Dafür sind die zuständigen Stellen in engem Austausch mit den entsprechenden Bundes-, Landes- und Kommunalbehörden.

Auch in den Unternehmen sind sich die Verantwortlichen der Gefahr bewusst. Angesichts der Herausforderungen, vor die die zunehmende Cyberkriminalität Unternehmen stellt, wünschen sich zahlreiche Betriebe mehr staatliche Unterstützung. Dies geht aus einer Sonderauswertung der DIHK-Digitalisierungsumfrage hervor.<sup>3</sup> Der Verband hatte bundesweit 4.000 Unternehmen befragt. Demnach haben die Betriebe vor allem Bedarf an rechtlichen Hinweisen, Unterstützung bei der Erstellung von Risikoanalysen und Notfallplänen sowie bei der technischen Prävention.

---

2 <https://www.unibw.de/risk> [abgerufen am: 9.9.2022]

3 <https://www.dihk.de/de/themen-und-positionen/wirtschaft-digital/digitalisierung/digitalisierungsumfrage-2023/cyberbedrohung-setzt-unternehmen-unter-zugzwang-91520> [abgerufen am: 22.03.2023]

Die gute Nachricht: Es gibt vielversprechende Ansätze wie etwa resiliente(re) Systeme sowie die Möglichkeiten von Cyberversicherungen, die Unternehmen im Angriffsfall absichern. Zu diesen präventiven Ansätzen müssen jedoch noch parallel Maßnahmen getroffen werden, die bei konkreten Störungen greifen und die kontinuierliche Versorgung sicherstellen, zum Beispiel Notstromversorgung, Redundanzen oder Back-ups. Die Reaktionen auf eine konkrete Gefahrenlage hängen zudem davon ab, ob die Probleme aufgrund von Extremwetter, einem Schadenfall bei Bauarbeiten oder durch einen Cyberangriff ausgelöst worden sind. Denn: Gegenmaßnahmen, die bei Extremwetterereignissen funktionieren, können bei Cyberattacken nicht mehr ausreichend sein. Der Fachkräftemangel sowie Engpässe bei der Analyse und der Wiederherstellung potenziell angegriffener Systeme und Daten verschärfen die Situation zusätzlich.

### **Anpassung: Handlungsfeld Bauwesen**

Im Zusammenhang mit der Sicherheit von Infrastrukturen wird auch klimaangepasstes Bauen künftig immer wichtiger werden. Neben technischen Maßnahmen zum Überflutungs- und Hitzeschutz von Gebäuden spielen auch die Stadt- und Flächenplanung eine wichtige Rolle. Technische Anpassungsmaßnahmen können Gebäude und Infrastrukturen vor Starkregen, Sturzfluten und Flusshochwasser schützen oder deren Folgen abmildern. Auf politischer Ebene müssen Anpassungserfordernisse zudem in bestehenden technischen Normen und Regelwerken stärker berücksichtigt werden. Ferner sind bauliche Standards erforderlich, die einer durch den Klimawandel bedingten höheren Frequenz und Intensität von Hochwasser- und Starkregenereignissen Rechnung tragen. So kann dazu beigetragen werden, Bauweisen anzupassen oder etwa Baugenehmigungen auf gefährdeten Flächen zu versagen.

Auch die Instrumente der Bau- und Planungspraxis müssen sich weiterentwickeln. So sind beispielsweise seit dem Jahr 2020 in der Städtebauförderung Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und zur Verbesserung der grünen Infrastruktur wichtige Fördervoraussetzungen. Auch die Bewusstseinsbildung und Wissensvermittlung hinsichtlich der Klimarisiken und des bestehenden Anpassungsbedarfs sind wichtige Bausteine. Dies betrifft Berufsverbände, wie Ingenieur-, Handwerks- und Architektenkammern ebenso, wie Gebäudeeigentümer, Verwaltungen und Nutzer.

Es wird deutlich: Die Herausforderungen an alle am Bau Beteiligten sind gewaltig – und wie oben beschrieben – äußerst vielschichtig. Der VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2022/23 zeigt neben den aktuellen Forschungsergebnissen, die das Augenmerk der Akteure auf die maßgeblichen Stellen richten wollen, auch vielfältige und innovative Lösungsansätze, wie das Planen und Bauen von morgen die Infrastruktur auf vielen verschiedenen Ebenen sicherer und nachhaltiger werden kann.

## 1.2 Ausblick 2023: Die Bauwirtschaft erneut vor großen Herausforderungen

### INTERVIEW – FELIX PAKLEPPA



FOTO: ANNE HUFNAGL

Felix Pakleppa studierte Rechtswissenschaften in Bonn und Passau. Nach Stationen bei der Telekom AG sowie der Bundesvereinigung Deutscher Arbeitgeberverbände ist er seit 1997 für den Zentralverband Deutsches Baugewerbe (ZDB) tätig. Seit 2011 vertritt er als Hauptgeschäftsführer des größten Deutschen Bauverbandes die Interessen von rund 35.000 mittelständischen Bauunternehmen.

**Herr Pakleppa, die Baubranche hatte die Coronapandemie mit einem blauen Auge überstanden und blickte Ende 2021 optimistisch auf das kommende Jahr. Aber mit Putins Krieg und den Sanktionen setzte eine wirtschaftliche Krise mit substanziellen Risiken für die deutsche Konjunktur ein. Wie hat die Bauwirtschaft das vergangene Jahr erlebt?**

So schlecht wie jetzt war die Lage schon lange nicht mehr. Auch in der Pandemie sind die Preise für einzelne Baumaterialien deutlich gestiegen, vor allem bei importierten. Schon damals gab es bei erdöl-basierten Produkten erhebliche Preissprünge, zum Teil auch bei Holz und Stahl. Die konnten wir aber verkraften, da die Immobilienzinsen noch unter einem Prozent lagen, die in Deutschland produzierten Baumaterialien, wie beispielsweise Zement, preisstabil waren und es eine auskömmliche Förderung gab. Mittlerweile muss die Branche aber mit einer wahrlich toxischen Gemengelage umgehen. Neben historischen Materialkosten, hoher Inflation und schlechten Finanzierungsbedingungen bremsen fehlende staatliche Förderungen, lange Planungs- und Genehmigungszeiten und immer mehr Bürokratie die Bauwirtschaft aus. Nach einem realen Umsatzminus von 5,5 Prozent im vergangenen Jahr erwarten wir einen weiteren Rückgang um 7 Prozent in diesem Jahr. All dies bringt uns an den Rand einer Rezession.

**In dieser Situation hält es die Bundesregierung, die eigentlich 400.000 Wohnungen pro Jahr errichten lassen möchte, für eine gute Idee, nicht nur die Förderprogramme deutlich zusammenzuziehen, sondern auch die energetischen Anforderungen zu verschärfen. Da passt etwas nicht zusammen, oder?**

Da haben Sie absolut recht. Die Ampel hat ein Förderchaos angerichtet, das immer noch nachwirkt und viele Investoren und Bauherren verunsichert. Die erfolgreiche KfW-55-Förderung wurde von einem Tag auf den anderen ersatzlos gestrichen. Nun ist EH 55 der neue Standard. Und da nach Ansicht der Regierung nicht gefördert werden darf, was gefordert wird, gibt es derzeit nur eine Förderung für EH 40, aber verbunden mit einer Nachhaltigkeitszertifizierung, was ein Bauvorhaben verteuert: zum einen durch den erhöhten Aufwand für den 40-Standard, zum anderen für die Nachhaltigkeitszertifizierung. Viele Bauherren werfen da mittlerweile das Handtuch und stornieren, der Wohnungsbau bricht rasant ein. Im Dezember hatten wir im Wohnungsbau erschreckende 32 Prozent weniger Order als im Vorjahr. Da platzen gerade sehr viele Träume. Die Bundesregierung hält an ihrem Ziel fest, jährlich 400.000 neue Wohnungen auf den Markt bringen zu wollen. Das ist auch angesichts der hohen Zuwanderungszah-

len richtig – wenn sie nicht gleichzeitig alles dafür tun würde, dass niemand mehr bauen kann oder will. Wenn wir nicht schnell umsteuern, rennen wir in ein Jahrzehnt des großstädtischen Wohnungsmangels.

### **Was muss aus Ihrer Sicht geschehen, damit es nicht so weit kommt?**

Wie war es denn vorher? 2020 haben wir mehr als 300.000 Wohnungen im Jahr gebaut. Damals gab es aber noch eine degressive AfA (Absetzung für Abnutzung), ein Baukindergeld und die KfW-55-Förderung. Diese Maßnahmen wurden entweder nicht fortgeführt oder gestrichen. Es sind jetzt positive Impulse notwendig, die Bauherren entlasten und ihnen Mut machen, in ihre Hausräume zu investieren. Das bedeutet, die Politik muss eine Nachfolgeregelung für das Baukindergeld finden, die überambitionierten energetischen Standards bei der Förderung zumindest temporär aussetzen und eine bessere Zinsstützung durch die KfW installieren.

### **Neben dem Wohnungsbau und der Energiewende ist der Ausbau der Infrastruktur eine weitere Mammutaufgabe für die Bauwirtschaft. Wie ist da der Stand?**

Wie in allen Bereichen haben unsere Unternehmen auch bei der Infrastruktur nicht genügend Aufträge für die entsprechenden Projekte in den Büchern, beispielsweise derzeit für Brückensanierungen. Gerade die öffentlichen Auftraggeber sind in der Planung viel zu langsam. Zum einen weil Bauämter und Behörden personell unterbesetzt sind, zum anderen weil die Verfahren zu bürokratisch sind. Immerhin sind die Investitionslinien für die Infrastruktur auf dem notwendigen Niveau der letzten Legislaturperiode geblieben, obwohl die Grünen beim Straßenbau deutlich sparen wollten. Aber auch hier muss man feststellen, dass deutlich gestiegene Materialpreise und Inflation eigentlich eine Aufstockung der Investitionslinie Verkehr um rund 20 Prozent notwendig gemacht hätten, um Bauleistungen im ursprünglich geplanten

Umfang zu bauen. Lars Klingbeil, der Vorsitzende der SPD, hat von einer neuen »Deutschland-Geschwindigkeit« gesprochen, die bei der Planung von Infrastrukturvorhaben erreicht werden müsse. Diese darf aber nicht nur für die dringend benötigten LNG-Terminals gelten, sondern für alle Infrastrukturvorhaben. Auch bei Sanierungen beziehungsweise bei Ersatzneubauten von Brücken dauert die Planung zu lange. Hier bedarf es größter Anstrengungen, denn die Kapazitätsengpässe im Bereich Brückenbau liegen nicht aufseiten der Bauwirtschaft, sondern vor allem im Planungsbereich der öffentlichen Hand.

### **Zum Abschluss interessiert uns Ihre Prognose. Was sind die größten Branchenherausforderungen für die kommenden Jahre?**

Unsere Unternehmen haben im Vertrauen auf die Baukonjunktur und die zu erwartenden Bauaufträge in den vergangenen 20 Jahren mehr als 200.000 neue Arbeitsplätze geschaffen. Wir bilden entgegen des Trends in der Gesamtwirtschaft wesentlich mehr junge Menschen aus, allein 25 Prozent mehr seit 2018. Nimmt die derzeitige negative Entwicklung aber weiter Fahrt auf, schrumpfen die Baukapazitäten. Unternehmen werden Stellen abbauen müssen und Fachkräfte verlieren. Das hat uns Corona gelehrt: Personal, das einmal weg ist, kommt nicht zurück. Ressourcen, die zum Bau des Wohnungsbestands, der Infrastruktur oder der Energiewende dringend gebraucht werden, stünden dann nicht mehr zur Verfügung. Die Branchenprobleme betreffen eben nicht nur die Unternehmen, das darf man nicht vergessen. Die Branche wird alles dafür tun, um kein Personal entlassen zu müssen, sondern die schwierigen Zeiten zu überbrücken. Dafür müssen Wirtschaft und Politik aber zusammenarbeiten und die Probleme gemeinschaftlich angehen. Wenn uns das gelingt, werden die vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Baugewerbes weiterhin das tun, was sie am besten können: Deutschland bauen.

## 1.3 Leitungsschäden in Deutschland – es besteht Handlungsbedarf!

Die Welt berichtete am 16.2.2023: »230 Flüge in Frankfurt annulliert – Geregelter Betrieb nach Lufthansa-Chaos. Bei der Lufthansa ist es zu einem gravierenden Ausfall der IT-Netze gekommen (...). Die Probleme wurden nach Unternehmensangaben durch Bauarbeiten an einer S-Bahn-Strecke in Frankfurt ausgelöst. Dabei wurden der Deutschen Telekom zufolge bereits am Dienstagabend vier Glasfaserkabel von einem Bagger durchtrennt.«<sup>4</sup>



Ingo Beilmann

Der WDR berichtete am 6.3.2023: »Explodiertes Haus in Bochum: 51-jähriger Mann festgenommen: Die Ursache für die Gas-Explosion in einem Wohnhaus in Bochum-Linden ist wohl klar. (...) Bei Arbeiten für die Verlegung von Glasfaserkabeln am Dienstagnachmittag soll ein Bohrer eine Gasleitung komplett durchbohrt haben, Gas ist ausgeströmt. Bei der Explosion ist das Einfamilienhaus in Bochum-Linden komplett eingestürzt. Die 61-jährige Hausbesitzerin konnte einige Stunden später nur noch tot aus den Trümmern geborgen werden. Ihr 35-jähriger Sohn wurde verletzt, konnte sich aber selbst befreien. Er konnte das Krankenhaus inzwischen verlassen.«<sup>5</sup>

Dies sind zwei aktuelle Beispiele für Leitungsschäden bei Bauarbeiten mit schwerwiegenden, in einem Fall sogar tödlichen Folgen. Auch wenn nicht alle Unfälle so gravierend sind, die Markteteiligten sind sich sicher, dass sich das Problem in den nächsten Jahren und Jahrzehnten verschärfen wird.

### Die Ausgangslage: Mindertiefe Verlegung erhöht das Risiko

Im Erdreich treffen schon seit jeher verschiedene Leitungsträger aufeinander: Wasser, Strom, Gas, Abwasser, Telekommunikation. Nun ist in den vergangenen Jahren der Breitbandausbau hinzugekommen. Da es anerkannter politischer Wille ist, dass die Versorgung der Bevölkerung mit schnellem Internet zügig erfolgen soll, wurden bei der bisherigen Umsetzung des Breitbandausbaus vielfach Kompromisse gemacht: Die Glasfaserkabel werden regelmäßig mindertief, das heißt zum Teil nur wenige Zentimeter unter der Oberfläche verlegt. Eine Änderung im Telekommunikationsgesetz (TKG) hat dafür

4 <https://www.welt.de/wirtschaft/article243779721/Lufthansa-230-Fluege-in-Frankfurt-annulliert-Geregelter-Betrieb-nach-Chaos.html> [abgerufen am: 20.03.2023]

5 <https://www1.wdr.de/nachrichten/ruhrgebiet/explodiertes-haus-in-bochum-mk-baum-ermittelt-wg-fahraessiger-toetung-100.html> [abgerufen am: 20.03.2023]

gesorgt, dass diese eigentlich nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechende Verlegung erlaubt ist.

Straßenbaulastträgern, Versorgern und Tiefbauunternehmen ist klar, dass das nicht gut gehen kann. Zu oft muss später noch einmal baulich ins Erdreich eingegriffen werden. Bei Straßenbaumaßnahmen hat der Gesetzgeber dies immerhin gesehen. Hier ist der Netzbetreiber nach dem TKG verpflichtet, die mindertief eingebrachten Kabel zu verlegen, wenn diese bei Bauarbeiten im Weg sind. Doch dies ist nicht der einzige Anwendungsfall. Irgendwann muss schließlich jede Gas- und Wasserleitung und jeder Kanal saniert werden. Nach dem Breitbandausbau warten auch schon die nächsten gesellschaftlichen und baulichen Herausforderungen: Das Stromnetz für die Ladeinfrastruktur will errichtet, der Wasserstoff transportiert werden und die Fernwärme will in die Häuser.

### **Vorsichtsmaßnahmen reichen oft nicht aus**

Bei all diesen anstehenden Tiefbaumaßnahmen liegen nun zusätzlich knapp unter der Oberfläche Breitbandkabel im Weg. Die Tiefbauunternehmen sind längst sensibilisiert. Nichts geht mehr ohne eine kostenintensive Handschachtung. Doch auch diese verhindert keine Schäden, wenn bereits der erste Spatenstich ein Breitbandkabel durchtrennt.

Die Vorarbeit, die jeder Tiefbauer vor Beginn der Baustelle leisten muss, ist die Einholung der Leitungsauskunft. Im Vergleich zu anderen Ländern, zum Beispiel den Niederlanden mit einer zentralen Leitungsauskunft, ist Deutschland in diesem Bereich – man muss es leider so sagen – rückständig. Es beginnt bereits damit, dass dem Grundeigentümer oft gar nicht bekannt ist, welche Versorger überhaupt Leitungen bei ihm verlegt haben. So kann das Tiefbauunternehmen nicht ermitteln, bei welchen Versorgern er anfragen muss. Auch die einschlägigen Leitungsportale sind nicht immer vollständig und ihrerseits auf vollständige Auskünfte angewiesen. Die Qualität der Auskunft ist hierbei oft unzureichend, das heißt, die genaue Lage der Leitungen lässt sich nicht bestimmen. Beim zuletzt hektisch vorgenommenen Breitbandausbau sind die Glasfaserkabel in der Regel nicht eingemessen worden. Die Bauunternehmen erhalten, wenn überhaupt, eine Flurkarte, die vor der Maßnahme erstellt wurde und die keine Aussage über die konkrete Lage der Kabel enthält. Zu sagen, dass es bald wahrscheinlicher ist, eine Tiefbaustelle mit als ohne Leitungsschaden durchzuführen, wäre sicher polemisch. Allerdings sind die praktischen Probleme für Tiefbauunternehmen bei der Schadenvermeidung immens, insbesondere in Ballungsgebieten.

### **Welche Interessen haben die Beteiligten?**

Jedes Versorgungsunternehmen hat ein Interesse daran, sein Netz vor Schäden zu schützen und stabile Netze mit möglichst wenigen Ausfällen zu betreiben. Es wird

zudem seinen Verkehrssicherungspflichten nachkommen wollen, um eine Gefährdung Dritter durch sein Netz auszuschließen. Die öffentliche Hand und sonstige Grundeigentümer haben ein gleichlautendes Interesse daran, über ein funktionierendes Leitungssystem zu verfügen, von dem Schäden ferngehalten werden und von dem keine Gefahren ausgehen. Die Bauunternehmen sind als letztes Glied in der Kette nach gängiger Rechtsprechung in der Regel haftbar, wenn kein (Mit-)Verschulden eines anderen Beteiligten vorliegt. Selbstredend haben die Bauunternehmen ein großes Interesse daran, solche Schäden zu vermeiden und ihre Mitarbeiter und sonstige Dritte keinen Gefahren auszusetzen. Schließlich der Bürger: Dieser möchte ein stabiles Netz und Versorgungssicherheit, gleich ob Strom, Wasser, Wärme oder Internet. Er möchte keine Folgeschäden tragen durch langfristige Ausfälle, die rechtlich in der Regel nicht ersetzt werden. Schließlich will der Bürger eine kostengünstige Versorgung. Die Leitungsschäden werden am Ende nämlich von ihm getragen, da die Kosten für die Handschachtung und die gestiegenen Versicherungsprämien sich in letzter Konsequenz unbemerkt auf seiner Rechnung wiederfinden werden. Festzuhalten ist also, dass die Interessenlage bei allen Beteiligten gleich ist: Es muss alles dafür getan werden, um Leitungsschäden zu vermeiden!

### **Was muss getan werden?**

Es muss gehandelt werden – jetzt sofort und nachhaltig! Die nötigen Maßnahmen sind vielfältig:

- Schulungen:  
Ausbau und Förderung der bereits angebotenen und durchgeführten Schulungen im Rahmen von Aus- und Weiterbildung in den Ausbildungszentren der Bauwirtschaft.
- Nutzung technischer Möglichkeiten:  
Glasfaserkabel lassen sich technisch nicht orten. Dies könnte man ohne Weiteres ändern, wenn verpflichtend ein Ortungskabel mitverlegt wird. Die geringen Mehrkosten sind bei den Schadenssummen allemal gerechtfertigt.
- Schließung der Lücken im TKG:  
Mindertief verlegte Kabel müssen nicht nur bei Straßenbauarbeiten, sondern auch bei sonstigen Tiefbauarbeiten vom Versorger entfernt bzw. verlegt werden, wenn sie bei einer Baumaßnahme im darunter liegenden Gas-, Wasser- oder Stromnetz im Weg sind.
- Auskunftspflicht des Grundeigentümers:  
Der Eigentümer, auf dessen Grund die Tiefbaumaßnahme stattfindet, sollte gesetzlich dazu verpflichtet werden, Auskunft darüber zu geben, welche Netzbetreiber auf seinem Grundstück Leitungen verlegt haben. Eine Unvollständigkeit dieser Auskunft darf nicht zulasten des ausführenden Bauunternehmens gehen.

- **Auskunftspflicht der Netzbetreiber:**  
Die so identifizierten Netzbetreiber sind bei berechtigtem Interesse bereits nach geltender Rechtslage dazu verpflichtet, eine Auskunft zu der Lage ihrer Leitungen zu geben. Für die Qualität dieser Auskunft sollten Anforderungen für Alt- und Neuleitungen gestellt werden, insbesondere an die erforderliche Maßgenauigkeit. Für das Gas- und Wasserfach gibt es hier bereits – allerdings nur teilweise verbindliche – Regelungen, die hierfür herangezogen werden können.
- **Langfristige Lösung durch eine bundesweite Datenbank:**  
Wir unterstützen ausdrücklich die Initiative des Landes Niedersachsen zur Einführung einer bundesweiten Erfassung von Telekommunikationskabeln im Rahmen des Gigabit-Grundbuchs. Hier sind allerdings auch die Länder gefragt, ihre Gesetze anzupassen, damit das Projekt nicht nur auf Bundesstraßen beschränkt bleibt. Neben der Breitbandsparte sollten sämtliche Leitungsträger einbezogen werden. Die bestehenden Auskunftsportale mit ihrem Know-how sind dabei mit ins Boot zu holen. Die Erstellung einer solchen Datenbank wäre ein Generationenprojekt, das allerdings überfällig ist und bereits heute eine deutliche Erleichterung bringen würde. Deutschland setzt auf Digitalisierung. Dies sollte es auch bei diesem Thema konsequent tun.

Ingo Beilmann ist seit 2002 als Rechtsanwalt tätig. Er ist Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht sowie Fachanwalt für Arbeitsrecht. Seit 2013 arbeitet er hauptberuflich für die Verbände der Bauwirtschaft, zunächst als Geschäftsführer des Verbandes Baugewerblicher Unternehmer im Lande Bremen e.V. und seit 2019 als Syndikusanwalt für den Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen e.V. Neben der bau- und arbeitsrechtlichen Beratung der Verbandsmitglieder vertritt er unter anderem die Interessen der Landesfachabteilung Leitungsbau im Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen.





ACHTUNG

ACHTUNG

KABEL

## 2 RECHTSSICHERE BAUQUALITÄT

Bauen ist komplex. Das gilt für den Hochbau ebenso wie für den Infrastruktur- und Tiefbausektor. Dabei sind die Herausforderungen vielschichtig, angefangen bei der Ausschreibung, über die Planung, den Fachkräftemangel, finanzielle Grenzen, Zuständigkeiten bei den Entscheidern bis hin zu unzureichender Kommunikation während des gesamten Ablaufs. Grundsätzlich sollte vonseiten der Betreiber (Bund, Länder, Kommunen) alles unternommen werden, um zu gewährleisten, dass die infrastrukturelle Versorgung sicher ist und auch künftig sichergestellt wird. Dafür muss die Infrastruktur den aktuellen Standards entsprechen. Auch rechtliche Hintergründe spielen dabei eine wichtige Rolle. Die folgenden Beiträge bieten einen Überblick über die baurechtliche Problematik im Zusammenhang mit sicherer Infrastruktur sowie Aspekten aus der Versicherungswirtschaft.

## 2.1 Aktuelles zum Thema (Tief-)Baurecht

### INTERVIEW – PROF. DR. JUR. GÜNTHER SCHALK



Prof. Dr. jur. Günther Schalk, Jahrgang 1971, ist ausgebildeter Redakteur und Sprecher für Hörfunk und Fernsehen. Nach seinem Studium der Rechtswissenschaften in Augsburg hat er sich auf Baurecht spezialisiert. Er ist Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht in der bundesweit tätigen Kanzlei TOPJUS Rechtsanwälte und auch als Dozent und Trainer für Seminare, Fortbildungen und Schulungen für Bauunternehmen und Auftraggeber aktiv. Er ist Honorarprofessor für Bau-, Vergabe- und Umweltrecht an der Technischen Hochschule Deggendorf und lehrt auch an der Technischen Universität Hamburg. Neben dem Bauvertrags- und -vergaberecht hat er dort auch einen Lehrauftrag für Baugrund- und Tiefbaurecht.

**Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Geschäftsführende Direktorin des IFB: Die Flutkatastrophe im Ahr-tal im Juli 2021 war eine der größten Schadenssituationen mit verheerenden Folgen, unter anderem für die Infrastruktur in diesem Gebiet. Jetzt gibt es jedoch auch Chancen beim Wiederaufbau: zum Beispiel zukunftssichere Bauwerke und Infrastrukturprojekte zu planen und zu bauen. Herr Schalk, was müsste aus juristischer Sicht beachtet und gegebenenfalls geändert werden? Vor allem in Bezug auf Planungs- und Genehmigungsaufgaben, deren Komplexität und die notwendige Qualität.**

Was hoffentlich passieren wird, ist, dass alle Beteiligten bei der Planung das Thema Wasser sehr ernst nehmen. Planung ist ja immer auch eine Art Lernprozess. Wenn eine Planung fehlerfrei ausgeführt wird, berücksichtigt sie zumindest realistisch drohende Szenarien. In diesem Punkt wird die Planung allerdings in den nächsten Jahren vermutlich noch mehr lernen und noch vorsichtiger werden müssen, weil durch die Klimaveränderung auch immer mehr extreme Situationen wie zum Beispiel Hochwasser, Stürme oder Hitze auftreten werden, die wir so bislang noch nicht erlebt haben und die die Planer logischerweise dann auch noch nicht auf dem Schirm hatten. Allerdings ist auch dieser Lerneffekt begrenzt:

Die Planer, die im Ahr-tal neue Infrastruktur und neue Gebäude planen, werden vermutlich das mit einrechnen, was jetzt passiert ist und vielleicht noch etwas Risikopuffer drauflegen. Ob dort in einigen Jahren möglicherweise noch ein dramatischeres Hochwasserereignis eintritt, das dann wieder über die Erwartungen oder Befürchtungen hinausgeht, weiß niemand. Zudem gibt es ja noch unzählige Regionen und Orte allein in Deutschland, bei denen die Planung immer noch »historisch« ist bezüglich der berücksichtigten Umstände. Daran lässt sich auch nur sehr schwer etwas ändern, weil die Notwendigkeit regelmäßig nicht gesehen wird. Und wenn dann tatsächlich beispielsweise Hochwasserschutz geplant wird, dauert es im System unserer Genehmigungsverfahren oft 10 Jahre und mehr, bis irgendwann baulich etwas passiert. Da sind unsere deutschen Genehmigungssysteme einfach viel zu schwerfällig, obwohl es in diesem Fall um Menschenleben geht.

**Böhmer: Es muss ja alles schnell vorangehen. Man sagt, ein Problem ist das (fehlende) Fachpersonal in den Behörden und Kommunen, also bei den öffentlichen Auftraggebern, sowie in den zuarbeitenden Ingenieurbüros. Gibt es aus Ihrer Sicht rechtssichere Möglichkeiten der Beschleunigung? Könnten Vorgaben oder Pro-**

**zesse verkürzt, ausgesetzt oder verändert werden, ohne dass juristische Formfehler Projekte stoppen oder Mängel erzeugen?**

Da sprechen Sie tatsächlich einen wunden Punkt an. Planung und Genehmigungen sind vielfach der Flaschenhals, der das Bauen verhindert. Genehmigungsverfahren dauern oft eine halbe Ewigkeit, was zum einen an den zu starren Vorschriften liegt und zum anderen aber auch daran, dass öffentliche Bauverwaltungen quantitativ und qualitativ chronisch unterbesetzt sind. Die zuarbeitenden Ingenieurbüros sind ebenso überlastet. Überlastung wirkt sich auf die Arbeitsqualität und auf die Bearbeitungsdauer aus. Und dann gibt es immer wieder Planer, die beispielsweise plötzlich einen Auftrag für die Planung eines Kanals oder einer Tiefbauleistung annehmen, obwohl sie seit 20 Jahren nur Hochbau machen. Die Vorschriften im Vergaberecht tun da ihr Übriges: Ein öffentlicher Auftraggeber beispielsweise kann nicht immer den Planer auswählen, den er für geeignet hält, sondern muss nach dem Vergaberecht denjenigen nehmen, der am günstigsten angeboten hat. Kann man Prozesse verkürzen? Da steht freilich erst einmal das Gesetz im Weg. In einem Genehmigungsverfahren müssen die Behörden die Vorgaben einhalten, die in den Vorschriften geschrieben stehen. Hier wäre also erst einmal der Gesetzgeber gefragt. Man redet immer von Planungsbeschleunigung und gibt dann mit neuen Regelungen der Praxis in der Regel »Steine statt Brot«. Die Lage ist juristisch nicht einfach: Einerseits sollen ja die Rechte von Betroffenen wie beispielsweise Nachbarn nicht geschmälert werden und andererseits soll es trotzdem insgesamt schneller gehen. Das alles unter einen Hut zu bekommen, ist für den Gesetzgeber nicht einfach. Aber da gäbe es freilich Möglichkeiten für das »Feintuning« – wenn beispielsweise bei einem Bebauungsplanverfahren nicht etliche Runden mit öffentlicher Auslegung und Einwendungsmöglichkeiten gegeben wären, sondern lediglich eine Runde, in der dann eben jeder, der etwas dagegen hat, »Laut

geben« muss. Damit wäre schon Zeit gespart. Wünschenswert wäre insbesondere, die Genehmigungsverfahren von den Anforderungen her etwas zu vereinfachen. Bei den einfachen Einfamilienhäusern hat man das bereits vielfach erfolgreich gemacht, indem man bestimmte Bauvorhaben genehmigungsfrei gestellt hat. Die muss der Bauherr nur mehr anzeigen und die Genehmigungsbehörde hat dann eine vergleichsweise kurze Frist, in der sie Einwände äußern kann. Tut sie es nicht in der Zeit, darf der Bauwerber bauen. Natürlich hat man Angst davor, wenn größere Bauvorhaben auch einfacher umgesetzt werden können und die Betroffenen weniger Rechte haben, um dagegen vorzugehen. Geht es jedoch beispielsweise um Infrastrukturbauten, stellt sich auch ein Stück weit die Frage der Abwägung zwischen den Interessen der Allgemeinheit und der Versorgungssicherheit gegenüber Einzelinteressen. Letztere sind sicher oft berechtigt, aber manchmal ist es auch einfach die Angst vor Veränderung, die Bürger gegen bestimmte Projekte Sturm laufen lässt.

**Böhmer: Hätten Sie einen grundsätzlichen Juristenrat an die Beteiligten der im betroffenen Gebiet beginnenden oder begonnenen Projekte (zum Beispiel in Richtung Prozesse, Kommunikation usw.), der vielleicht sogar übertragbar ist auf andere Infrastrukturprojekte, die vor uns liegen?**

Tatsächlich gehen meine Tipps in diese eher unjuristische Richtung – Kommunikation und ein frühzeitiger Austausch aller Planer und Projektträger untereinander könnten einiges verhindern, was sonst aneinander vorbeiläuft. Ein Problem ist hier sicherlich auch die Individualität. Planer sind kreative Menschen und lassen sich ungern einengen. Allerdings wäre es gerade hier sinnvoll, wenn Behörden gewisse Mindestanforderungen und Rahmenbedingungen für alle Bauvorhaben in diesem Katastrophengebiet vorgäben, um einen Mindeststandard zu erhalten. So dramatisch und schlimm diese Hoch-

wasserkatastrophe war, sie hat zumindest den einzigen positiven Nebenaspekt eröffnet, dass jetzt ein kompletter Landstrich neu, modern und unter Berücksichtigung der Gefahren des Klimawandels geplant werden kann, also nicht nur einzelne Bauvorhaben die neuen Klimaanforderungen erfüllen, sondern eine komplette Region.

**Böhmer: Kommen wir auf die bestehende Infrastruktur in Deutschland. Auch ohne Natur- bzw. Wetterkatastrophen sehen wir hier enormen Handlungsbedarf aufgrund oft jahrelanger Instandhaltungsversäumnisse. Besonders bei Ingenieurbauwerken, wie etwa Brücken. Insbesondere bei älteren innerstädtischen Brückenbauwerken wird die Alternative eines Ersatzes durch Tunnelbauwerke diskutiert. Eine Vielzahl von Voruntersuchungen und Prüfungen, komplexe Fachplanungen, Einspruch und Widerspruch von Beteiligten, nicht selten aus politischen Erwägungen, sind hier an der Tagesordnung. Hinzu kommen lange Planungszeiten und Genehmigungsverfahren, die technisch überholt sind und kostentechnisch kaum mehr passen. Wie kann man aus juristischer Sicht diesen Prozess optimieren? Ist es eine Lösung, in die Tiefe statt in die Höhe zu bauen? Oder sehen Sie da Grenzen in juristischer Hinsicht?**

Das Thema mit dem Bauen in die Tiefe ist nicht in erster Linie ein juristisches Problem. Juristisch und auch technisch ist unheimlich viel möglich. Die Grenzen zieht hier in der Regel die Frage, wieviel Geld der Bauherr ausgeben möchte. Ein Meter Bundesstraße kostet überirdisch zum Beispiel etwa 2.000 bis 10.000 Euro, ein Meter unterirdisch mindestens 60.000 Euro. Wenn in den Untergrund gebaut wird, muss ein Planer dies beherrschen und die Besonderheiten berücksichtigen, die den Tiefbau und Spezialtiefbau vom Hochbau abheben. Grundaufgabe eines Planers ist es immer, den Bauherrn möglichst allumfassend zu beraten. Er muss ihm aufzeigen, was bei seinem geplanten Bauvorhaben wichtig ist, was pas-

sieren kann, worauf er achten sollte und was es kosten wird, auch wenn das erst einmal nur eine Prognose sein kann. Die Entscheidung an sich kann am Ende nur der jeweilige Bauherr treffen. Zum Beispiel wie viel Puffer für Naturkatastrophen und sonstige Beeinträchtigungen er sich leisten möchte. Sicherheit kostet immer Geld. Das sieht man als privater Hausbauer bereits, wenn man sich entscheiden muss, ob man normale Fenster oder Fenster mit Alarmsicherung einbauen möchte. Aus rechtlicher Sicht kann ich hier nur immer den Tipp geben, von vornherein auch die Juristen mit in ein Projekt einzubeziehen. Vielfach gibt es hinterher teuren Ärger, weil am Beginn eines Projekts bei den Juristen gespart wird und dann Verträge »zusammengezimmert« werden, die zum Teil einfach nicht umsetzbar sind oder gravierende Lücken und Risiken aufweisen. Ein Tiefbaujurist weiß, worauf es in einem Vertrag über Tiefbauleistungen ankommt. Da gibt es bestimmte Besonderheiten, die hinterher jede Menge Ärger ersparen können.

**Böhmer: Ist das Thema Mediation, das vor einigen Jahren als präventive Maßnahme sehr vorangetrieben und befürwortet wurde, eine Möglichkeit, bereits ab Projektbeginn Streit zu vermeiden? Quasi der begleitende »Jurist für den Bedarfsfall«?**

Es ist momentan ein Stück weit »in«, staatlichen Gerichten abzuschwören, weil dort die Verfahrenslaufzeiten unfassbar lang sind und stattdessen Mediation und Schlichtungsverfahren zu vereinbaren. Es ist schon richtig: Bei staatlichen Gerichten dauert es aktuell zum Teil ein bis zwei Jahre, bis zu einem nächsten Verhandlungstermin geladen wird. Insofern kann eine Mediation die Auseinandersetzung schon beschleunigen. Allerdings eignet sich auch nicht jeder Fall für eine außergerichtliche Streitbeilegung. Und man sollte sich vor allen Dingen von vornherein sehr gut anschauen, welche Schiedsgerichtsordnung vereinbart wird. In der Praxis habe ich gerade einen Fall auf dem Tisch, da haben die bei-

den Parteien den Ausschluss des staatlichen Rechtswegs und eine Schiedsordnung vereinbart. Jetzt stellen beide fest, dass diese Schiedsgerichtsordnung unheimlich kompliziert, unflexibel und schwerfällig ist und doch einige mögliche Rechte abschneidet, die man bei einem staatlichen Gericht hätte. Nun könnten zwar beide nachträglich vereinbaren, dass sie doch vor ein staatliches Gericht ziehen wollen. Allerdings ist bedauerlicherweise ein dritter Streitpartner mit an Bord, der das nicht will. Also bleibt es beim Schiedsgericht. Und: Sowohl ein staatliches Gericht als auch ein Schiedsgericht oder eine Mediation greifen in der Regel erst dann ein, wenn »das Kind in den Brunnen gefallen« ist. Wenn Sie also nach einer Lösung gleich für den Beginn eines Bauvorhabens oder schon für die Projektierungsphase suchen, dann braucht es hoffentlich noch keine Mediation, weil das bedeuten würde, dass bereits in dieser frühen Phase irgendetwas schiefgegangen ist. Es hat sich vielfach bewährt, bei größeren Projekten von Anfang an nicht nur die Techniker und Planer, sondern auch Juristen und Baubetriebe mit ins Projektteam zu holen. Das hat mehrere Vorteile. Zum einen können alle Disziplinen gleich die Notwendigkeiten aus ihrer eigenen fachlichen Sicht vorstellen und platzieren. Damit ist der Boden für einen professionellen Start und eine harmonische Durchführung des Projekts geebnet. Zum anderen lernen sich alle Beteiligten bereits in einem Stadium persönlich kennen – und in der Regel auch schätzen – in dem noch nicht gestritten und »Porzellan zerschlagen« wird, sondern in einer Zeit, in der noch alle voller Enthusiasmus und Freude auf das kommende Projekt schauen. Da ist die Hoffnung groß, dass sich eine gute Chemie entwickelt, die dann später auch hilft, wenn es wirklich einmal Probleme gibt.

#### **Böhmer: Könnte Building Information Modeling (BIM) die Lösung sein?**

BIM hat sicher viele Vorteile, ist aber auch kein Allheilmittel. Nicht bei jedem Bauvorhaben bringt BIM

tatsächlich gravierende Vorteile. Die meisten Vereinfachungen bringt BIM oft erst im Zeitraum der Nutzung eines Gebäudes. Insoweit ist das sicherlich hilfreich etwa bei Gewerbebauten oder großen Wohnanlagen, während zum Beispiel bei einer Autobahnbrücke so manche BIM-Fähigkeit eher weniger helfen dürfte. Das soll aber nicht heißen, dass BIM überflüssig ist. BIM trägt mit Sicherheit einerseits zu mehr Klarheit und Detailtiefe bei der Planung bei. Andererseits stellen wir momentan in der Praxis fest, dass es mit intensiver Anwendung von BIM nicht selten noch etwas länger dauert als nach herkömmlicher Methode. Bei BIM geht es aktuell noch genauso wie bei dem Thema Bauen in die Tiefe: Am Ende wird das Geld entscheiden. Die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure kennt BIM noch nicht wirklich, sodass die Parteien selbst erst eine Regelung treffen müssen, wie viel Geld der Planer für die Anwendung von BIM überhaupt bekommen soll, damit er nicht kostenlos arbeitet. Und der Bauherr wird entscheiden müssen, wieviel ihm BIM wert ist. Mehr BIM kostet ihn mehr Geld.

#### **Böhmer: Gehen wir weiter im Planungs- und Bauprozess: In unserer Praxistätigkeit erfahren wir immer wieder von Kritik potenziell ausführender Unternehmen, zum Beispiel von Ingenieurbüros und Bauunternehmen, an der Qualität von Planungsunterlagen für Infrastrukturprojekte, etwa fehlender Fachplanung oder mangelnder Qualität von Leistungsbeschreibungen und Ausschreibungsunterlagen. Was raten Sie Unternehmen für die Angebotsabgabe?**

Ein sehr wichtiges Thema! Den Unternehmen, die potenziell ein Angebot auf eine solche Ausschreibung abgeben, muss ich in der Praxis dringend empfehlen, die Angebotsunterlagen sehr intensiv und genau zu studieren und zu prüfen, ob nicht irgendwo Fehler, Widersprüche oder Unklarheiten enthalten sind. Die Rechtsprechung ist bei solchen Themen heute vielfach nicht auf der Seite der Bauunternehmen. Die »goldenen Zeiten«, in denen der Bauunternehmer

sein Angebot abgegeben hat und schon die ersten fünf Nachträge im Kopf hatte, sind vorbei. In der täglichen Anwaltspraxis bekomme ich sehr viele Streitigkeiten auf den Tisch, wo es genau um diese Problematik geht. Konnte die Baufirma erkennen, dass in der Leistungsbeschreibung etwas faul ist? Dann sind hinterher Mehrvergütungsansprüche, Bauzeitverlängerungsansprüche und Schadenersatzansprüche komplett ausgeschlossen. Leider übertreiben es manche Gerichte dann auch noch bei der zugrunde liegenden Frage, wann denn eine solche Ungereimtheit in einer Leistungsbeschreibung deutlich genug ist – es gab schon Urteile, in denen zum Beispiel ein Spezialtiefbauer fast schon als Hellseher gesehen wurde und laut Gericht in der Angebotsphase hätte erkennen müssen, dass die Werte aus dem Diagrammteil eines Baugrundgutachtens des Auftraggebers nicht zu dem passten, was der Geotechniker im Textteil weiter vorn geschrieben und empfohlen hatte. Als Faustregel aus einigen Urteilen ist zu entnehmen, dass ein solcher Mangel in der Ausschreibung der Baufirma »ins Auge springen« muss. Und auf die Frage, welchen Sachverstand eine Baufirma haben muss, gibt es auch eine Antwort aus der Rechtsprechung: Es ist der Sachverstand eines durchschnittlichen Bauunternehmens zur Bewertung heranzuziehen – wie auch immer ein »durchschnittliches« Bauunternehmen aussieht.

**Böhmer: Wer also Angebotsunterlagen auf den Tisch bekommt, sollte sich die Mühe machen diese wenigstens einmal genau durchzulesen, bevor er sie preist und abgibt.**

Genau das meinte ich. Was glauben Sie, wie oft wir es erleben, dass eine Baufirma als Mandant mit einem Problem, beispielsweise mit Nachträgen oder gestörten Bauabläufen, kommt. Wenn man dann darum bittet, den Vertrag zu schicken, kommt es immer wieder vor, dass man nur ein paar Teile des Vertrags bekommt. Fragt man dann nach den restlichen Vertragsunterlagen, stellt man nicht selten

fest, dass der Baufirma nicht einmal alle Unterlagen überhaupt vorliegen. Alles, was in einem Vertrag als Bestandteil gelistet ist, muss bereits vor Angebotsabgabe gelesen worden sein, sonst begibt sich die Baufirma unter Umständen in »Teufels Küche«. Der Vertrag ist eben nicht, wie das wiederum viele Baufirmen handhaben, nur das Leistungsverzeichnis und die Baubeschreibung. Der Vertrag beinhaltet auch rechtliche Regelungen, die leider vielfach in »Juristendeutsch« geschrieben sind und beim Lesen nicht wirklich vergnügungssteuerpflichtig sind. Aber es hilft nichts: Sie gehören nun einmal zum Vertrag, und möglicherweise ergibt sich aus genau diesen Passagen an irgendeiner sichtbaren oder versteckten Stelle etwas, das die Ausführung plötzlich in eine komplett andere Richtung lenken kann.

**Böhmer: Früher gab es Nebenangebote, die kostentechnisch und technisch oft gute Ideen dokumentierten, sozusagen Optimierung aus der Praxis. Diese galten eine Zeitlang als schwierig und haben sich davon bis heute nicht komplett erholt. Was halten Sie von Nebenangeboten? Gibt es da rechtlich auch etwas, das Baufirmen und Auftraggeber beachten müssen?**

Zunächst muss man wissen, dass es ein echtes Nebenangebot nur bei öffentlichen Vergabeverfahren gibt. Jetzt muss ich aufpassen, dass ich mich zu dem Thema im Zaum halte – ich bin ein richtiger Nebenangebotsfan. Meine Dissertation beschäftigte sich mit dem Thema und ich habe das »Handbuch Nebenangebote« herausgegeben. Kurz gesagt: Ich halte sehr viel von Nebenangeboten und ich verstehe nicht wirklich, warum manche Auftraggeber so nebenangebotsscheu sind. Für sie hat ein Nebenangebot erhebliche Vorteile. So bekommt man möglicherweise einen kreativen Alternativvorschlag, der noch dazu preisgünstiger ist – und der Bauunternehmer, der ein solches Nebenangebot einreicht, übernimmt damit sogar noch ein gutes Stück die Planungsverantwortung, die eigentlich der Auftraggeber allein hätte. Für

Baufirmen, die im reinen Preiswettbewerb gegenüber den Großen regelmäßig »unter die Räder« kommen, ist ein Nebenangebot die Chance, durch Kreativität und Effektivität zu punkten. Korrespondierend sollten sich Baufirmen freilich vorher gut überlegen, was sie anbieten. Denn: Das muss dann auch funktionieren, da es sonst für das Bauunternehmen eine teure Geschichte werden kann, wenn es Planungsfehler abliefern. Übrigens: Vor allem bei Tief- oder Spezialtiefbauarbeiten, die eben bei Infrastrukturprojekten immer mit im Paket sind und bei denen Nebenangebote traditionell eine erfreulich große Rolle spielen, sollte die Baufirma ein ganz besonderes Augenmerk auf den Baugrund richten. Der spielt nämlich die Hauptmusik in rechtlichen Auseinandersetzungen. Die Auftraggeber meinen vielfach, der Bauunternehmer sei für alles verantwortlich, sobald er ein Nebenangebot eingereicht hat und damit beauftragt wurde, selbst wenn ein Meteorit auf die Baustelle fallen sollte. Dem ist allerdings nicht so. Die Faustregel, die nicht nur für Nebenangebote im Bereich Tiefbau gilt, lautet: Der Bauunternehmer haftet zusätzlich zum normalen Erfolgsrisiko bei einem Nebenangebot nur für solche Risiken, die er mit seinem Alternativvorschlag entweder neu begründet oder erhöht hat. Wenn sich also beispielsweise während der Ausführung herausstellt, dass die Vorgaben des Auftraggebers zum Baugrund falsch waren, weil der Boden in Wirklichkeit anders beschaffen ist, ist das zunächst nicht zwingend ein Problem, das mit dem Nebenangebot nach Hause geht.

**Böhmer: Auch hier wieder der Hinweis auf Beispiele aus der Praxis, die Kritik am Vergabeverfahren bedeuten. Hier würde ausschließlich der billigste Anbieter berücksichtigt, nicht das wirtschaftlichste Angebot. Wie ist Ihre Wahrnehmung und welche Möglichkeiten haben Anbieter?**

Beides ist richtig. Natürlich wird grundsätzlich, wenn der Auftraggeber alles richtig macht, das wirtschaft-

lichste Angebot bezuschlagt. Aber oft ist das preisgünstigste Angebot auch zugleich das wirtschaftlichste. Das liegt daran, dass der Auftraggeber vor der Bekanntmachung der Vergabe seine Wertungskriterien festlegt. Und weil es für den Auftraggeber einfacher ist und er sich weniger angreifbar macht, legt er eben häufig fest, dass einziges Wertungskriterium der günstigste Preis ist. Bei der Wertung der Angebote braucht der Auftraggeber dann letztlich nur auf den Preis zu achten – und gut ist's. Dabei ginge hier natürlich deutlich mehr, wenn der Auftraggeber den Spielraum und die Klaviatur des Vergaberechts geschickt nutzen würde. Sie können an den Vergabeverfahren die Stellschrauben drehen und vor allem die Wertungskriterien gestalten. Da geben das Vergaberecht und die VOB viele Möglichkeiten, die Auftraggeber entweder gar nicht kennen oder aber scheuen. Schaut man beispielsweise in § 16d VOB/A, kann man nachlesen, was alles an Zuschlagskriterien möglich wäre. Zuschlagskriterien können neben dem Preis oder den Kosten insbesondere sein: Qualität einschließlich des technischen Werts, Ästhetik, Zweckmäßigkeit, Zugänglichkeit, »Design für alle«, soziale, umweltbezogene und innovative Eigenschaften, Organisation, Qualifikation und Erfahrung des mit der Ausführung des Auftrags betrauten Personals, wenn die Qualität des eingesetzten Personals erheblichen Einfluss auf das Niveau der Auftragsausführung haben kann, Kundendienst und technische Hilfe sowie Ausführungsfrist. Die Zuschlagskriterien – und da wird es für die Auftraggeber eben ein Stück weit anspruchsvoller bei der Formulierung der Vorgaben – müssen mit dem Auftragsgegenstand in Verbindung stehen und ausreichend konkret beschrieben sein, damit hinterher bei der Wertung der Angebote jede Willkür ausgeschlossen ist. Eine weitere Möglichkeit sind in meinen Augen Nebenangebote, die ein Auftraggeber jederzeit zulassen kann. Für mich sind Nebenangebote nach wie vor ein Schmankehl bei öffentlichen Vergabeverfahren. Und Schmankehl sollte man bekanntlich nicht links liegen lassen.

**Böhmer: Gerade vor dem Hintergrund von großen Infrastrukturprojekten, die europaweit ausgeschrieben werden (müssen) und von Ländern, Bund oder der EU gefördert werden, haben kleine oder mittelständische, ortsansässige oder regionale Unternehmen oft keine Chance, berücksichtigt zu werden, obwohl ihre Kenntnis der Randbedingungen und der regionale Bezug ein qualitativer Vorteil sein könnte. Welche Möglichkeiten sehen Sie hier?**

Dass ein Bieter einen Wettbewerbsvorteil erlangt, weil er ortsansässig oder regional ist, sehe ich aktuell bei großen Projekten tatsächlich nicht. Da ist das Vergaberecht zu klar und starr: Bieter müssen gleich behandelt werden. Das heißt: Der Portugiese hat die gleiche Chance wie ein Bieter vor Ort, selbst wenn man weiß, dass Letzterer Arbeitsplätze schafft, Gewerbesteuer zahlt und, sollte ein Gewährleistungsproblem auftreten, sofort greifbar wäre. Dass nur regionale Bieter im Zirkel der Aspiranten für einen Auftrag sind, geht nur bei kleineren Verfahren, die beschränkt vergeben werden dürfen. Aber da ist es übrigens auch manchmal in der Praxis recht seltsam: Ich sitze als gewählter Stadtrat im Bau- und Umweltausschuss der Stadt Schrobenuhausen – und wenn wir da in zulässigen Fällen beschränkt ausschreiben und zehn lokale Firmen anschreiben, kriegen wir manchmal gerade mal ein oder zwei Angebote. Der Rest beschwert sich zwar über die europarechtlichen Regelungen, bietet dann aber nicht an, wenn die Möglichkeit dazu mit doch guten Erfolgsaussichten bestünden. Sonst können sich die kleinen und mittleren Unternehmen aber durchaus aus der Masse herausheben – auch bei größeren Bauvorhaben. Wenn der Auftraggeber es richtig macht und die Vorschriften einhält, dann muss er die Leistung in Teil- und Fachlose aufteilen, um dem Mittelstand die Teilnahme zu ermöglichen. Das passiert manchmal nicht, weil sich der Auftraggeber Arbeit sparen möchte und gegen das Gesetz an einen Generalunternehmer (GU) vergibt. Hier würde eine Vergaberügelung eines Mittelständlers helfen, der sich die Ausschrei-

bung herunterlädt und merkt, dass er faktisch außen vor bleibt, weil der Auftraggeber unerlaubt nur einen GU sucht. Wenn ordnungsgemäß nach Teil- und Fachlosen vergeben wird, sind die Pakete regelmäßig so dimensioniert, dass ein Mittelständler auch anbieten und mithalten kann. Der hat manchmal übrigens sogar bessere Chancen, preisgünstiger anbieten zu können, weil er nicht so viele Kosten für den »Wasserkopf« hat, die ein größeres Unternehmen meist hat. Und eine gute Möglichkeit, seine Chancen außerhalb des reinen Preisangebots zu erhöhen, ergibt sich genau aus dem, über das wir gerade gesprochen haben: über ein Nebenangebot. In vielen Fällen hat ein Mittelständler ein eigenes, raffiniertes Verfahren erfunden, mit dem er bestimmte Leistungen mit weniger Aufwand, schneller, rationeller und damit preisgünstiger anbieten kann.

**Böhmer: Bietet das Vergaberecht genügend Optionen für die Entscheider?**

Ja, wenn sie die nutzen würden, durchaus. Es gibt ja durchaus Mittel und Wege, wie man Vergabeverfahren anpassen und gestalten kann. Auch in Sachen Wertungskriterien gibt das Vergaberecht einem öffentlichen Auftraggeber viele Möglichkeiten, wie er gezielt steuern kann. Leider ist es so, dass in den meisten Fällen die Auftraggeber nur den altergebrachten Standardweg gehen – offenes bzw. öffentliches Verfahren, Nebenangebote nicht zugelassen, einziges Zuschlagskriterium: günstigster Preis. Als Auftraggeber hat man mit dieser Variante am wenigsten Arbeit und ist am wenigsten angreifbar. Das liegt daran, dass fantasievollere Wertungskriterien eben auch schwerer zu beschreiben sind. Wertungskriterien müssen in den Vergabeunterlagen ja unmissverständlich dargestellt sein und das gelingt bei Kriterien wie »nachhaltig« oder »innovativ« naturgemäß nur ansatzweise. Also kann ein Bieter in einem solchen Fall dazwischen »grätschen« und beispielsweise durch ein Nachprüfungsverfahren die

Vergabe über Monate lahmlegen. Das ist freilich für den Auftraggeber ein unguter Zustand. Wer »simpel« ausschreibt, bekommt jedoch oft nicht das optimale Angebot. Das preisgünstigste Angebot ist dann leider auch das billigste.

**Böhmer: Die Auswertung der Schadendaten, die das Institut für Bauforschung e.V. (IFB) zweijährlich im Tiefbau- und Infrastrukturbereich vornimmt, zeigt, dass die Schäden mit steigenden Schadenkosten unverändert hoch im Bereich der Bauausführung sind – insbesondere bei der Bedienung von Maschinen. Und das, obwohl die Digitalisierung im Tiefbau massiv Einzug hält. Moderne Baugeräte, digitale Hilfsmittel bei der Überwachung, digitale Kommunikationsmechanismen und -routinen sollen beim Erreichen des mangelfreien Bauergebnisses unterstützen. Müssen wir diesbezüglich die »Schuldfrage« beim Entstehen von Mängeln und Schäden neu betrachten? Sind nicht mehr der Baggerfahrer und/oder der Bauleiter (allein) verantwortlich?**

Das ist eine interessante Fragestellung. Man muss da ein Stück weit tiefer in die Juristerei einsteigen: Wenn es um die Mängelhaftung geht, also darum, wer einen Mangel verursacht hat, geht es letztlich nicht um die Frage, ob es nun der Bagger, dessen Elektronik oder der Baggerführer war, der den Mangel verursacht hat. Da geht es um die Frage, ob der Auftragnehmer – also die Gesamtheit, die Baufirma an sich – eine ordnungsgemäße Leistung abgeliefert hat oder nicht. Wenn die Elektronik eines Bohrgeräts versagt und das Bohrloch damit vom Vertrag abweicht, ist die Baufirma genauso in der Mängelhaftung, wie wenn der Baugeräteführer das Gerät fehlerhaft bedient. Schwieriger wird es, wenn es strafrechtlich relevant wird – wenn beispielsweise ein solches Bohrgerät auf eine Fliegerbombe stößt, die detoniert und Sachschaden entsteht – hoffentlich nicht auch noch – wie der Jurist immer so unpassend formuliert – Personenschaden. Dann geht es wirklich darum, wer persönlich dafür verantwort-

lich ist. Das kann dann der Baugeräteführer sein, der Polier oder der Bauleiter – oder mehrere Personen. Die Staatsanwaltschaft wird künftig noch mehr als bis jetzt Gutachter einschalten müssen, die herausfinden, was genau falsch gelaufen ist. Wenn dann herauskommt, dass die Technik die Ursache war, geht die rechtliche Prüfung weiter: Hat der Baggerfahrer die entsprechend vorgeschriebenen Checks gemacht, hätte er merken müssen, dass die Elektronik nicht korrekt funktioniert oder durfte er darauf vertrauen, dass alles passt? Diese Fragen werden immer mehr eine Rolle spielen, wenn die strafrechtlich nötige Prüfung erfolgt, wer sich fahrlässig oder vorsätzlich verhalten hat. Das ist nämlich nötig, damit eine Strafbarkeit entsteht.

**Böhmer: Richten wir den Blick auf die zunehmende Digitalisierung im Bauprozess. Wie verhält es sich mit den Daten, dem Datenschutz? Also das Thema Cyberkriminalität auf der Baustelle.**

Je mehr wir digitalisieren, desto mehr holen wir uns diese Themen an Bord. Je mehr Daten, desto mehr Risiko, dass jemand von außen angreift, stört oder Daten abgreift. Da helfen nur entsprechende Schutzsysteme, die leider manchmal in der Praxis etwas »unter die Räder« kommen, weil sie Geld kosten. Das Thema Cyberkriminalität kommt Vielen erst zu Bewusstsein, wenn sie davon betroffen sind und ihr Betrieb möglicherweise über Wochen nicht arbeiten kann. Dann merken sie, dass sie Schutzvorkehrungen hätten treffen sollen. Da hilft nur der Appell: Wer in Digitalisierung investiert, was auch auf Baustellen nötig und unabdingbar ist, muss parallel auch genauso in entsprechende Schutzvorkehrungen investieren, um sich gegen Cyberkriminalität zu wappnen. Und was den Datenschutz angeht, gilt nichts anderes: Hier braucht es entsprechende Schulungen für die Mitarbeiter, damit sie sicher wissen, was sie dürfen und was nicht. Da darf man seine Belegschaft nicht in der Luft hängen lassen, da muss der Chef entsprechend liefern.

**Böhmer: Ein Blick in den (notwendigen und politisch geplanten) Ausbau der Kommunikationsnetze: Der Breitbandausbau erfordert in kürzester Zeit das Verlegen moderner Glasfaserkabel in überwiegend dicht bebautem Gebiet mit einer gebauten über- und unterirdischen Infrastruktur. Mit ein wenig Sorge bezüglich der Bauqualität blicken wir hier auf die Bereiche Fachkompetenz, Verlegearten, Zeit- und Kostendruck. Bekommen neue Bauverfahren eine wirkliche Chance, auch vor dem Hintergrund der dauerhaften Funktionssicherheit? Und was ist, wenn sie nicht halten, was sie versprechen?**

Zeitdruck war noch nie ein guter Begleiter von Bauleistungen, das ist ein Erfahrungswert. Je mehr es pressiert, desto mehr Sorgfalt bleibt auf der Strecke. Und das betrifft nicht nur die unmittelbare Ausführung von zum Beispiel der Herstellung von Kabel- und Leitungsgräben, sondern schon die Vorbereitung. Die Information, wo in dem Baubereich bereits Leitungen verschiedener Sparten liegen sowie die Abstimmung mit den potenziellen Spartenträgern braucht Zeit, die man dann oft nicht hat. Also erfolgt die Erkundung halbherzig – und ehe man es sich versieht, hat man eine Gasleitung abgerissen oder eine Datenleitung mit dem Bagger gekappt. Der Fachkräftemangel tut ein Übriges dazu. Baufirmen müssen immer mehr Leute beschäftigen, die nicht die nötige Erfahrung haben. Was die Verlegearten angeht: Das ist in der Praxis eher ein Zufallsprodukt, inwieweit neue Bauverfahren zum Einsatz kommen. Da kommt es darauf an, wie findig, kreativ und innovativ die einzelnen Firmen sind. Wenn eine Firma sich weiterentwickelt, arbeitet sie Aufträge mit moderneren Verfahren ab. Wenn nicht, gräbt sie noch in 20 Jahren so wie vor 20 Jahren. Die Auftraggeber schreiben letztlich eine Leistung aus – es muss ein Kabel oder eine Leitung von A nach B verlegt werden. Wie die Baufirma das macht, ist dem Auftraggeber egal. Innovation ist also in erster Linie Aufgabe der Baufirmen. Insoweit sehe ich im Bereich der Verlegung von Breitbandkabeln durchaus Probleme auf uns zukommen. Der Boden wird ja immer voller,

was das Risiko, dass bereits vorhandene Leitungen beschädigt werden, noch mehr erhöht.

**Böhmer: Können Sie unseren Lesern einen abschließenden Ausblick geben in Bezug auf (zukünftige) juristische Möglichkeiten, die vereinbarte Qualität und damit Versorgungssicherheit trotz der hohen Risiken sicherzustellen?**

Die juristischen Werkzeuge dafür gibt es bereits, da brauchen wir das Rad nicht neu zu erfinden. Das A und O ist immer noch ein vernünftiger Vertrag. Der Auftraggeber hat daraus Mängelansprüche und Schadenersatzansprüche, wenn etwas schiefgeht. Insoweit ist zumindest sichergestellt, dass der Auftraggeber am Ende das bekommt, was er bestellt hat. Aber das sollte nicht die Standardvorgehensweise sein, nur kurativ hinterher die Scherben zusammenzukehren. Eigentlich sollte idealerweise bereits viel früher beginnen, was am Ende zu einem vernünftigen Ziel führt: Kooperation und diese bereits präventiv. Der Auftraggeber darf sich nicht einfach aus der Nummer herausziehen, indem er die ganze Verantwortung auf die Baufirma abzuwälzen versucht. Die Verlegung von Leitungen ist Partnerwerk. Der Auftraggeber muss seinen Part gewissenhaft erledigen und erkunden, wo bereits Bestandsleitungen liegen. Die Mentalität, alle Verantwortung vertraglich auf den Bauunternehmer abwälzen zu wollen, tut nicht gut. Das ist zu kurzfristig gedacht. Irgendwann kann der Bauunternehmer das nicht mehr leisten, weil er schlichtweg überfordert ist. Leider springt auch die Rechtsprechung in Deutschland immer wieder und immer mehr auf diesen Zug auf und schießt auf die Baufirmen, wenn etwas schiefgegangen ist. Da würde es durchaus helfen, wenn die Auftraggeber auch schon deshalb mehr Sorgfalt an den Tag legten; wenn sie wüssten, dass sie vor Gericht mit dieser Strategie auch nicht ständig durchkommen.

**Böhmer: Vielen Dank für das informative Interview!**

## 2.2 Überbauung von Leitungen

### INTERVIEW – HEIKO GITTINGER, MARKUS HEINRICH



Heiko Gittinger



Markus Heinrich

Beim Breitbandausbau in Deutschland kommt es immer wieder vor, dass bestehende Infrastrukturen, wie Gas oder Stromleitungen, durch Breitbandtrassen überbaut werden. Bisheriger Standard bei der Verlegung von Leitungen war die parallele Anordnung mit einer Überdeckung von circa 60 Zentimetern. Jede Leitung war im Störfall oder bei einer Erneuerung von oben zugänglich. Wichtig dabei ist auch ein seitlicher Abstand, um gegenseitige Beeinflussungen, zum Beispiel bei einem Kurzschluss oder Montagetätigkeiten, zu vermeiden.

Die Praxis zeigt, dass Breitbandleitungen immer häufiger in einer geringeren Tiefe verlegt und bestehende Leitungstrassen überbaut werden.

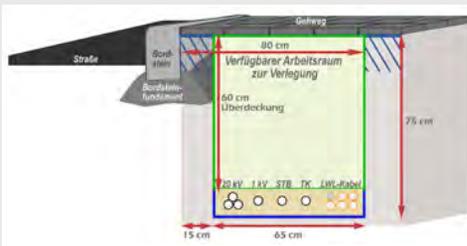


Abb. 01: Verfügbarer bisheriger Verlegestandard von Leitungen [Quelle: VST]

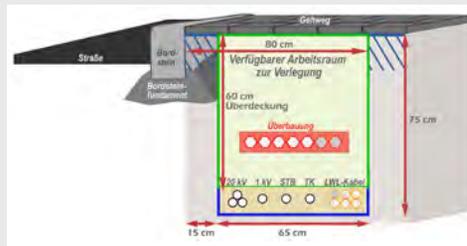


Abb. 02: Schema einer verfügbaren Überbauung von Trassen [Quelle: VST]

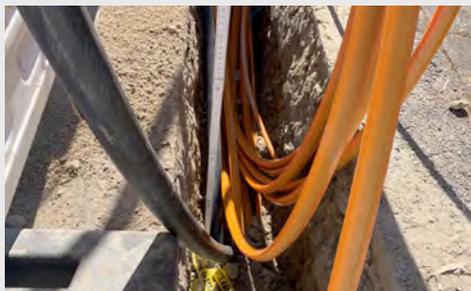


Abb. 03: Überbaute Stromtrasse in der Praxis [Quelle: Netze BW GmbH]



Abb. 04: Überbaute Stromtrasse in der Praxis [Quelle: Netze BW GmbH]

**Gittinger: Ist so eine Überbauung von Leitungen überhaupt zulässig? Kann man die Überbauung zurückbauen lassen? Welche Rolle spielt die DIN 1998 »Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen«?**

Heinrich: Ein explizites Verbot zur Überbauung von Leitungen findet sich zwar in der deutschen Gesetzgebung nicht. Allerdings sind gemäß § 132 Abs. 1 Telekommunikationsgesetz (TKG) Telekommunikationslinien so auszuführen, dass sie vorhandene besondere Anlagen (der Wegeunterhaltung dienende Einrichtungen, Kanalisations-, Wasser-, Gasleitungen, Schienenbahnen, elektrische Anlagen und dergleichen) nicht störend beeinflussen. Bei der Beantwortung der Frage, wann eine störende Beeinflussung vorliegt, ist der aktuelle Stand der Technik zu beachten. Hier sieht die DIN 1998 »Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen« vor, dass eine Überbauung grundsätzlich unzulässig ist; es sei denn, der Netzbetreiber stimmt zu. Dort heißt es in Ziff. 1: »Für bestehende Leitungen gilt der Bestandsschutz.« Und in Ziff. 4.1: »Es sind Koordinierungsgespräche mit allen Beteiligten in der Planungs- und Bauphase durchzuführen. Eine spartenfremde Verlegung von anderen Leitungen und Anlagen oberhalb vorhandener Leitungen ist **im Ausnahmefall** im Vorfeld mit dem betroffenen Sparten-Betreiber und Straßenbaulastträger **einvernehmlich und schriftlich zu vereinbaren**.«

Hinzu tritt nunmehr die aktuelle DIN 18220 »Trenching-, Fräs- und Pflugverfahren zur Legung von Leerrohrinfrastrukturen und Glasfaserkabeln für Telekommunikationsnetze«, die bislang nur im Entwurf vorliegt und voraussichtlich ebenfalls den Überbau von Versorgungsinfrastruktur durch Telekommunikations-Leitungen thematisieren wird. In der Entwurfsfassung heißt es hierzu allerdings bislang nur sinngemäß, dass ein Überbau nach Möglichkeit zu vermeiden ist. Findet der Telekommunikations-Betreiber eine stichhaltige technische oder gegebenenfalls wirtschaftliche Begründung, die den Überbau rechtfertigt, könnte dieser möglicherweise eine Haftung umgehen. Würde die Formulierung zum Beispiel lauten: »Eine Überbauung von Bestandsleitungen ist unzulässig«, bestünde dieses Problem nicht.

DIN-Vorschriften stellen anerkannte Regeln der Technik dar. Die Nichteinhaltung solcher Vorschriften, die dem Schutz eines anderen dienen und aus deren Nichtbeachtung auch tatsächlich eine Gefahr für Rechtsgüter dieses anderen entsteht, führen zu Beseitigungs- und Unterlassungsansprüchen gemäß § 1004 Abs.1 des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB). Sie stellen insoweit eine »Störung« des anderen dar, die zu »unterlassen« und zu »beseitigen« ist. Das bedeutet im Einzelnen:

1. Der Netzbetreiber kann vom Telekommunikations-Netzbetreiber verlangen, dass dieser nicht mit der Überbauung beginnt, sofern er nicht zugestimmt

hat. Weist der Telekommunikations-Netzbetreiber das entsprechende Ansinnen des Netzbetreibers zurück bzw. beginnt einfach mit der Überbauung, so kann der Netzbetreiber eine einstweilige Verfügung über das zuständige Gericht erwirken (der sogenannte »Eilrechtsschutz«) mit dem Ergebnis, dass ein Gerichtsvollzieher die Baustelle stilllegt. Ob ein Gericht allerdings tatsächlich eine entsprechende Entscheidung im Eilverfahren fällen würde, ist unklar. Es existieren bislang keine Präzedenzfälle vor deutschen Gerichten. Man könnte insoweit vertreten, der einstweilige Rechtsschutz biete keine Möglichkeit, da keine Dringlichkeit vorliege, da erst bei einer Störung eine Behinderung bestehe und ein Schaden somit erst zu einem unbestimmbareren späteren Zeitpunkt eintreten könnte. Allerdings kann ein Schaden an Versorgungsnetzen jederzeit eintreten und die Telekommunikations-Infrastruktur ist zweifelsohne bei einer Schadenbeseitigung im Weg, was im Ergebnis zu einer erheblichen Verzögerung von Arbeiten an den für die Aufrechterhaltung des täglichen Lebens unerlässlichen Versorgungsnetzen führt. Auch in Bedrohungssituationen kann eine einstweilige Verfügung bei drohenden Schäden großen Ausmaßes das statthafte Rechtsmittel sein.

2. Der Netzbetreiber kann von dem Telekommunikations-Netzbetreiber auch bezüglich bereits verlegter Leitungen verlangen, dass diese zurückgebaut werden. Weigert sich der Telekommunikations-Netzbetreiber, so könnte auch dieser Anspruch unter Umständen im Wege des Eilrechtsschutzes gerichtlich durchgesetzt werden, wobei auch hier wie auch unter Ziff. 1. erläutert, keine Präzedenzfälle vor deutschen Gerichten existieren.
3. Es ist insoweit fraglich, ob der Netzbetreiber die Telekommunikations-Infrastruktur auch selbst zurückbauen kann. Dies ist nur unter den Voraussetzungen von § 859 BGB, der sogenannten Besitzwehr, möglich. Demnach kann sich der Besitzer notfalls mit Gewalt, wozu auch eine Beschädigung

fremden Eigentums zählt, gegen verbotene Eigenmacht eines anderen zur Wehr setzen. Unter verbotener Eigenmacht versteht man eine widerrechtliche Besitzstörung oder Besitzentziehung. Werden Leitungen entgegen den anerkannten Regeln der Technik (DIN 1998 und der kommenden DIN 18220) überbaut, so lässt sich mit guter Begründung vertreten, dass hierin eben eine solche widerrechtliche Besitzstörung an diesen zu sehen ist.

Die Rechtfertigung für die tatsächliche Durchführung der Besitzwehr – also die eigenmächtige Beseitigung der Fremdleitungen – unterliegt allerdings einer wichtigen Voraussetzung, die gegeben sein muss: Die Besitzwehr muss im Rahmen des Notwendigen und Gebotenen erfolgen. Einer Güterabwägung bedarf es aber grundsätzlich nicht, sondern es kommt nur darauf an, dass der Gegenseite keine unverhältnismäßig großen Nachteile zugefügt werden, die durch die Wahl anderer, ebenso zur Abwehr geeigneter Maßnahmen hätten vermieden werden können (vgl. BGH NJW 1967, 46; BGHZ 181, 233 Rn. 16 = NJW 2009, 2530; OLG Dresden NJOZ 2020, 1115 Rn. 4 f.; Erman/Elzer Rn. 1; Staudinger/Gutzeit, 2018, Rn. 9, mit weiteren Nachweisen).

Hierbei sind demnach auch die Interessen des von der Besitzwehr Betroffenen, also des störenden Telekommunikations-Netzbetreibers, zu beachten. Eine plötzliche Durchtrennung der Telekommunikations-Leitungen kann für den Telekommunikations-Netzbetreiber, aber auch Dritte kostspielige Folgen insbesondere in Form von Betriebsausfällen angeschlossener Kunden haben. Daher gilt: Der Netzbetreiber muss den Telekommunikations-Netzbetreiber grundsätzlich vor eigenen Maßnahmen in Kenntnis setzen und ihm unter Fristsetzung dazu auffordern, seine Leitungen zu sichern/zu beseitigen und im Weigerungsfalle den Gerichtsweg beschreiten. Nur in absoluten Eilfällen, wie zum Beispiel Havarien, ist der Netzbetreiber dazu berechtigt, die Telekommunikations-Infrastruktur selbst zu

beseitigen. Wegen des allgemeinen Verhältnismäßigkeitsvorbehalts der Verteidigungsrechte darf eine störende Sache ferner nicht zerstört werden, wenn man sie auch beiseiteschaffen kann (RGSt 34, 249 (251); Staudinger/Gutzeit, 2018, Rn. 8); sofern im Ausnahmefall technisch möglich, ist die Telekommunikations-Leitung also nicht zu durchtrennen. Hält sich der Netzbetreiber nicht an oben genannte Grundsätze, wird sein Verhalten eigene Schadensersatzansprüche des Telekommunikations-Netzbetreibers auslösen.

#### Gittinger: Gibt es eine Pflicht zur Abstimmung gegenüber dem vorhandenen Netzbetreiber?

Heinrich: Hierzu gibt es lediglich eine gesetzliche Verpflichtung bei gemeinsamen Baumaßnahmen oder Mitnutzung von Infrastruktur durch Telekommunikations-Netzbetreiber. Eine generelle gesetzliche Verpflichtung zu Abstimmung bei Überbauungen gibt es nicht. Auch hier findet sich indes eine Regelung in der DIN 1998. Wie gesagt heißt es unter anderem in Ziff. 4.1 »Es sind Koordinierungsgespräche mit allen Beteiligten in der Planungs- und Bauphase durchzuführen.« Ferner ist es nach allgemeiner Auffassung möglich, eine solche Verpflichtung in die Leitungsschutzanweisung des Netzbetreibers aufzunehmen. Im Gashochdruckbereich ist dies sogar zwingend erforderlich. Allerdings handelt es sich hierbei grundsätzlich um keine einklagbare Pflicht, nur im Schadenfall lässt sich gegebenenfalls hieraus eine haftungsbegründende Pflichtverletzung begründen. Ferner ist es der Kommune möglich, eine entsprechende Verpflichtung als Nebenbestimmung in der Zustimmung gemäß § 127 TKG (umgangssprachlich auch »Aufbruchgenehmigung« genannt) vorzusehen. Diese Verpflichtung wäre dann allerdings durch die Kommune durchzusetzen, der Netzbetreiber kann hieraus keine eigenen Ansprüche herleiten.

#### Gittinger: Ist eine geringere Verlegetiefe zulässig?

Heinrich: Zwar legt die DIN 1998 auch Rahmenbedingungen für Verlegetiefen fest. Insoweit ist allerdings der eindeutige Wortlaut des Gesetzes vorrangig. In § 127 Abs. 7 TKG heißt es: »Dem Träger der Straßenbaulast ist mitzuteilen, ob Glasfaserleitungen oder Leerrohrsysteme, die der Aufnahme von Glasfaserleitungen dienen, in geringerer als der nach den anerkannten Regeln der Technik vorgesehenen Verlegetiefe, wie zum Beispiel im Wege des Micro- oder Minitrenchings, verlegt werden (mindertiefe Verlegung). Eine mindertiefe Verlegung darf erfolgen, wenn der Antragsteller die durch eine mögliche wesentliche Beeinträchtigung des Schutzniveaus entstehenden Kosten oder den etwaig höheren Erhaltungsaufwand übernimmt.« Geringere Verlegetiefen sind demnach uneingeschränkt zulässig, es herrscht lediglich eine Mitteilungspflicht und eine Pflicht zur Übernahme etwaiger Folgekosten der jeweiligen Verlegemethode bei Dritten. Aus dieser Verlegepraxis entstehen Probleme; so können zum Beispiel größere Muffenlöcher und Handaushub zu Mehraufwendungen führen.

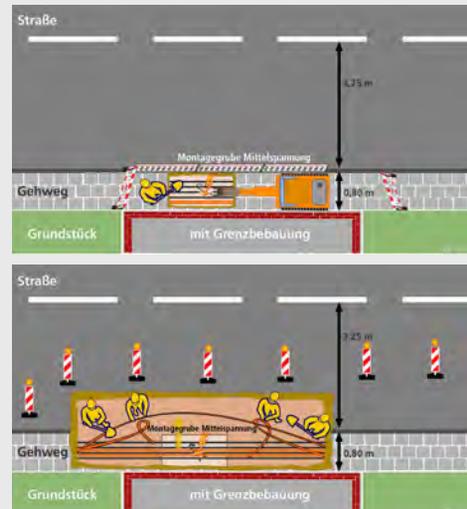


Abb. 05: Montagegrube mit und ohne Überbauung [Quelle: VST]

**Gittinger: Wer kommt für die Mehraufwendungen auf? Dürfen die Telekommunikations-Kabel im Störfall entfernt werden? Wer trägt die Folgekosten? Ist die rasche Wiederversorgung wichtiger als die Telekommunikations-Leitungen?**

Heinrich: Im Störfall müssen Strom- und Gasleitungen so rasch wie möglich aufgegraben und repariert werden. Aufgrund der Vielzahl von neuen Telekommunikations-Netzbetreibern ist es im Störfall kaum möglich, eine Leitungsauskunft zu erhalten. Auch hier gilt das bereits im Rahmen der ersten Antwort angesprochene Prioritätsprinzip aus § 132 Abs. 1 TKG, wonach Telekommunikationslinien so auszuführen sind, dass sie vorhandene besondere Anlagen (der Wegeunterhaltung dienende Einrichtungen, Kanalisations-, Wasser-, Gasleitungen, Schienenbahnen, elektrische Anlagen und dergleichen) nicht störend beeinflussen. Unter den der betreffenden Antwort angesprochenen Voraussetzungen ist sogar eine Beseitigung der Telekommunikations-Linien möglich, und zwar darüber hinaus wenigstens dann auf Kosten des Telekommunikations-Netzbetreibers, sofern der Netzbetreiber der Überbauung seiner Anlagen nicht ursprünglich zugestimmt hatte. Erfasst sind hierbei die Kosten für die Wiederherstellung der Leitungen des Telekommunikations-Netzbetreibers sowie der Betriebsausfallschaden, den der Telekommunikations-Netzbetreiber selbst zu tragen hat, und darüber hinaus auch die Mehrkosten des Netzbetreibers, die bei der Bau-/Reparaturmaßnahme aus erhöhten Aufwänden entstehen. Ferner sind sonstige Mehraufwendungen, die durch Überbauungen im (normalen) Netzbetrieb entstehen, dem Netzbetreiber durch den Telekommunikations-Netzbetreiber vollumfänglich zu erstatten.

**Gittinger: Wer haftet für Folgeschäden an Straßen und Gehwegen?**

Heinrich: Eine normgerechte Wiederherstellung der Oberfläche nach einer Aufgrabung ist durch die Überbauung praktisch nicht möglich, da eine lageweise Verdichtung des Erdreichs ausgeschlossen ist. Des-

halb ist zu erwarten, dass an öffentlichen Straßen Folgeschäden durch Setzungen entstehen.

Für die Folgeschäden durch Setzungen haftet vollumfassend der Telekommunikations-Netzbetreiber. In § 129 Abs. 2 TKG heißt es: »Wird die Unterhaltung erschwert, so hat der Nutzungsberechtigte dem Unterhaltungspflichtigen die aus der Erschwerung erwachsenden Kosten zu ersetzen.« In § 129 Abs. 3 heißt es: »Nach Beendigung der Arbeiten an den Telekommunikationslinien hat der Nutzungsberechtigte den Verkehrsweg unverzüglich wieder instand zu setzen, sofern nicht der Unterhaltungspflichtige erklärt hat, die Instandsetzung selbst vornehmen zu wollen. Der Nutzungsberechtigte hat dem Unterhaltungspflichtigen die Auslagen für die von ihm vorgenommene Instandsetzung zu erstatten und den durch die Arbeiten an den Telekommunikationslinien entstandenen Schaden zu ersetzen.«

**Gittinger: Welche Rolle spielen die Kommunen? Sind Kommunen auskunftspflichtig, was Telekommunikations-Netzbetreiber angeht?**

Heinrich: Nein, eine Auskunftspflicht der Kommune bezüglich jeglicher Leitungsinfrastruktur inklusive derer der Telekommunikations-Netzbetreiber existiert nicht, mit Ausnahme bezüglich eigener Leitungen (häufig Straßenbeleuchtung und/oder Abwasser). Entsprechende Auskünfte sind gemäß ständiger Rechtsprechung und technischem Regelwerk beim Netzbetreiber selbst oder einem Dienstleister, den dieser vertraglich mit der Auskunftserteilung beauftragt hat, einzuholen.

Zwar führen Kommunen selbst regelmäßig sogenannte TÖB-Listen (Listen Träger öffentlicher Belange). Allerdings besteht kein Rechtsanspruch auf Herausgabe und diese sind darüber hinaus regelmäßig nicht aktuell/vollständig oder überhaupt nicht vorhanden.

**Gittinger: Darf eine Kommune eigenmächtig Regeln aufstellen, wie zum Beispiel ein Verbot von Mindertiefen oder bestimmter Bauverfahren (zum Beispiel Trenching)?**

Heinrich: Der Träger der Straßenbaulast kann im Rahmen der bereits angesprochenen Möglichkeit zum Erlass von Nebenbestimmungen eine mindertiefe Verlegung kaum regeln/einschränken. In § 127 Abs. 8 TKG heißt es: »Soweit keine anerkannten Regeln der Technik für die mindertiefe Verlegung oder Errichtungs- und Anbindungskonzepte für drahtlose Zugangspunkte mit geringer Reichweite bestehen, und der Wegebaulastträger von den Angaben des Antragsstellers abweichende Vorgaben zur Art und Weise der Errichtung bei der mindertiefen Verlegung oder bei der Errichtung und Anbindung drahtloser Zugangspunkte mit geringer Reichweite macht, **müssen diese aus Gründen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung notwendig sein.**« Diese »Notwendigkeit aus Gründen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung« besteht nicht bereits dann, wenn Schäden an der Straßensubstanz zu erwarten sind, zum Beispiel durch die bereits angesprochenen Folgeschäden durch Setzungen. Insoweit geht das Gesetz eindeutig von einem »Dulde und liquidiere«-Ansatz aus, die Kommune hat diese Schäden zu akzeptieren, kann aber im Nachgang Schadenersatz verlangen (§ 129 Abs. 2 TKG).

Allerdings ist es der Kommune möglich, vertraglich mit dem Telekommunikations-Netzbetreiber festzulegen, in welcher Weise der Ausbau durchgeführt wird. Hier können dann auch konkrete Methoden des Netzausbaus festgeschrieben oder wenigstens in bestimmten Bereichen untersagt werden. Häufig lassen sich Telekommunikations-Netzbetreiber auf solche Vereinbarungen ein, da sie im Gegenzug an anderer Stelle auf Erleichterungen hoffen. Teils gibt es insoweit auch Rahmenvereinbarungen von Gebietskörperschaften mit (größeren) Telekommunikations-Netzbetreibern.

**Gittinger: Darf eine Kommune eine Aufgrabgenehmigung erteilen, die zu einer Überbauung führt? Haftet sie für die Folgen?**

Heinrich: Die Kommune unterliegt im Rahmen der Zustimmung gemäß § 127 TKG keiner Prüfpflicht dahingehend, ob und inwieweit es zu einer Überbauung der Infrastruktur Dritter kommt. Hierfür ergeben sich weder aus dem Gesetz noch technischem Regelwerk jedwede Anknüpfungspunkte. Da keine Pflicht verletzt wird, fehlt es bereits an einem Anknüpfungspunkt für etwaige Schadenersatzansprüche. Insbesondere auch die bereits erläuterte Pflicht gemäß § 132 Abs. 1 TKG (Telekommunikationslinien sind so auszuführen, dass sie vorhandene besondere Anlagen (der Wegeunterhaltung dienende Einrichtungen, Kanalisations-, Wasser-, Gasleitungen, Schienenbahnen, elektrische Anlagen und dergleichen) nicht störend beeinflussen, ist ausschließlich eine Pflicht, die den Netzbetreiber trifft und nicht die Gemeinde.

**Gittinger: Welche Rolle spielt der Konzessionsvertrag?**

Heinrich: In einem Konzessionsvertrag könnte sich die Kommune gegenüber dem Netzbetreiber verpflichten, Leitungsbaumaßnahmen im Bereich der Leitungen der Konzessionärin nur unter bestimmten Bedingungen zuzulassen. Zum Beispiel könnten sich die Parteien darauf einigen, dass die Kommune prüft und dafür Sorge trägt, dass (spartenfremder) Überbau nicht stattfindet. Problematisch ist in diesem Zusammenhang indes, dass Verträge immer nur zwischen den Vertragspartnern gelten. Den Telekommunikations-Netzbetreiber interessieren entsprechende Regelungen wenig. Allerdings könnte auf diesem Weg eine Haftung der Kommune gegenüber dem Netzbetreiber begründet werden, sollte diese Überbau durch den Telekommunikations-Netzbetreiber zulassen. Das heißt aber nicht, dass sich die Kommune auch bei Fehlen einer solchen ausdrücklichen Regelung einem Schadenersatzanspruch des Netzbetreibers gemäß § 280 Abs. 1 BGB ausgesetzt sieht.

Und zwar egal, ob es sich um einen Konzessionsvertrag gemäß § 46 Abs. 2 EnWG oder aber um einen »einfachen« Wegenutzungsvertrag gemäß § 46 Abs. 1 EnWG handelt. Die Kommune trifft keine Nebenpflicht aus dem Konzessions-/Wegenutzungsvertrag in Form einer Obhutspflicht für erdverlegte Infrastruktur des

ihre Straßen und Wege nutzenden Netzbetreibers und muss aus diesem Grunde auch Überbauungen nicht verhindern. Der Gesetzgeber hat der Kommune in den ansonsten recht detaillierten Regelungen im Rahmen von § 127 TKG bewusst keine derartigen Pflichten auferlegt.

Heiko Gittinger studierte Bauingenieurwesen an der Universität Stuttgart sowie Netztechnik und Netzbetrieb Strom an der Hochschule Trier. Seit 2017 ist er Leiter im Oberen Management der Netze BW des Bereichs Netzentwicklung Mitte für die Gewerke Strom, Gas und Breitband. Der Bereich Netzentwicklung ist für die Netzberechnung, die Projektierung und den Bau bis zur Dokumentation der Infrastruktur zuständig, woraus sich unter anderem die Aufgabe der TSM-geprüften technischen Führungskraft nach G1000 und S1000 ergibt. Seit 2013 betreut er als Technischer Geschäftsführer die Gemeindewerke Plüderhausen GmbH. Darüber hinaus ist er seit 2012 als Mitglied des DVGW-Landesgruppenvorstand Baden-Württemberg tätig.

Markus Heinrich ist Partner bei Wolter Hoppenberg, einer bundesweit tätigen Kanzlei mit rund 70 Rechtsanwältinnen und Rechtsanwälten. Schwerpunkte seiner Arbeit sind energie- und infrastrukturechtliche Themen. Daneben ist er in Gremien zur Erarbeitung von Regelwerk und Rahmenbedingungen aktiv, unter anderem der WI5.4 »Cyber-Sicherheit« und der KEK10.5 »Lastmanagement und Interaktionen mit Energienetzen« der DWA sowie im Projektteam FLXsynErgy im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Ferner ist er als Dozent für verschiedene Studieninstitute und Verbände tätig. Im Nebenamt ist er 2. Vorstand der BIL eG und Justiziar des VST e.V.

## 2.3 Versicherungsbedarf von technisch innovativen Tiefbau- und Infrastrukturprojekten im sich ändernden Marktumfeld

### INTERVIEW – CHRISTIAN SCHATTENHOFER, ROLAND SCHEUERMEYER UND DETLEF SIPPTEL



Christian Schattenhofer



Roland M. Scheuermeyer



Detlef Sippel

**Christian Schattenhofer:** Zu unserem Interview begrüße ich Detlef Sippel, Geschäftsführer der HOCHTIEF Insurance Broking and Risk Management Solutions GmbH und Roland Scheuermeyer von der STRABAG Versicherungsvermittlung GmbH. Schön, dass Sie sich Zeit für dieses Interview nehmen. Herr Sippel und Herr Scheuermeyer, zu Beginn des Interviews wäre es schön, wenn Sie den Lesern kurz die Funktion in Ihren Unternehmen beschreiben und wie Ihr täglicher Alltag im Umgang mit Risiken aussieht.

Sippel: Guten Tag Herr Schattenhofer, vielen Dank für die Einladung zu diesem Gespräch. Als Versicherungsabteilung von HOCHTIEF sind wir für das versicherungsseitige Risk Management in Europa, Australien und den USA verantwortlich. Dies stellen wir durch eine Konzern-Versicherungsrichtlinie sicher, die unter anderem die Unterstützung unserer operativen Einheiten während einer Angebotserstellung regelt. Darüber hinaus nutzen wir unsere Gesellschaft HOCHTIEF Broking and Risk Management Solutions GmbH als Versicherungsmakler und sind mit unseren Tochtergesellschaften als Erst- und Rückversicherer aktiv. Ich bin als stellvertretender Leiter der Konzernabteilung einer der Geschäftsführer des Inhouse-

Maklers und Board-Mitglied der Erstversicherungsgesellschaft involviert.

Scheuermeyer: Die Strabag Versicherungsvermittlung GmbH, deren Geschäftsführer ich bin, ist der firmeneigene Inhouse Broker unseres Konzerns in Deutschland und betreut als Fachbereich alle versicherungsrelevanten Themen in Deutschland und unseren internationalen Märkten. Dies bedeutet, wir begleiten und beraten unsere Konzerneinheiten weltweit durch alle Phasen der Bauprojekte – von der Tender Phase, über die Risikoanalyse bis hin zur Ausschreibung von Versicherungsverträgen sowie während der Vertragslaufzeiten und begleiten alle Schäden.

**Schattenhofer:** Konzentrieren wir uns nun auf die Risiken, die im Umfeld der Tiefbau- und Infrastrukturprojekte entstehen, wie Sie diese managen und wie Sie das Angebot des Versicherungsmarktes dazu wahrnehmen. Starten wir zunächst mit dem Straßenbau. Von der Kreisstraße bis zu Autobahnlosen haben wir völlig unterschiedliche Anforderungen. Vielleicht beschreiben Sie einmal, wie Sie damit umgehen?

Scheuermeyer: Straßenbauprojekte sind in der Regel Streckenbaustellen. Dies bedeutet, dass sich diese Projekte über Kilometer ausdehnen können und daher ganz anderen Risiken als beispielsweise im Hochbau ausgesetzt werden. Einerseits ist der Totalschaden bei Straßenbauprojekten nahezu undenkbar. Andererseits können Straßenbauprojekte auf der gesamten Länge den unterschiedlichsten Risiken ausgesetzt sein, die sich in der Regel durch die geografische Lage begründen können, zum Beispiel Baustellen in Flussnähe, in Tal- oder Hanglage, oder weil die Baustellen nicht auf der gesamten Länge geschützt werden können und so eher durch Vandalismus oder Diebstahl gefährdet sind. Deshalb ist es bei diesen Projekten geboten, sich den geografischen, politischen, organisatorischen und vertraglichen Besonderheiten in der Risikoanalyse zu widmen, um Maßnahmen zur technischen Risikovermeidung zu entwickeln oder abschließend Versicherungsschutz und Versicherungswürdigkeit für Großschäden zu prüfen.

Sippel: Neben der Größe sowie der generellen Lage des Bauvorhabens ist es wichtig zu wissen, ob das Bauvorhaben durch eine Arbeitsgemeinschaft umgesetzt werden soll. Derartige Informationen erfassen wir im Vorfeld, sodass wir ein genaues Bild von den gesellschafts- und vertragsrechtlichen Regelungen und den zu versichernden Risiken bekommen. Wir prüfen, ob bereits vorhandene Versicherungslösungen in Form von Rahmenverträgen greifen oder ob ein separater Versicherungsschutz mit projektbezogenen Policen über den Versicherungsmarkt bereitgestellt werden soll. Das Angebot projektbezogener Versicherungen ist dabei nach meiner Wahrnehmung sehr stark von der Exponierung des Risikos abhängig. Komplexe Straßenbauvorhaben, bei denen mit gewissen Schäden zu rechnen ist, erfordern daher intensive Gespräche mit allen Beteiligten. Dies gilt beispielsweise bei der Verbreiterung einer Bundesstraße innerhalb eines Stadtteils.

**Schattenhofer: Gerade während der großen Hochwasserereignisse haben wir neben vielen zerstörten Häusern auch überflutete Straßen, beschädigte Kraftfahrzeuge und Baugeräte gesehen. Welche Folgen haben solche Schäden, vielleicht als primäre Schadenkosten, aber auch durch die fehlende Nutzbarkeit oder Ersatzbeschaffung?**

Sippel: Um Hochwasserschäden vorzubeugen, ist es auf gefährdeten Flächen durchaus üblich, im Vorfeld ein entsprechendes Schutzkonzept zu entwickeln. Besonders kritisch sind Schäden durch Starkregen, die einen im Vorfeld nicht kalkulierbaren Überschwemmungs- bzw. Hochwasserschaden verursachen können. Infolgedessen kann es dazu kommen, dass ein Bauvorhaben unterbrochen werden muss oder erst zu einem späteren Zeitpunkt fertiggestellt werden kann. Neben den primären Sachschäden an der Bauleistung, der Baustelleneinrichtung oder an den Geräten wird ein zusätzlicher wirtschaftlicher Schaden verursacht, der leider nur sehr schwer unter Versicherungsschutz zu stellen ist.

Scheuermeyer: Das Ahr-Hochwasser hat mit aller Deutlichkeit gezeigt, welches Schadenpotenzial Naturkatastrophen mit sich bringen können. Es wurde auch deutlich, dass Katastrophen häufig keinen ausreichenden zeitlichen Vorlauf haben, um hinreichende Schutzmaßnahmen zu ergreifen, wie zum Beispiel den Abtransport von Geräten in flutgesicherte Höhenlagen. Aus diesem Grund ist es ratsam, schon im Vorfeld Maßnahmen zu identifizieren und umzusetzen, die im Katastrophenfall auch dann wirksam sind, wenn keine Zeit mehr zum akuten Handeln bleibt. Darüber hinaus hat das Hochwasser gezeigt, dass durch zusammenbrechende Lieferketten und Nichtzugänglichkeit von Regionen der Wiederaufbau und die Reparaturarbeiten massiv behindert werden können. Im konkreten Fall hat die Bauwirtschaft durch schnelles Handeln geholfen, kritische Zufahrtsstraßen und Infrastrukturen schnell wieder nutzbar zu machen. Dieses Ereignis zeigt, wie viele weitere Schadenfälle auch, dass insbesondere Wasser die größten Schäden an Bauwerken verursacht.

**Schattenhofer: Nach der Einführung des Umweltschadengesetzes war der gemeine Feldhamster oder die Fledermaus das meistgenannte Tier in der Versicherungsdiskussion. Wie erleben Sie die Anforderungen der Auftraggeber oder des Umfeldes für Sie und Ihre Bau-tätigkeit?**

Sippel: Glücklicherweise hat sich in der Praxis herausgestellt, dass durch die individuelle und sehr sorgfältige Erörterung der Umweltsituation mit dem Auftraggeber und weiteren Experten mögliche Probleme im Vorfeld erkannt und gelöst werden können.

**Schattenhofer: Neben der Substanz, also der Autobahn selbst, sehen wir schon enorme Fortschritte in der Effizienz von Autobahnbaustellen. Fahrspuren werden über Nacht dem Verkehrsfluss angepasst und umgebaut. Wie bewerten Sie die richtigen Versicherungshöhen im Umgang mit fließendem Verkehr und den Anforderungen diesbezüglich?**

Sippel: Insbesondere Streckenbaustellen möglichst zügig fertigzustellen, liegt allen operativ Handelnden am Herzen, zumal diese auch als Verkehrsteilnehmer davon profitieren. Durch die zunehmende digitale Unterstützung sehen wir immer wieder gute Praxisbeispiele. Es liegt auf der Hand, dass gerade im Hinblick auf den fließenden Verkehr für den Ernstfall ausreichender Haftpflicht-Versicherungsschutz vorhanden sein muss. Neben projektbezogenen, eingekauften Haftpflichtversicherungen gewährleisten wir dies für unser Haus durch die Konzern-Haftpflichtversicherung.

Scheuermeyer: Die Bauwirtschaft hat in den vergangenen Jahren sehr viel investiert, um Baustellenabläufe zu optimieren. Zum Beispiel durch die Lieferung von Material just in time, sodass Straßenbaustellen effizient arbeiten können und Wartezeiten bei der Anlieferung verhindert werden. Das Stichwort hierzu ist Lean Construction und Digitalisierung. Diese Maß-

nahmen tragen unter anderem dazu bei, Baustellen im fließenden Verkehr sicherer zu gestalten, da der Lieferverkehr optimal abgewickelt und eine Verkehrsbehinderung weitestgehend minimiert wird. Die Digitalisierung von Bauprozessen führt also zu einem besseren Verkehrsfluss und hilft gleichzeitig dabei, Risiken zu vermeiden oder zu mindern. Darum geht es letztlich. Die Versicherung, insbesondere die Betriebshaftpflichtversicherung, dient dann »nur noch« den unvermeidbaren Vorfällen. Durch dieses hohe Sicherheitsniveau sind Autobahnbaustellen aber eher unauffällig im Versicherungswesen.

**Schattenhofer: Kurze Nachfrage: Wie prüfen Sie eigentlich bei Arbeitsgemeinschaften, dass der Versicherungsschutz in richtiger Gestaltung und Höhe zur Verfügung steht?**

Scheuermeyer: Dies ist schnell zu beantworten. Arbeitsgemeinschaften (Argen) schließen sich bewusst zusammen, um gemeinsam Bauprojekte zu realisieren. Die Unternehmen suchen sich daher ihre Partner gezielt aus. In einem Arge-Vertrag werden dann die vertraglichen Vereinbarungen fixiert, so zum Beispiel auch der nachzuweisende Versicherungsschutz. Darüber hinaus analysieren und beschließen die Argen, welcher zusätzliche Versicherungsschutz für diese Baustelle notwendig sein könnte. Hierbei treten regelmäßig wir als hausinterne Fachressourcen beratend auf und beschaffen dann den optimalen Versicherungsschutz am Markt.

Sippel: Bereits vor Baubeginn diskutieren wir die von den jeweiligen Partnern vorgehaltenen Haftpflicht-Versicherungen, sowohl inhaltlich als auch bezüglich der Höhe. Bei Projektbeginn werden EDV-gestützt entsprechende Versicherungsbestätigungen der Partner untereinander ausgetauscht und – sofern notwendig – über die Dauer des Projekts, zum Beispiel im Falle von bestehenden Jahresverträgen, kontinuierlich aktualisiert. Den weiteren projektspezifischen Versicherungsbedarf bestimmen wir jeweils im Dialog

mit den beteiligten Partnern und unter Berücksichtigung der konkreten Vertrags- und Risikosituation.

**Schattenhofer: Verlassen wir die Straße und kommen zum Brückenbau. Von Technikern oft liebevoll verglichen: Brückenbauen ist so einfach oder schwierig wie Brotbacken – passieren doch auch immer wieder spektakuläre und auch tragische Unfälle im Brückenbau. Wie sehen Sie einerseits den Markt und andererseits den Bedarf an Absicherung in diesem Bereich?**

Sippel: In Anbetracht des schlechten Zustands vieler Brücken in unserem Land sehe ich hier nicht nur generell die Bauwirtschaft, sondern auch die Versicherungswirtschaft als Anbieter von baubegleitendem Versicherungsschutz in einer grundsätzlichen volkswirtschaftlichen Verantwortung. Brückenbauwerke sind anspruchsvolle Ingenieurbauwerke, die auch versicherungsseitig ein besonderes Know-how erfordern, um eine sach- und fachgerechte Absicherung der relevanten Risiken zu gewährleisten.

Scheuermeyer: Spektakuläre und auch tragische Unfälle im Brückenbau kennen wir in Deutschland eigentlich nicht. In der öffentlichen Wahrnehmung sind Brücken in der jüngeren Vergangenheit aber dennoch aufgefallen, sei es durch den Brückeneinsturz in Genua oder die gesperrten Autobahnbrücken hierzulande. Hierbei handelte es sich aber immer um Bestandsbauwerke, die den Belastungen nicht mehr standhalten. Leider stellen wir immer wieder fest, dass der Versicherungsmarkt zum Teil diese Ereignisse auf Brückenbauprojekte im Allgemeinen überträgt und diese deshalb als schwierige Risiken einstuft. Den Brückenbauunternehmen fällt die Aufgabe zu, Bestandsbrücken abzubauen und neue Brücken auf Grundlage der neuesten technischen Verfahren zu errichten. Regelmäßige Herausforderung dabei: die Aufrechterhaltung des fließenden Verkehrs. Wie gesagt, Brückenbauwerke erfordern ein hohes technisches Know-how und modernste Technolo-

gien, weshalb Brückenbaustellen aus unserer Wahrnehmung meist sicher und versicherungstechnisch unauffällig sind. Trotzdem müssen natürlich für die Platzierung der Projekte detaillierte Risikounterlagen erstellt und Haftungsfragen geklärt werden. Ebenso sollte man sich zeitnah vergewissern, ob es Risikoparameter gibt, die gegebenenfalls kritisch vom Versicherungsmarkt gesehen werden können. Außerdem benötigen größere Bauprojekte mehr Zeit bei der Ausschreibung und den teils langwierigen Verhandlungen mit Versicherern.

**Schattenhofer: Sie beschreiben es ja schon, Sie bauen nicht nur neue Brücken, sondern restaurieren und halten den Verkehr am Laufen. Wie bewerten Sie mit den in der Regel öffentlichen Auftraggebern die Fragen nach unvermeidbaren Schäden bei Sprengarbeiten oder Abriss? Ihr unternehmerisches Risiko soll ja beherrschbar bleiben.**

Scheuermeyer: Brückenbauwerke finden nicht spontan statt und – wie wir alle auch aus der aktuellen Presse entnehmen können – benötigen viel Zeit, bevor sie tatsächlich errichtet werden. Ein Teil der Zeit wird dafür aufgebracht, die Risiken zu ermitteln, Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden zu entwickeln und vertraglich die Risikoverteilung zu definieren. Unvermeidbare Schäden sind regelmäßig nicht versicherbar, weshalb es wichtig ist, die Kosten hierfür einzukalkulieren oder durch technische Maßnahmen zu reduzieren.

Sippel: Es braucht ein generelles Verständnis für die Notwendigkeit derartiger Maßnahmen. Grundsätzlich werden sowohl die Abriss- als auch Sprengarbeiten nur von entsprechend fachlich qualifizierten Unternehmen und nach sorgfältiger – und oft auch zeitintensiver – Risikoanalyse umgesetzt. Sollte es dann trotzdem zu unvermeidbaren Schäden kommen, wären diese meiner Meinung nach eher in der Verantwortung des Auftraggebers anzusiedeln.

**Schattenhofer: Wo liegen eigentlich die Trends im Brückenbau aus risikotechnischer Sicht? Bietet Ihnen der Versicherungsmarkt dafür ein ausreichendes Angebot? Wie können Brückenbauvorhaben auch für die Beweis- und Baustellensicherung mit Systemen unterstützt werden?**

Sippel: Insbesondere für kleinere Überführungen kann es durchaus sinnvoll sein, weitere Möglichkeiten einer modularen Bauweise zu entwickeln. Darüber hinaus gilt es, bei größeren Brückenbauten die individuelle Umgebung und Notwendigkeit der Aufrechterhaltung von Verkehrsströmen mit einer umfassenden logistischen Planung zu begleiten. Zu diesem Zweck wurden in den vergangenen Jahren diverse Softwareanwendungen entwickelt, die neben den üblichen gutachterlichen Erhebungen unter anderem zur Beweissicherung eingesetzt werden. Darüber hinaus werden während der Bauausführung zunehmend Prozesse digitalisiert und optimiert.

Scheuermeyer: Wie erwähnt, erfolgen insbesondere Autobahnbrückenbauten unter Aufrechterhaltung des fließenden Verkehrs. Brücken überqueren – ihrer Natur folgend – Regionen, die für den Ausweichverkehr nicht immer genutzt werden können, zum Beispiel Eisenbahnstrecken, Flüsse und tiefe Täler. Die alten Bestandsbrücken können oftmals nur am Stück abgerissen werden. Daher sieht man heute oftmals Brückenbauwerke, die neben der Bestandsbrücke errichtet werden und später durch ein Querschubverfahren in ihre endgültige Position eingeschoben werden. Es ist sicherlich spektakulär, wenn 500 Meter lange Brücken am Stück quer verschoben werden. Daher ist es besonders wichtig, dass die Last aufnehmende Geologie exakt untersucht und dokumentiert wird, um Abweichungen zu erkennen und im Bedarfsfall die Folgen hieraus zuordnen zu können. Modernste Messtechniken erkennen – auch online – Veränderungen frühzeitig und schnell.

**Schattenhofer: Von ganz oben nach ganz unten, wo es dunkel ist, unter die Erde: Tunnelbau. Das sind Baumaßnahmen, bei denen besondere Anforderungen beim Geräteeinsatz und auch in der Umgebung zu berücksichtigen sind. Wie läuft eigentlich die Risikobewertung im Tunnelbau ab und welche Rolle spielen Versicherungen dabei?**

Scheuermeyer: Was bei Brückenbaumaßnahmen gilt, trifft umso mehr bei Tunnelbauwerken zu: Sie werden nicht spontan errichtet, sondern benötigen in der Regel jahrelangen Vorlauf. In dieser Zeit wird – neben den rechtlichen Aspekten – die Geologie erschlossen und das optimale Bauverfahren entwickelt. Aus diesem Verfahren und der Geologie ergibt sich dann auch der Geräteeinsatz, also ob zum Beispiel im Vortriebsverfahren mit einer Tunnelbohrmaschine oder im NATM-Verfahren (*New Austrian Tunneling Method*) gearbeitet wird. Die Ausschreibung von Tunnelbauprojekten ist auch aus versicherungstechnischer Sicht ausgesprochen aufwendig, da sich die Versicherer ein genaues Bild von der Risikolage des Bauprojekts und des eingesetzten Geräts bilden möchten. Dieses Spezialwissen haben international nur wenige Märkte und Versicherer inne. Daher können die Projektbeteiligten meist auf einen reichen Erfahrungsschatz aus mehreren, gemeinsam abgewickelten Projekten zurückgreifen. Dies ist auch erforderlich, um den Besonderheiten dieser Bauprojekte adäquat begegnen zu können.

Sippel: Bei komplexen Infrastruktur-Bauvorhaben, zu denen ja insbesondere Tunnelbauprojekte zählen, gehen wir bereits vor Beginn der Bauaktivität auf die Risikoingenieure der involvierten Versicherer zu. Durch den Dialog mit den Experten vor Ort ist eine detaillierte Risikoerfassung und damit auch ein maßgeschneiderter Versicherungsschutz sichergestellt. Sofern die Baumaßnahme wie üblicherweise im U-Bahnbau im innerstädtischen Bereich liegt, wird vorab festgelegt, ob die Arbeiten bergmännisch oder unter Einsatz einer Tunnelvortriebsmaschine umgesetzt werden. Sollte eine Tunnelvortriebsmaschine

eingesetzt werden, so wird diese während des Einsatzes kontinuierlich überwacht und alle maschinenspezifischen Daten in Direktzeit ausgewertet. Zusätzlich werden in der Regel diverse Messpunkte an der Oberfläche und an Gebäuden ausgewertet, sodass etwaige Abweichungen, die möglicherweise zu Schäden führen, sehr frühzeitig erkannt werden können.

**Schattenhofer: Auch die technischen Anforderungen sind ja im Tunnelbau ganz speziell, von festem Gestein bis hin zu loserem Untergrund. Baumaterial, Bauverfahren und Bauabläufe sind von großer Bedeutung und beeinflussen, wie schnell so eine Baustelle vorankommt, aber auch wie wenig oder viele Schäden dabei entstehen. Wie bewerten Sie das?**

Sippel: Bei jedem Tunnelbauvorhaben finden im Vorfeld umfangreiche geologische Untersuchungen durch die entsprechenden Gutachter statt. Deren Erkenntnisse werden im Planungsprozess berücksichtigt und bestimmen letztlich das an die aus-schreibende Stelle abzugebende Angebot im Hinblick auf Kosten und Zeitbedarf.

**Schattenhofer: Und wie behalten Sie laufend den Überblick, Sie können ja nicht täglich auf die Baustelle fahren?**

Scheuermeyer: Nein, das ist auch nicht unsere Aufgabe, wir sind ja keine Bauüberwacher. Wir kümmern uns um das Risiko, den maßgeschneiderten Versicherungsschutz, beraten und betreuen bei gegebenenfalls eingetretenen Schäden etc. Aber es ist sicher wichtig, in der Innenorganisation effiziente Abläufe zu entwickeln, um eine Vielzahl von Bauprojekten versicherungstechnisch optimal betreuen zu können und mit vertrauensvollen Partnern auf der Versichererseite zu begleiten.

Sippel: Vor Baubeginn führen wir entsprechende Informationsveranstaltungen durch, um alle Verantwortlichen für das Thema Schadenverhütung und

Versicherung zu sensibilisieren. Ergänzend nutzen wir die konzerninternen Kommunikationswege, um sicherzustellen, dass eine bedarfsgerechte interne Information zu relevanten Themen erfolgt.

**Schattenhofer: Vielleicht schauen wir auch noch einmal auf die in den Medien am stärksten beobachteten Bauvorhaben rund um die so aktuell gewordene Versorgungssicherheit. Von Windrädern bis zu LNG-Terminals wird Vieles jetzt deutlich einfacher im Verfahren und soll zügig entstehen. Entsteht durch den Zeitdruck Stress und bekommen Sie diese Risiken eigentlich gemanagt?**

Sippel: Im Hinblick auf die Bauausführung ergeben sich nach meiner Einschätzung – wenn überhaupt – nur geringe Veränderungen.

Scheuermeyer: Auch bei diesen Projekten gilt, dass die meiste Zeit in Planungs-, Ausschreibungs- und Vergabeverfahren verbraucht wird und nicht in der Bauphase. Ist die Tinte aber unter dem Bauvertrag einmal getrocknet, beginnen die Unternehmen in der Regel sehr zeitnah mit der Baustelleneinrichtung und der Abwicklung des Projekts. Eine entsprechend professionelle Arbeitsvorbereitung macht das möglich – wobei es schon richtig ist, dass Baustellen oftmals gegen die Zeit arbeiten. Wir beobachten derzeit, dass sich der Versicherungsmarkt teilweise sehr kritisch gegenüber erneuerbaren Energien, aber auch den notwendigen Energieträgern zeigt. Leider wird deshalb auch bei den Ausschreibungsverhandlungen mit den Versicherern viel Zeit benötigt, die in der Projektplanung zwingend berücksichtigt werden muss.

**Schattenhofer: Wie lösen Sie eigentlich die Unsicherheiten bei solch exponierten Baustellen mit dem Auftraggeber auf? Wird einfach nur unglaublich hoch vergütet? Wie gestalten Sie solche vertraglichen Lösungen?**

Scheuermeyer: Ein Bauunternehmen schaut immer mit staunenden Augen auf die Renditen der Versi-

cherungspartner. Aber Scherz beiseite, die Margen im Baugewerbe sind nach wie vor gering, sodass es sehr wichtig ist, vertragliche Risiken dort zu belassen, wo sie entstehen und übernommene Risiken professionell zu managen. Der Vertragsgestaltung kommt daher eine sehr wichtige Aufgabe zu. Man ist gut beraten, Verträge sehr genau zu lesen, professionell zu analysieren und nicht zu unterschreiben, was man im schlimmsten Fall nicht einhalten kann. Beispielsweise – um in unserer Sparte Versicherung zu bleiben – bedarf es einer genauen Analyse, ob die vom Bauherrn geforderten Versicherungsnachweise tatsächlich zu erbringen oder auch wirtschaftlich sind. Wir haben hier schon viele Forderungen gesehen, die weder im deutschen noch am internationalen Versicherungsmarkt unterzubringen wären. Auch muss man berücksichtigen, dass wir zurzeit in einem sehr harten Versicherungsmarkt leben und lange nicht mehr alles versicherbar ist, was vor ein paar Jahren noch Marktstandard war.

Sippel: Ich kann mich in diesem Punkt nur den Ausführungen anschließen.

**Schattenhofer: Im Tunnelbau sprachen Sie über digitale Überwachung, in Hochbauprojekten ist BIM in aller Munde. Wie wird sich dieser Trend im Infrastrukturbau durchsetzen und auf welche Besonderheiten ist im Umgang mit dem Aufbau der digitalen Baustelle zu achten?**

Sippel: Innerhalb unseres Konzerns arbeiten wir seit mehreren Jahren international mit externen Experten und Universitäten an diversen Entwicklungen. Diese werden zunehmend auf den Baustellen eingesetzt. Dies bedeutet für uns als Versicherungsexperten, dass wir auch die Möglichkeiten und Auswirkungen eines möglichen Hackerangriffs und dessen Versicherbarkeit zu untersuchen haben.

Scheuermeyer: Wie bereits mehrfach erörtert, befindet sich auch die Bauwirtschaft in einem großen digitalen Transformationsprozess. Die digitale Baustelle

ist heute keine Zukunftsvision mehr, sondern vielerorts schon Tagesgeschäft. Die Anwendung von BIM wird seitens der Bauherren immer öfter und auch bei Infrastrukturprojekten gefordert. Es stellt aber noch immer eine große Herausforderung dar, die verschiedenen Systeme aller projektbeteiligten Player zu einer gemeinschaftlichen Kollaborationsplattform zu formen. Hierbei handelt es sich um einen evolutionären Prozess, der das Baugeschäft nachhaltig verändern wird.

**Schattenhofer: Werden dadurch Risiken vermieden oder entstehen nur völlig neuartige Schnittstellen und Bedarfe, wenn sich die Baustelle »im Netz« befindet? Haben wir dann nicht auch wieder »Unbefugte auf der Baustelle«, diesmal digital?**

Scheuermeyer: Da haben Sie recht. Wie wir jeden Tag erleben, bringt Digitalisierung große Vorteile, aber auch neue Risiken. Blauäugig darf man dabei nicht agieren. Deshalb ist es zwingend erforderlich, eine moderne und aktuelle IT-Security sicherzustellen und sich gegen Cyber-Kriminalität zu wappnen.

Sippel: Natürlich führt eine stärkere Digitalisierung auch zu neuen Herausforderungen im Hinblick auf die IT-Sicherheit der Baustelle. Ich bin aber fest davon überzeugt, dass die damit verbundenen Optimierungen und Vorteile aus versicherungsspezifischer Sicht insgesamt zu einer Verbesserung der Risikosituation führen.

**Schattenhofer: Kollaboration, Zusammenarbeit, Partnerschaftsmodelle, IPA-Verträge, also Verträge mit integrierter Projektabwicklung – die Zusammenarbeit soll projektorientierter und partnerschaftlicher werden. Können die heutigen Bauverträge diesem Trend eigentlich folgen?**

Sippel: Diese Grundsätze sind bereits bei vielen Projekten umgesetzt worden. Diese Vertragsmodelle

bewähren sich bei uns und führen letztlich auch zu einer vorteilhafteren Handhabung von Risiken.

Scheuermeyer: Viele Bauherren haben mittlerweile verstanden, dass eine Ausschreibung mit dem Ansatz »der Billigste gewinnt« sehr schnell deutlich teurer und nervenaufreibender werden kann als gedacht. Daher haben sich in den vergangenen Jahren zu Recht Partnerschaftsmodelle und alternative Vertragsformen etabliert, bei denen die Bauunternehmen zusammen mit dem Bauherrn frühzeitig und zum Wohle des Projekts auf Augenhöhe zusammenarbeiten. Diese Partnerschaftsmodelle stellen eine klassische Win-win-Situation dar, da die Risiken nicht einseitig durch einen Partner zu tragen sind.

**Schattenhofer: Werden durch die hohen vertraglichen Forderungen nach Versicherungsschutz und auch der gelegentlich nicht richtigen Sachkunde bei den Auftraggebern zu diesem Thema die Verhandlungen erschwert? Trennt sich hier nicht die Spreu vom Weizen, wer überhaupt noch den passenden Versicherungsschutz in der richtigen Höhe und mit richtigem Inhalt zur Verfügung stellen kann?**

Scheuermeyer: Ich kann nicht bestätigen, dass bei Auftraggebern eine mangelnde Sachkunde vorhanden ist. Natürlich ist auch die Auftraggeberseite in der Regel hoch professionell und adäquat beraten. Auch wenn man mal sieht, dass durch Copy-and-paste Textbausteine aus Vorverträgen übernommen werden, die dann nicht zum aktuellen Bauprojekt passen, ist dies doch eher die Ausnahme. In der heutigen Zeit ist es aber auch wichtig, neben dem Vertragstext die Marktverfügbarkeit von Versi-

cherungsforderungen nicht aus dem Auge zu verlieren. Hier sei beiden Seiten zur Vorsicht geraten. Ob der Versicherungsschutz, den der Bauherr verspricht, erhältlich ist oder ob das Bauunternehmen den Versicherungsschutz beibringen kann, den der Bauherr fordert, sollte genau und vor Vereinbarung geprüft werden. Letztlich möchte niemand, dass versicherungswürdige Risiken nicht versicherbar sind und vertraglich hierfür keine andere Risikoversorge getroffen wird.

Sippel: Jeder Schritt hin zu einer höheren Professionalisierung ist zu begrüßen. Dies gilt auch für die vertraglich definierten Versicherungspflichten. Hier führen unpräzise Formulierungen und Anforderungen, die den zwischenzeitlich veränderten Marktverhältnissen und der Verfügbarkeit von Versicherungskapazitäten aktuell leider nicht mehr entsprechen, zu einigen Schwierigkeiten. Besonders auffällig ist die Situation im Hinblick auf vorgeschriebene Deckungssummen der Haftpflichtversicherung. Es drängt sich manchmal der Eindruck auf, dass in der Praxis nicht immer sauber differenziert wird. Die Frage einer zur Verfügung stehenden Deckungssumme stellt in keiner Weise eine Haftungsbegrenzung für den Auftraggeber dar. Insbesondere unter wirtschaftlichen Erwägungen ist es auch nicht in jedem Einzelfall zweckmäßig, auf einen projektbezogenen Versicherungsschutz abzustellen, sofern dem Grunde nach generell adäquater Haftpflichtversicherungsschutz gegeben ist.

**Schattenhofer: Herr Sippel und Herr Scheuermeyer, ich bedanke mich bei Ihnen für dieses praxisorientierte Interview.**

Christian Schattenhofer ist seit 1994 für die VHV in verschiedenen Funktionen tätig. Seit 2015 ist er als Vertriebsdirektor für den Bauvertrieb der VHV verantwortlich.

Roland M. Scheuermeyer ist gelernter Versicherungskaufmann. Nach dem Studium zum Diplom-Betriebswirt an der Fachhochschule Köln, Fachbereich Versicherungswesen, trat er in die Dienste des Versicherungsvermittlers

eines Energieversorgers in Essen. Nach der Fusion mit einem Chemie-, Energie- und Kohlekonzern war er mit verschiedenen Funktionen und Aufgabengebieten betraut. 2004 übernahm er die Leitung Construction/Airport für Deutschland bei einem internationalen Maklerhaus. Seit 2005 ist er Geschäftsführer des firmeneigenen Versicherungsvermittlers STRABAG Versicherungsvermittlung GmbH, Köln. Er hatte Lehraufträge bei der Fachhochschule Köln, der Bonner Akademie GmbH und der IUBH Bad Homburg inne und ist Autor des Kommentares »Maschinenversicherung in der Praxis« sowie weiterer Fachartikel.

Detlef Sippel absolvierte nach der Ausbildung zum Versicherungskaufmann ein berufsbegleitendes Studium zum Versicherungsfachwirt an der Fachhochschule Köln. Nach einigen Jahren in der damaligen Hauptverwaltung der Nordstern Versicherung AG in der Feuerindustrieabteilung und einem weiteren Studium an der Deutschen Versicherungsakademie (DVA) wechselte er 1987 zum firmeneigenen Versicherungsvermittler der damaligen Readymix Baustoffgruppe der heutigen Cemex AG. 2001 erfolgte der Wechsel zum firmeneigenen Versicherungsmakler der HOCHTIEF AG. Seit 2014 ist er Geschäftsführer der HOCHTIEF Insurance Broking and Risk Management Solutions GmbH und stellvertretender Leiter der Konzernabteilung Versicherungen der HOCHTIEF Aktiengesellschaft. Gleichzeitig ist er seit Gründung der luxemburgischen Erstversicherungsgesellschaft des Konzerns in deren Board und in diversen Gremien der konzerneigenen Rückversicherungsgesellschaft aktiv.





29

31

# 3 ENTWICKLUNGEN IN TIEFBAU UND INFRASTRUKTUR

Infrastrukturen, also die für die Daseinsvorsorge und die wirtschaftliche Entwicklung des Landes erforderlichen Anlagen, werden zumeist in technische Infrastruktur (Verkehrswege, Einrichtungen zur Energie- und Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, Technik zur Nachrichtenübermittlung usw.) und soziale Infrastruktur (Krankenhäuser, Schulen, Freizeitanlagen, Einkaufsmöglichkeiten, kulturelle Einrichtungen usw.) unterteilt. Ein Großteil dieser Einrichtungen entwickelte sich als Begleiterscheinung der Industrialisierung, wie beispielsweise die Wasserver- und -entsorgung. Doch die Bedürfnisse verändern sich und entsprechend muss auch die Infrastruktur an neue Anforderungen angepasst werden. Die Digitalisierung stellt die Gesellschaft vor neue Herausforderungen, wie beispielsweise die Gewährleistung eines flächendeckend sicheren Datenverkehrs. Die folgenden Kapitel beschäftigen sich mit den gegenwärtigen und zukünftigen Herausforderungen sicherer Infrastruktur.

## 3.1 Netze BW GmbH entwickelt Memorandum zur Prozesskoordination im Glasfaserausbau

Die Bundesregierung hat sich das Ziel gesetzt, einen flächendeckenden Ausbau mit Gigabit-Netzen bis zum Jahre 2025 zu erreichen. Der dringende Bedarf hierfür ist bei allen Beteiligten unumstritten. Geht es doch schließlich zum einen um die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland inmitten Europas. Zum anderen gibt es kaum einen Lebensbereich, ob gesamtgesellschaftlich oder privat, der nicht von schnellem Internet abhängig ist. Die Digitalisierung ist dafür das notwendige Rückgrat – und deswegen gilt es, möglichst schnell flächendeckend hochleistungsfähige Glasfaserverbindungen zu installieren.



Mario Stötzer



Der großflächige Netzausbau tangiert jedoch zwangsläufig auch bestehende Infrastrukturen. Der südwestdeutsche Netzbetreiber Netze BW GmbH, der auch selbst Glasfasernetze für die Netcom BW baut, entwickelte im Austausch mit Glasfasernetzbetreibern einen Abstimmungsprozess, um Leitungsbaumaßnahmen zwischen klassischen Versorgungsnetzbetreibern und Telekommunikationsnetzbetreibern so effektiv wie möglich zu gestalten, um einen zügigen und vor allem sicheren Bauablauf zu ermöglichen.

### Hendrik Adolphi

Eine Herausforderung stellt grundsätzlich die wirtschaftliche wie nachhaltige Durchführung des Ausbaus dar, ohne dass dabei zum Beispiel Nachteile oder Beeinträchtigungen für die bestehende Infrastruktur wie Straßen, Wege und die bereits vorhandene Leitungsinfrastruktur entstehen.

Doch dies ist nicht so einfach. Unter der Oberfläche von Straßen und Gehwegen liegen bereits jede Menge Rohrleitungen, Kabel und Armaturen von Infrastrukturen zur Versorgung mit Strom, Gas, Wasser, Telekommunikation (TK) und Fernwärme. Im innerstädtischen Bereich ist der verfügbare Raum für Leitungen bereits praktisch ausgeschöpft. Im ländlichen Bereich ist unter der Erdoberfläche zwar mehr Platz, aber hier gibt es andere Probleme. Außerorts verlaufen die großen Übertragungsleitungen, in der Regel Hochspannungsleitungen sowie Gashochdruckleitungen. Die bekannten gelben Pfähle mit oftmals signalroten Tafeln zeigen beispielsweise die unterirdisch verlaufenden Gashochdruckleitungen an. Hinzu kommt, dass durch die Energiewende auch Stromnetze zum Anschluss von Ladestellen für E-Fahrzeuge, Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen erheblich ausgebaut und erneuert werden müssen. Entscheidend ist deshalb, dass Leitungsbauvorhaben mit den anderen Bestandsnetzbetreibern abgestimmt werden. Das bindet jedoch erhebliche personelle Ressourcen in der Planung und Kundenbetreuung, von der späteren Materialbeschaffung und Bauabwicklung ganz abgesehen.

Hendrik Adolphi, bei der Netze BW verantwortlich für das Technische Anlagenmanagement Strom/Gas, erläutert: »Die Ziele der Energiewende in Deutschland sind sehr ambitioniert. Dies gilt nicht nur für Netzbetreiber, sondern auch für das Handwerk zur Installation von Kundenanlagen. Allein die Anschlussanfragen von Kunden nach Wallboxen für E-Fahrzeuge hat sich in den vergangenen Jahren vervielfacht und ist nur noch durch digitale Anfrageprozesse zu bewältigen.«



**Abb. 01:** Ausbauziele bis 2030 in Deutschland [Quelle: Netze BW GmbH]

Natürlich gehört die Koordination von Leitungsbaumaßnahmen zum Alltagsgeschäft von Netzbetreibern. Entscheidend beim Breitbandausbau ist jedoch die Streckenlänge, die es zu betrachten gilt. In einer baden-württembergischen Gemeinde mit 6.100 Haushalten sind es zum Beispiel 42 Kilometer Trassenlänge, praktisch jede Straße, die aufgedigelt werden muss. Das bedeutet, der Stromnetzbetreiber muss im kompletten Ort prüfen, wo das Netz erneuert oder verstärkt werden muss, Kunden müssen nach ihrem geplanten Bedarf befragt und Anschlussangebote unterbreitet werden.

Um Leitungsbauvorhaben koordinieren zu können, muss ein Telekommunikationsunternehmen jedoch erst einmal feststellen, welche Netzbetreiber in der betreffenden Kommune bereits Leitungen betreiben. Das hört sich einfacher an, als es tatsächlich ist. Es gibt im durchregulierten Deutschland erstaunlicherweise kein zentrales Netzbetreiberregister, das hier Auskunft geben könnte, und auch Kommunen sind hierzu nicht gesetzlich verpflichtet. Mario Stötzer, stellvertretender Vorstand beim Verband Sichere Transport- und Verteilnetze e.V. (VST) fordert: »Sowohl Planer von Baumaßnahmen als auch Baufirmen brauchen ein rechtssicheres Netzbetreiberregister in Deutschland. Technisch gibt es bereits sehr gute Lösungen, wie zum Beispiel das Auskunftsportale BIL, bei dem Netzbetreiber eigenverantwortlich ihre Versorgungsflächen hinterlegen können und dadurch bei Baumaßnahmen nicht vergessen werden. Hier sind vor allem alle Gasübertragungsnetzbetreiber mit ihren Hochdruckleitungen zu finden. Was aber in Deutschland fehlt, ist die Verpflichtung aller Netzbetreiber, ihre Versorgungsflächen an eine zentrale Stelle zu melden.«

**Innovative Bauverfahren**

Kaum noch Platz für neue Leitungen, der hohe Koordinierungsaufwand und der wirtschaftliche Druck haben in der Telekommunikationsbranche dazu geführt, neue Wege zu gehen, was Verlegetiefe und Bauverfahren angeht. Bisher war die Kabelverlegung in einer Tiefe von circa 60 Zentimetern üblich. Neue Telekommunikationsleitungen werden nun häufig mit einer deutlich geringeren Tiefe bis maximal 40 Zentimeter verlegt. Es gibt auch Verfahren bei denen Leitungen direkt im Asphalt verlegt werden, mit

nur 6 Zentimetern Überdeckung. Für diese vergleichsweise neuen Verlegetechniken ist gerade eine DIN-Norm entstanden (DIN 18220 »Trenching, Fräs- und Pflugverfahren zur Legung von Leerrohrinfrastrukturen und Glasfaserkabeln für Telekommunikationsnetze«), an der auch Fachleute der Netze BW GmbH mitgearbeitet haben.

Die Vorteile der neuen Bauweisen in Mindertiefen liegen auf der Hand. Da die darunter liegenden Leitungen bei der Baumaßnahme nicht direkt tangiert werden, würde das auch ohne eine aufwendige Koordination und Trassenabstimmung funktionieren. Das Problem, was sich daraus ergeben kann, zeigt sich dann zum Teil erst Jahre später, wie Adolphi erläutert: »Müssen überbaute Stromleitungen im Störfall rasch aufgegraben oder am Ende ihrer Lebensdauer komplett erneuert werden, kann man nur noch sehr aufwendig von Hand anstatt mit Baggern aufgraben. Unabhängig von erheblich längeren Bauzeiten und den damit verbundenen Verkehrsbeeinträchtigungen erhöhen sich die Baukosten um ein Vielfaches, was letztlich wieder von den Stromkunden über die seitens der BNetzA geregelten Netzentgelte getragen werden muss. Deshalb sorgen wir dafür, dass der Netzbetrieb für unsere Kunden bezahlbar bleibt.«

Geltende Regelwerke und Gesetze genügen aktuell nicht, um diese Konflikte beim Glasfaserausbau mit bestehenden Versorgungsinfrastrukturen zu vermeiden. Adolphi betont: »Wichtig ist, es geht nicht gegen eine mindertiefe Verlegung oder Bauverfahren, dem sogenannten Trenching, sondern lediglich um die Überbauung unserer Leitungen.« Der zügige Ausbau wird deshalb nur gelingen, wenn sich alle Beteiligten verständigen, mit dem gemeinsamen Ziel, den Glasfaserausbau zu fördern und Beschädigungen sowie eine Überbauung von Bestandsleitungen zu vermeiden.

Stötzer ergänzt: »Es bringt nichts, wenn sich die Beteiligten auf ihre gesetzlichen Rechte wie das Telekommunikationsgesetz oder Technische Regelwerke berufen. Es geht auch nicht um das Aushebeln von Regelwerken – diese müssen eingehalten werden, keine Frage. Uns geht es um die Harmonisierung und Abstimmung von Arbeitsabläufen. Dabei müssen alle Beteiligten konstruktiv zusammenarbeiten.«

Diese Idee hat der Verband Sichere Transport- und Verteilnetze/KRITIS e.V. (VST) aufgegriffen. Gespräche von Netze BW sowie anderen VST-Mitgliedern aus dem Glasfasernetzbereich wurden ab Januar 2022 geführt, um zunächst bilateral einen verlässlichen Prozessablauf als Blaupause für weitere Kooperationen in der Branche zu eruiieren. Dieser Weg wurde gewählt, da Vereinbarungen unter Branchenverbänden, die mehrere hundert Mitglieder vertreten, erfahrungsgemäß sehr lange in der Abstimmungsphase dauern und in der Regel sehr pauschal gestaltet sind, was in der Praxis häufig nicht zielführend ist.

Netze BW GmbH, Tochterunternehmen der EnBW und größter Verteilnetzbetreiber in Baden-Württemberg, ist in Hinblick auf zukünftige Abstimmungen mit TK-Netzbetreibern einen pragmatischeren Weg gegangen. Zwar galt es auch hierbei, jeweils unterschiedliche Interessen unter einen Hut zu bringen, doch im Laufe der Abstimmungen zeigte sich, dass alle Netzbetreiber sowohl den Willen zum zügigen Ausbau ihrer Netze als auch die gleichen Sicherheitszielsetzungen haben.

Adolphi betont: »Pauschale Schuldzuweisungen und Vorwürfe bringen uns alle nicht weiter. Natürlich passieren Schäden bei Bauarbeiten, das wird man nicht verhindern können. Es gilt aber, durch sorgfältige Planung und Abstimmung zwischen den Netzbetreibern im Vorfeld der Netzausbauplanung neuralgische Punkte zu erkennen, sicherheitstechnische Notwendigkeiten zu vermitteln und im Schadenfall angemessen und verantwortungsbewusst Schäden für Mensch, Baustellenumfeld und Umwelt zu minimieren. Wir möchten mit unserem Memorandum zeigen, dass es möglich ist, konstruktiv zusammen zu arbeiten, richtungsweisend für die gesamte Branche!«

Deshalb wurden sehr konkrete Prozessschritte der Zusammenarbeit entwickelt. Da die generelle Planung für den Netzausbau sowie die konkrete Detailplanung der betreffenden Bauabschnitte das A und O für Sicherheit sind, wurde hier besonderer Wert auf die Abstimmungsmodalitäten gelegt. So ist es für beide Seiten wichtig, konkrete Fristen der gegenseitigen Information festzulegen. Damit kann jede Partei von vornherein voraussehen, wieviel Zeit eingeplant werden muss, wer Hol- und wer Bringschulden in dieser Stelle im Prozess besitzt. Stötzer erläutert: »Hier Klarheit zu schaffen und Abläufe qualitativ und quantitativ zu definieren, mag zunächst aufwendig klingen, erleichtert aber die Zusammenarbeit und spart letztlich Zeit und Geld – und sorgt nicht unerheblich für Sicherheit, was uns als Verband ja wichtig ist.« So beinhaltet das jetzt vereinbarte Memorandum zum Beispiel die Benennung von Ansprechpartnern, die Vereinbarung von Informationsfristen und gemeinsame Begehungstermine. Darüber hinaus wurden Regelungen für die Kostenübernahme getroffen.

Die wesentlichen Prozessschritte sind:

- Information über die Ausbauplanung und Nennung konkreter Ansprechpartner, Information über den Leitungsbestand,
- Begehung mit Trassenabstimmung und
- Einsatz von ausreichend qualifiziertem Personal.

**Auch Kommunen profitieren**

Von einer konstruktiven Zusammenarbeit der Netzbetreiber profitieren letztlich auch die Kommunen, die häufig zwischen die Konfliktparteien geraten. Bei unkoordinierten Überbauungen von darunter verlaufenden Bestandsversorgungsinfrastrukturen stehen Kommunen als Wegebausträger oft in der Kritik, weil sie den ungünstigen Trassenverlauf genehmigt und nicht auf eine Koordination gedrängt haben. Mehrfachaufgrabungen in kurzen Zeitabständen können zudem die Folge sein, was bei Bürgern erfahrungsgemäß auf wenig Verständnis stößt.

Schon jetzt hat sich die Arbeit ausgezahlt, einen Prozessablauf und dessen einzelne Punkte zu definieren. Zwar wird das Memorandum erst 2023 erstmals angewendet, aber bereits während des Abstimmungsprozesses haben die Partner viel von den Notwendigkeiten, Problemstellungen und Vorgehensweisen der jeweils anderen gelernt. Eine wichtige Erkenntnis: Mit modernen Verlegemethoden sind die beauftragten Bauunternehmen der Glasfasernetzbetreiber wesentlich schneller unterwegs, als es die klassischen Versorgungsnetzbetreiber aus dem Gas-, Wasser- und Strombereich normalerweise bei ihren aufwendigeren Aufgrabungen mit Baggern gewohnt sind. Diese beiden Geschwindigkeiten können durchaus herausfordernd sein.

Auch die Regelwerksfülle, die besonders im Gas-, Wasser- und Strombereich schon lange vorgegeben ist und die besonders beachtet werden muss, wenn an oder im direkten Umfeld solcher – manchmal durchaus sensiblen – Versorgungsinfrastrukturen gearbeitet wird, ist ein Thema. Was muss davon auf der Baustelle eines Glasfaserverlegers berücksichtigt werden? Welche Qualifikationen müssen die betreffenden Bauunternehmen und ihre jeweiligen verantwortlichen Mitarbeiter besitzen? Auch hier schafft das Memorandum Sicherheit.

Adolphi erläutert: »Ich möchte ehrlich sein, wir hatten bei unseren Gesprächen zunächst mit mehr Kontroversen gerechnet – auch damit, eventuell manche Vorgaben aus unseren Schutzanweisungen nicht berücksichtigen zu müssen. Das war überhaupt nicht der Fall. Für unsere Kollegen aus dem Bereich Glasfaser ging es immer darum, unsere Sicherheitsbelange, die teilweise umfangreich sein können, zu verstehen, um sie zukünftig effizient in ihre Abläufe einzubauen. Auf Basis dieses Konsenses haben wir das Memorandum dann gemeinschaftlich entwickelt und aufgesetzt.«

Obschon manchmal in der Presse auch schon bei geringen Schäden an Bestandsnetzen gern mit möglichen Katastrophenszenarien und Schuldzuweisungen gearbeitet wird, war es Ziel der am Prozess beteiligten Netzbetreiber, dass sich zukünftige Anwender des Memorandums als Partner auf Augenhöhe begegnen können – war doch von Anfang an klar, dass alle Netzbetreiber im gleichen Boot sitzen und die gleichen Probleme haben – wenn auch manchmal von unterschiedlichen Blickrichtungen aus betrachtet.

Jetzt liegt das Memorandum vor, 2023 wird es in Baden-Württemberg seitens der Netze BW GmbH mit den jeweiligen Partnern aus dem Glasfaserbereich umgesetzt. Sicherlich wird es Nachbesserungen geben, die sich in der praktischen Arbeit vor Ort bei der Planung der späteren Bauausführung ergeben. Ziel ist es, flexibel und ergebnisorientiert zu agieren. Adolphi: »Ich denke, dieses Memorandum kann den Glasfaserausbau zur notwendigen Digitalisierung in Deutschland ein gutes Stück voranbringen. Es hat das Potenzial, auch durch andere Netzbetreiber übernommen zu werden. Wünschen würde ich es mir.« Stötzer ergänzt: »Wir werden eine neutrale Fassung zur Verfügung stellen, die dann bundesweit von unseren Mitgliedern verwendet werden kann.«

Dr. Hendrik Adolphi leitet seit zehn Jahren das technische Anlagenmanagement der Netze BW. In dieser Funktion verantwortet er für die Sparten Strom und Gas unter anderem die Netzausbauplanung, die durch die Transformation zur Klimaneutralität geprägt werden wird. Vor dieser Funktion war er mehr als 15 Jahre im EnBW-Konzern aktiv, unter anderem als Referent des technischen Vorstands der Budapester Elektrizitätswerke sowie als Leiter des Vorstandsbüros des Chief Financial Officers der EnBW. Hendrik Adolphi hat Maschinenbau an der TU Braunschweig und der University of Waterloo (Kanada) studiert und an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg promoviert.

Mario Stötzer ist bei der Ohra Energie GmbH als Leiter Netzbetrieb beschäftigt und dort für den Betrieb des Gasnetzes sowie in den Themenschwerpunkten Sicherheit und Organisation der technischen Prozesse zuständig. Die Ohra Energie versorgt rund 15.600 Abnehmer der Region West- und Mittelthüringen mit Erdgas. Das Versorgungsgebiet umfasst eine Fläche von circa 844 Quadratkilometern, das Leitungsnetz beläuft sich auf eine Gesamtleitungslänge von 808,7 Kilometern im Hoch-, Mittel- und Niederdruckbereich. Stötzer ist zudem stellvertretender Vorstandsvorsitzender des VST – Verband Sichere Transport- und Verteilnetze/ KRITIS e.V. Dieser hat zum Ziel, die Sicherheit der vorhandenen Versorgungsnetze zu erhöhen. Gemeinsam mit dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) wirkt der VST im Koordinierungskreis der Initiative BALSibau an der Sicherstellung einer bundesweiten und spartenübergreifenden Präventionsarbeit zum Schutz der Versorgungsnetze und Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) mit.

## 3.2 Statistik und Breitbandausbau



Ingo Reiniger

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) hat seine Digitalstrategie Deutschland am 31.08.2022 veröffentlicht. Die Strategie listet wichtige Vorhaben zur Digitalisierung und versieht diese mit teilweise ambitionierten Zeitmarken.<sup>1</sup>

Eine besonders wichtige Zielvorgabe daraus: die Versorgung von mindestens der Hälfte aller Haushalte und Unternehmen mit Glasfaser bis Ende 2025 sowie eine flächendeckende Verfügbarkeit unterbrechungsfreier drahtloser Sprach- und Datendienste für alle Endnutzer im Mobilfunk bis möglichst 2026.

Doch wie steht es um den Breitbandausbau? »Corona war ein Booster für die Digitalisierung – noch aber läuft zu viel über alte Kupfer- und Kabelnetze«, konstatiert Wolfgang Heer, Geschäftsführer vom Bundesverband Glasfaseranschluss e.V. (BUGLAS).<sup>2</sup> »Doch wie kaum eine andere Industrienation hängt die Bundesrepublik in Sachen digitale Infrastruktur hinterher: Nur rund 20 Prozent des Landes sind mit ›echten‹ Glasfaseranschlüssen angebunden«, so Heer.

### Zahlen und Fakten

Ein zuverlässiger Indikator für die Baukonjunktur in Deutschland ist der Statistikteil des jährlich erscheinenden BIL-Reports. BIL – das Bundesweite Informationssystem für Leitungsauskünfte – konnte im Jahr 2022 auf eine Datenbasis von mehr als 185.000 gestellten Planungs- und Bauanfragen zurückgreifen. Zu Beginn des aktuellen Jahres ist erneut ein Wachstum von knapp 10 Prozent gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen.

Um einen Querschnitt durch die Struktur der Planungs- und Bauvorhaben in Deutschland zu erhalten, hilft die Statistik ebenfalls. Es zeigt sich, dass im Zuge von Infrastrukturmaßnahmen die meisten Vorhaben im Leitungsbau, insbesondere im Breitbandausbau, sowie im Tiefbau stattfinden (Abb. 01). Der Leitungs- und Tiefbau machen zusammen mehr als 80 Prozent aller im BIL-Portal gestellten Anfragen aus. Die nächstgrößte Kategorie ›Straßenbau‹ liegt bereits nur noch bei 7 Prozent. Diese Aufteilung

<sup>1</sup> vgl. <https://www.digitalstrategie-deutschland.de/medien/> [abgerufen am: 17.01.2023]

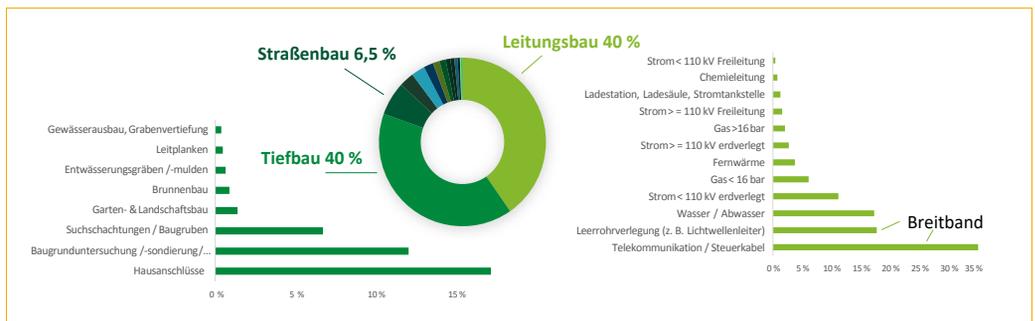
<sup>2</sup> vgl. <https://www.treffpunkt-kommune.de/wie-steht-es-um-den-breitbandausbau/> [abgerufen am: 17.01.2023]

verhält sich nahezu unverändert zum Vorjahr. Alle weiteren Kategorien spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Mit Blick auf den Breitbandausbau belegen die Anfragezahlen, dass dieser in den vergangenen Jahren ordentlich Fahrt aufgenommen hat. Wie für jedermann deutlich im öffentlichen Raum sichtbar: Breitbandverlegungen in Deutschland sorgen vermehrt für Straßen- und Gehwegsperrungen. Das Ziel: den flächendeckenden Ausbau mit Gigabit-Netzen bis zum Jahr 2025 zu erreichen.

Insgesamt wurden im Jahr 2022 im BIL-Portal knapp 40.000 Anfragen (Vorjahr 36.000 Anfragen) zum Breitbandausbau (zum Beispiel Leerrohrverlegung für Lichtwellenleiter, Telekommunikations- und Steuerkabel) verzeichnet. Dies entspricht einem Anteil von 21 Prozent des Gesamtanfragevolumens und weicht nicht signifikant von den Vorjahreszahlen ab (Abb. 02).

Wie bereits im vorherigen Absatz erwähnt, stellen die Anfragen vom Typ ›Breitband‹ mit 52 Prozent die stärkste Unterkategorie beim Leitungsbau dar (Abb. 01, rechtes Diagramm). Betrachtet man allein das Wachstum der Anfragen vom Typ ›Breitband‹, so ist dies mit 12 Prozent rückläufig im Vergleich zum Vorjahr mit 19 Prozent (Abb. 02). Gespannt darf man auf die Anfragezahlen für das Jahr 2023 sein.



**Abb. 01:** Anfragetypen – Was wurde im BIL-Portal 2022 geplant und gebaut? Rechtes Diagramm: Verteilung der Anfragen in der Kategorie ›Leitungsbau‹ mit Anfragen vom Typ ›Breitband‹ [Quelle: BIL eG]

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BIL-Anfragen vom Typ ›Breitband‹ (inkl. jährliche Wachstumsrate)	11.481	19.617 (71 %)	22.440 (14 %)	29.905 (33 %)	35.676 (19 %)	39.852 (12 %)
Anteil BIL-Anfragen vom Typ ›Breitband‹ an BIL-Gesamtanfragen	21 %	21 %	21 %	22 %	21 %	21 %

**Abb. 02:** Jährliche Anfragen vom Typ ›Breitband‹ im BIL-Portal (inklusive Wachstum sowie deren Anteil am BIL-Gesamtanfragevolumen [Quelle: BIL eG])

Was wissen wir über die aktuellen Planungs- und Bauaktivitäten in Deutschland, insbesondere im Bereich Breitbandausbau? In welchen Teilen Deutschlands werden aktuell Kabel verlegt, wo ist die Verlegung geplant und wo hinkt der Planungsprozess noch hinterher?

Die BIL-Statistik erhebt hierfür weitere Kennzahlen. Abb. 02 zeigt die über die Jahre hinweg stetig zunehmenden Aktivitäten im Bereich des Breitbandausbaus. Abb. 03 zeigt die Tabelle in geografischer Auflösung. Sie veranschaulicht alle im BIL-Portal gestellten Anfragen vom Typ ›Breitband‹ in Deutschland im Zeitraum 2016 bis 2022. Aus der Verteilung und Häufigkeit der Anfragen lassen sich deutschlandweit unterschiedliche Strategien zum Netzausbau in den einzelnen Bundesländern erkennen. Beispielsweise wird in Bayern relativ flächendeckend Ausbau betrieben, während im Rest von Deutschland primär auf Ballungsräume fokussiert wird. Erkennbar ist auch, dass in Nordwestdeutschland systematische Erschließungsvorhaben in der Fläche angefragt werden, während in einigen Teilen Deutschlands die Anfrageintensität deutlich zurückhaltender scheint.

Die Anfragen der BIL-Datenbank geben einen Ausblick auf die zu erwartende Netzabdeckung nach Abschluss der Baumaßnahmen, was der Vergleich mit dem Breitbandatlas der Bundesnetzagentur verdeutlicht. Der Breitbandatlas ist das zentrale Informationsmedium zur aktuellen Breitbandversorgung in Deutschland. Er wird regelmäßig aktualisiert und steht allen Interessierten kostenfrei zur Verfügung. Anhand von interaktiven Karten wird gezeigt, welche Bandbreiten und Techniken für die Datenübertragung zur Verfügung stehen. Die Breitbandverfügbarkeit wird in Prozent der zu versorgenden Haushalte durch die Färbung der Rasterzellen dargestellt.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> vgl. <https://www.bundesnetzagentur.de/GIGA/DE/Breitbandatlas/start.html> [abgerufen am: 11.04.2023]

### **Zwei Instrumente kombiniert: BIL-Portal und Breitbandatlas**

Eine Gegenüberstellung beider Instrumente macht den Fortschritt des Breitbandausbaus sichtbar. Denn wie ein Auszug aus der Deutschlandkarte in Abb. 04 veranschaulicht, finden sich die BIL-Anfragen vom Typ ›Breitband‹ im Breitbandatlas als nun verfügbare Netzinfrastruktur wieder. Die roten Anfrageflächen im BIL-Portal sind recht deckungsgleich mit den mittel- bis dunkelblauen Flächen des Breitbandatlases<sup>4</sup>. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine im BIL-Portal gestellte Anfrage auch realisiert wird, scheint somit besonders hoch.

Das BIL-Portal weiß noch mehr. Beim genauen Hinschauen bzw. Übereinanderlegen beider Karten lässt sich erkennen, dass für die sogenannten »Weißen Flecken«, also Gebiete ohne Netzabdeckung, bereits im BIL-Portal ein Planungsvorhaben eingegangen ist. Der Breitbandatlas wird sinngemäß erst im Nachhinein über das Vorhaben vom Netzbetreiber informiert und entsprechend aktualisiert, wenn das Vorhaben abgeschlossen ist, also am Ende der Bauphase. Das BIL-Portal ist somit ein zuverlässiger Indikator für den bereits umgesetzten und – noch viel wichtiger – für den geplanten Breitbandausbau und dem Breitbandatlas somit einen Schritt voraus.

### **Welches Bundesland hat die Nase vorn?**

Wir haben eben gesehen, dass das BIL-Portal ein guter Indikator für den Netzausbau im Bereich Breitband in Deutschland ist. Diese Statistik heruntergebrochen auf die Bundesländer in Deutschland zeigt (Abb. 05), dass es in allen 16 Bundesländern vorangeht, was den Ausbau von Breitbandkapazitäten angeht, jedoch in unterschiedlicher jährlicher Intensität. Ein Vergleich mit den aktuellen Bevölkerungszahlen zeigt – bis auf wenige Ausreißer – ein ähnliches Muster wie das der Anfragenhäufigkeit. Das Land mit den meisten Breitbandaktivitäten im BIL-Portal, Nordrhein-Westfalen, verzeichnet ebenfalls die höchste Einwohnerzahl. Eine Gegenüberstellung der abgerufenen Fördergelder, die Breitbandaktivitäten vor 2016 sowie weitere bundesländerspezifische Parameter sind sicherlich notwendig, um die wenigen Ausreißer detailliert klären zu können.

### **Glasfaserleitungen bei Tiefbauarbeiten schützen**

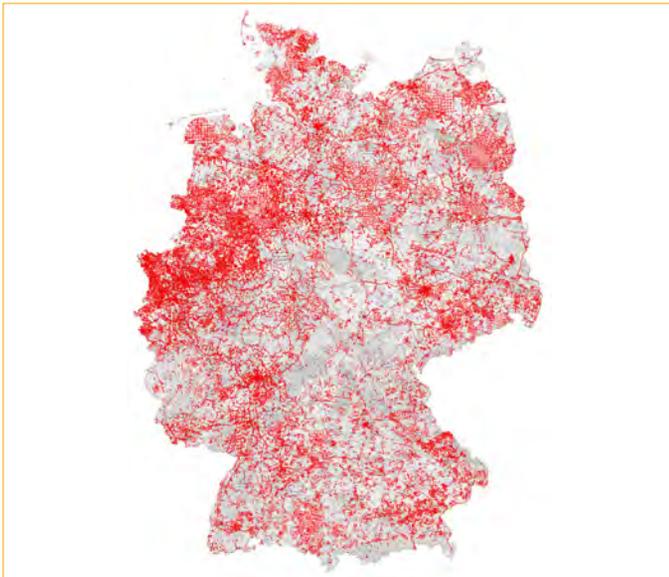
Während in der Vergangenheit die Pipelines mit sensiblen explosiven Inhalten (Gas, Mineralöl, Chemie) besonders im Fokus der Bauindustrie standen, gewinnen Glasfaserleitungen eine immer stärkere Bedeutung. Sie sind die Grundlage für die Umsetzung der Digitalisierungsstrategie in Deutschland: Kommerzielle und technische Geschäftspro-

<sup>4</sup> Mittel- bzw. dunkelblaue Flächen im Breitbandatlas bedeuten eine Breitbandverfügbarkeit in mindestens 75 % der Haushalte.

zesse benötigen nicht nur Strom, sondern auch hohe dezentrale Datenmengen, die im Falle einer Nichtverfügbarkeit den jeweiligen Prozess zum Erliegen bringen.

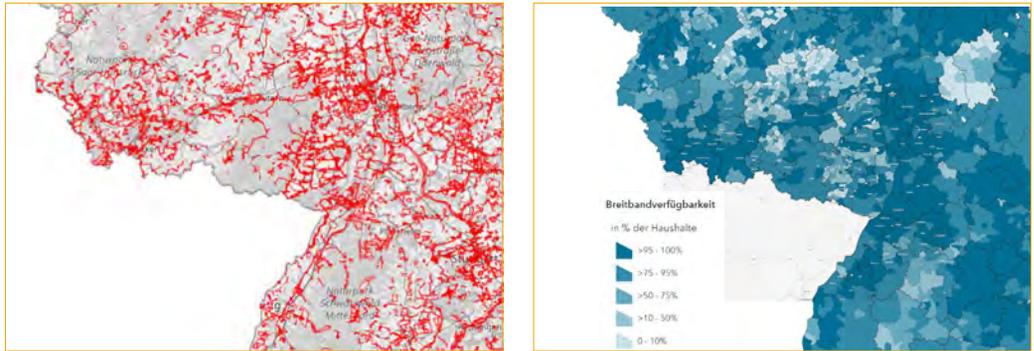
»Starke und widerstandsfähige Telekommunikationsnetze sind eine zentrale Grundlage für eine handlungsfähige Gesellschaft,« so Klaus Müller, Präsident der Bundesnetzagentur, die im Rahmen der Gigabitstrategie der Bundesregierung in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) am 6. September 2022 ein Strategiepapier zur Resilienz der Telekommunikationsnetze veröffentlicht hat.<sup>5</sup> Darin steht, dass die zuverlässige Verfügbarkeit von Telekommunikationsnetzen im Alltag von essenzieller Bedeutung ist, insbesondere in Krisen und Katastrophenfällen.

Diese gilt es, um jeden Preis zu schützen. Die hohe Dunkelziffer von Tiefbauaktivitäten ohne vollständige Kenntnis der vorherrschenden unterirdischen Infrastruktur kann gesenkt werden, wenn der Bauwirtschaft effiziente Anfragewerkzeuge zur Recherche vorhandener Leitungsträger zur Verfügung gestellt werden. Dies ist sowohl für den Schutz dieser benachbarten Leitungssysteme erforderlich als auch für die Koordinierung von sonst möglicherweise konkurrierenden Bauaktivitäten, insbesondere im Breitbandausbau.

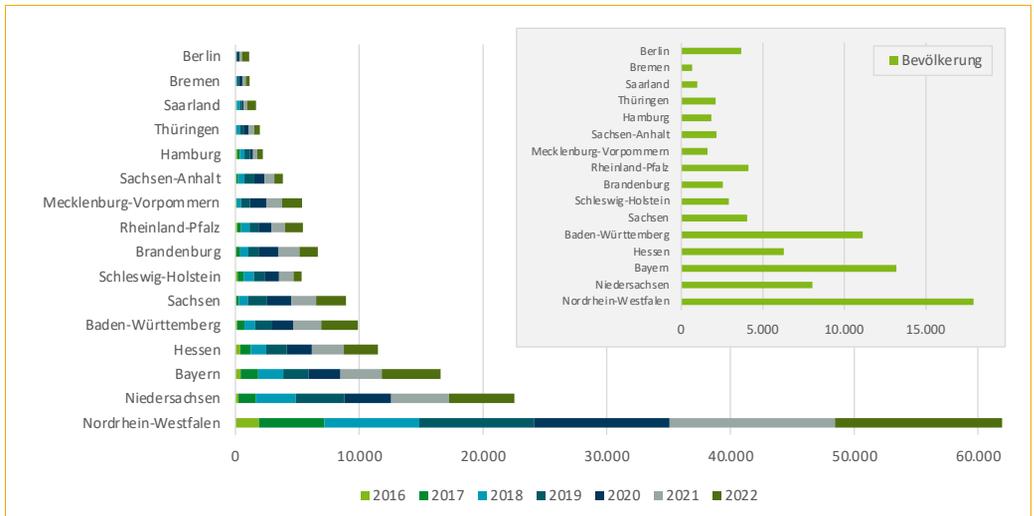


**Abb. 03:** Bundesweite Verteilung der BIL-Anfragen ›Breitband‹ (Leerrohrverlegung, Telekommunikations-/Steuerkabel) im Zeitraum 2016–2022 [Quelle: BIL eG & OpenStreetMap contributors]

<sup>5</sup> vgl. [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/20220906\\_ResilienzTK.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/20220906_ResilienzTK.html) [abgerufen am: 17.01.2023]



**Abb. 04:** Auszug aus Deutschlandkarten; links: Datenbank BIL-Portal (Stand: Dezember 2022, [Quelle: BIL eG]); rechts: Breitbandatlas (Stand: November 2022, [Quelle: Bundesnetzagentur])



**Abb. 05:** Anfragen vom »Typ Breitband« im BIL-Portal je Bundesland im Zeitraum 2016–2021 [Quelle: BIL eG]; oben rechts: Vergleich mit den aktuellen Bevölkerungszahlen [Quelle: Statista 2021]

Ingo Reiniger ist technischer Leiter bei BIL, dem bundesweiten Informationssystem für Leitungsauskünfte. Er hat den Aufbau und die technische Entwicklung des BIL-Portals von Anfang an begleitet und ist verantwortlich für die technische Funktionalität und den reibungslosen Betrieb des Portals. Hierfür erstellt er die technischen Spezifikationen für den Ausbau und wertet die Datenbank aus. Er ist somit auch »Herr der Daten«. Außerdem bearbeitet er alle technischen Fragen der teilnehmenden Leitungsbetreiber sowie der anfragenden Bau- und Planungsunternehmen.

### 3.3 Zentrales Leitungskataster als Maßnahme zur Vorsorge gegen Leitungsschäden



Klaus Albrecht

#### Problemaufriss

Die Bauwirtschaft und -verwaltungen haben in den kommenden Jahren beachtliche Herausforderungen zu meistern:

- Die Verkehrsinfrastruktur weist einen über Jahrzehnte aufgebauten Sanierungsstau auf, insbesondere bei Straßenbrücken und Schienenwegen.
- Die Energie- und Verkehrswende schaffen neue Bedarfe.
- Breitband- und Mobilfunkausbau müssen vorangetrieben werden, um die Attraktivität Deutschlands als Standort für die Wirtschaft zu erhalten, zu steigern und für gute, gleichwertige Lebensbedingungen im Land zu sorgen.

Die Notwendigkeit dieser Bauprogramme gilt als unbestritten, trotzdem bleiben sie nicht ohne Kritik und Umsetzungsprobleme. Die Telekommunikationsunternehmen befinden sich durch den Infrastrukturwettbewerb in einem Wettlauf um Marktanteile, Deutschland insgesamt in einem Aufholrennen zu anderen führenden Wirtschaftsnationen. Die angestrebte Geschwindigkeit ist nicht ohne Nebenwirkungen:

- Die Genehmigungsbehörden haben mit einer Flut von Anträgen zu kämpfen. Insbesondere eine nachvollziehbare Darstellung der geplanten Leitung stellt dabei eine ständige Herausforderung dar, da dafür kein einheitlicher Standard existiert.
- Straßenbauverwaltungen und Versorgungsunternehmen befürchten die Beschädigung ihrer Einrichtungen und die Behinderung zukünftiger Arbeiten. Die Leitungen liegen typischerweise in geringer Tiefe, sind schwer zu entdecken und leicht zu beschädigen (siehe Möller/Reuter, Bauschadenbericht 2020/21, S. 283<sup>6</sup>).
- Die Bauwirtschaft sieht sich verstärkter Konkurrenz von Newcomern auf dem deutschen Markt, dem Wunsch nach dem Einsatz günstigerer und vor allem schnellerer Bauverfahren und dem Risiko von Leitungsschäden gegenüber.

Hier wird aus drei sehr unterschiedlichen Perspektiven ein gemeinsames Problem betrachtet: die oft unzureichende Dokumentation geplanter und errichteter Leitungen.

<sup>6</sup> VHV Allgemeine Versicherung AG, Hannover (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2020/21. Stuttgart, Hannover, Fraunhofer IRB Verlag, 2021

Dieses Problem ist nicht neu, wird durch den Breitbandausbau aber ganz wesentlich verschärft. Über Straßengrundstücke in ganz Deutschland wird ein relativ fragiles, schwer zu reparierendes Glasfasernetz gelegt. Es muss daher ein neuer Fokus auf die Vorsorge gegen Leitungsschäden gelegt werden. Insbesondere die Bauwirtschaft kämpft seit Jahrzehnten für Verbesserungen bei der Leitungsdokumentation. Der Bedarf für eine zentrale Auskunftstelle, eine gesetzliche Auskunftspflicht der Leitungsbetreiber und einen einheitlichen Dokumentationsstandard zog sich bereits durch den Bauschadenbericht 2020/21 (siehe unter anderem Focke/Benz, S. 217 ff.; Möller/Reuter, S. 284 f.).

Durch Bauanfrageportale wie das der BIL eG konnte das Problem ein wenig gelindert, aber noch nicht vollständig behoben werden: Anfragen bleiben aufwendig, nicht alle Betreiber geben bereitwillig Auskunft, und was nicht dokumentiert ist, kann keine noch so sorgfältige Leitungsanfrage ermitteln. Dies wirft die Frage auf, ob und wie Gesetzgeber und Verwaltungen einen Beitrag zur Dokumentation leisten können. Erster Schritt dazu ist eine Analyse der bestehenden Rechtslage und der daraus resultierenden Möglichkeiten.

## **Dokumentationspflichten für Leitungen in öffentlichen Straßen**

### **Telekommunikationslinien**

Rechtsgrundlage für die Errichtungen von Telekommunikationslinien in öffentlichen Straßen ist das Zustimmungsverfahren nach § 127 TKG. Straßenbaulasträgern ist es dabei nach § 127 Abs. 8 TKG erlaubt, eine »im Bereich des jeweiligen Wegebaulasträgers übliche Dokumentation der Lage der Telekommunikationslinie nach geografischen Koordinaten« zu fordern. Da der Wegebaulasträger die »in seinem Bereich übliche« Dokumentation faktisch selbst definiert, stehen die Anforderungen im Ergebnis in seinem Ermessen.

### **Andere Versorgungsleitungen**

Dasselbe gilt im Ergebnis für andere Versorgungsleitungen, allerdings mit komplexer Rechtsgrundlage. Die Errichtung von Versorgungsleitungen mit Ausnahme von Telekommunikationslinien in öffentlichen Straßen erfolgt nach dem Straßenrecht – § 8 Abs. 10 FStrG bzw. der Norm des jeweiligen Landesstraßenrechts, beispielsweise § 23 Abs. 1 NStrG – auf Basis zivilrechtlicher Vereinbarung. Für diese Vereinbarungen wurden 1974 durch das Bundesministerium für Verkehr und die Verbände der Versorgungswirtschaft ein Rahmenvertrag (RaV) sowie ein Straßenbenutzungsvertrag für Leitungen der öffentlichen Versorgung in Bundesfernstraßen (MuV) entworfen. Beide sind veröffentlicht in den Richtlinien für die Benutzung der Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes (Nut-

zungsrichtlinien), die auf der Website des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) abrufbar sind.

Diese Muster sowie die Nutzungsrichtlinien wurden durch eine Verwaltungsvorschrift für die Straßenbauverwaltungen des Bundes und der Länder verbindlich eingeführt. Die Kommunen sind zur Verwendung nicht verpflichtet, wenden sie aber regelmäßig trotzdem an. Beide Muster enthalten Vorgaben zur Dokumentation:

- § 2 Abs. 1 S. 4 RaV sieht in Verbindung mit der zugehörigen Vereinbarung über die Einräumung des Straßenbenutzungsrechts vor, dass aussagekräftige Bestandsunterlagen vorgelegt werden.
- § 5 Abs. 1 MuV fordert für die Bestandsunterlagen Angaben über »Verlauf der Leitung und ihre Sicherungs- und Betriebseinrichtungen nach Lage und der Höhe«.

An das digitale Zeitalter, die aktuelle Baupraxis oder gar Building Information Modeling (BIM) wurden diese Vorgaben bisher nicht angepasst. Rahmen- und Mustervertrag wurden 1974 aufgestellt und 1986 das letzte Mal aktualisiert. Die Dokumentationspflichten stellen daher epochengerecht auf eine Vorlage in Papier ab – nach § 5 Abs. 1 S. 1 MuV bitte in dreifacher Ausfertigung. Dass die Dokumentationspflichten in beiden Vertragsmustern nicht deckungsgleich sind, ergänzt dieses Bild. Diese Kritik dahingestellt, sehen aber beide Vertragsmuster die Vorlage einer Dokumentation der errichteten Leitungen vor.

#### **Anerkannte Regeln der Technik: ATB-BeStra und DIN 18220**

Die erforderliche Dokumentation beider Arten von Leitungen wird durch die Allgemeinen Technischen Bestimmungen für die Benutzung von Straßen durch Leitungen und Telekommunikationslinien (ATB-BeStra) als anerkannte Regel der Technik näher konkretisiert. Deren Abschnitt 5 fordert eine Übergabe der »Koordinaten, Einmessungsrisse oder Pläne« nach den Vorgaben der Landesvermessung mit einer Abweichung von höchstens zehn Zentimetern und Vorlage innerhalb von drei Monaten nach Abschluss der Baumaßnahme. Alternativ wird die Gewährung eines kostenlosen Zugangs zu einem digitalen Datenbestand des Leitungsbetreibers zugelassen.

Im Frühjahr 2023 ist die Veröffentlichung der neuen DIN 18220 zu erwarten, die den Einsatz von »Trench-, Fräs- und Pflugverfahren zur Legung von Leerrohrinfrastrukturen und Glasfaserkabeln für Telekommunikationsnetze« beschreibt. Zur Dokumentation verweist der aktuelle Entwurf in Abschnitt 4.5 auf die ATB-BeStra, stellt aber einige zusätzliche Anforderungen. Die Standardabweichung wird auf fünf Zentimeter reduziert, wenn die Telekommunikationslinie im Bereich der Straßenkrone mindertief errichtet wird. Das betrifft insbesondere die Verlegung mit Trenching in Fahrbahnen, Geh- und Radwegen. Die Einmessung wird näher beschrieben, außerdem klargestellt, dass die Einmessdaten

in einem GIS-fähigen Format vorzulegen sind. Die DIN merkt explizit an, dass nähere Vorgaben durch andere Regelwerke und insbesondere die Nebenbestimmungen der Straßenbaulastträger vorrangig zu beachten sein können.

### **Verbesserungsbedarf bei der Umsetzung**

Wir sehen: Pflichten für eine verlässliche, kostenlose Leitungsauskunft bestehen bereits. Sie gehen sogar weiter als die Auskunft im Einzelfall. Leitungsbetreiber haben bereits nach Abschluss der Baumaßnahme vollständige Bestandsunterlagen vorzulegen. Berechtigte sind aber nicht etwa die Bauunternehmen, sondern die Straßenbauverwaltungen.

Dies führt zu einer Inkongruenz von Aufgabe, Kompetenz, Verantwortung und Information:

- Die Straßenbaulastträger sind zwar befugt, Leitungsdokumentationen einzuholen. Sie können so lückenlose Informationen über den Bestand aufbauen.
- Die Aufgabe der Bauausführung und Verantwortung für etwaige Leitungsschäden aber übertragen die Auftraggeber und Rechtsprechung in aller Regel auf die Bauunternehmen (vgl. Bauschadenbericht 2020/21, S. 284).

Folge ist, dass die Straßenbaulastträger nur geringe Anreize haben, ihre Befugnisse zu nutzen. Einige Verwaltungen haben sich zwar elaborierte digitale Systeme geschaffen. Andere setzen ihre Ansprüche hingegen gar nicht durch oder holen zwar Unterlagen ein, machen diese aber nicht für Dritte oder auch nur eigene Baumaßnahmen praktisch nutzbar. Ein bundesweiter Standard, gar eine bundesweite Stelle zur Vorhaltung und Weitergabe dieser Informationen wurde bisher nicht etabliert.

Die Bauunternehmen hingegen tragen die Verantwortung für Schäden, deren Vermeidung ihnen bei praxistauglicher Arbeitsweise kaum möglich ist. Zu Recht wies der Bauschadenbericht 2020/21<sup>7</sup> darauf hin, dass die Haftung der Bauunternehmen sich einer verschuldensunabhängigen Gefährdungshaftung sehr weit angenähert hat. Wo Straßenbauverwaltungen und Leitungsbetreiber noch selbst Bau- oder Unterhaltungsmaßnahmen ausführen, tragen sie diese Risiken selbst, was dann eher selbstverschuldet, aufgrund der Kosten für Volkswirtschaft und öffentliche Haushalte aber nicht weniger unbefriedigend ist. Hier müssen Verwaltung und bei Bedarf Gesetzgeber nachbessern. Wo Anreize fehlen, ist die Verwaltungspraxis durch Verwaltungsvorschrift oder gesetzliche Vorgaben im Sinne des größtmöglichen Gesamtwohls so anzupassen, dass eine sichere und effiziente Baupraxis ermöglicht wird.

<sup>7</sup> VHV Allgemeine Versicherung AG, Hannover (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2020/21. Stuttgart, Hannover, Fraunhofer IRB Verlag, 2021; siehe Moeller/Reuter, S. 284

### Ergebnis und Lösungsansatz

Die Straßenbauverwaltungen sind also auf Basis der aktuellen Gesetze befugt, eine umfassende Dokumentation von Leitungen zu fordern. Die Festlegung der zu liefernden Informationen und Datenformate liegt in ihrem Ermessen. Eine Anpassung von Verwaltungsvorschriften, Vertragsmustern und Nebenbestimmungen kann erforderlich sein, was aber in der Entscheidungsfreiheit und -verantwortung der Verwaltungen liegt.

Die Einrichtung eines zentralen Katasters und Auskunftserteilung an Dritte hingegen ist rechtlich problematischer, erschiene nach vorläufiger Bewertung aber ebenfalls zulässig. Klargestellt sei, dass es sich nicht um personenbezogene Daten im Sinne von Art. 4 Nr. 1 DSGVO handelt, wo schärfere Vorgaben für die Weitergabe unter Behörden gelten würden. Stattdessen handelt es sich um Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse, die aufgrund § 203 Abs. 2 Nr. 1 StGB nicht unbefugt »offenbart« werden dürfen. Die Zusammenführung in einem zentralen Kataster beim jeweiligen Straßenbaulastträger erscheint daher unproblematisch, da dadurch keine Daten an Dritte gegeben werden. Auch eine zentrale Vorhaltung unter mehreren oder allen Verwaltungen erscheint vertretbar, was aber nicht die einzige denkbare Bewertung ist.

Die Auskunftserteilung erscheint noch problematischer. Denkbar wäre es, die Auskunftserteilung auf das Umweltinformationsgesetz (UIG) des Bundes und der Länder zu stützen, beispielsweise das NUIG des Landes Niedersachsen. § 3 UIG schafft ein Jedermannsrecht auf Zugang zu Umweltinformationen, was nach § 2 Abs. 3 Nr. 1, 6 UIG auch die Lage von Bauwerken wie Versorgungsleitungen umfassen kann.

Es mag jedoch geboten sein, die Dateneinholung, -speicherung und -weitergabe für Zwecke des Bauwesens gesetzlich gesondert zu regeln. Denn spätestens um eine flächendeckende Umsetzung zu bewirken, ist eine möglichst klare, auch für den Nichtjuristen verständliche Rechtslage zu empfehlen. Deutschland verfügt über rund 11.000 Straßenbauverwaltungen, von denen – wie dargestellt – lediglich die Praxis der Bundes- und Landesverwaltungen durch verwaltungsinterne Vorgaben weitgehend standardisiert wurde. Insbesondere für die Sicherstellung einer einheitlichen Verwaltungspraxis der Gemeinden erscheinen gesetzliche Vorgaben daher erwägenswert.

Eine naheliegende Stelle für ein zentrales Leitungskataster ist das jüngst veröffentlichte Gigabit-Grundbuch des Bundes, das bei der Bundesnetzagentur geführt wird (<https://gigabitgrundbuch.bund.de/>). Das Gigabit-Grundbuch erfasst bereits jetzt einige Leitungen und Leerrohre, die sich für eine Mitverlegung von Telekommunikationslinien eignen. Die dafür eingerichteten Systeme erscheinen aber geeignet, auch andere Bestandsleitungen zu erfassen. Es fehlen dazu allein die Datenlieferung und – soweit erforderlich – die gesetzlichen Grundlagen für die Weitergabe der Daten an die Bundesnetzagentur und die Auskunftserteilung an Bauplaner und -unternehmer.

Ein solches Leitungskataster würde nicht auf einen Schlag alle Leitungsschäden vermeiden. Erfasst würden erst einmal nur neue Leitungen; eine Nacherfassung von Bestandsleitungen bedürfte voraussichtlich einer weiteren gesetzlichen Grundlage und erheblichen zeitlichen Vorlaufs. Keine noch so gute Dokumentation wird jede Beschädigung verhindern können. Auch wenn die Einrichtung eines Leitungskatasters zeitnah gelingt, wird daher noch genügend Bedarf für einen Bauschadenbericht 2024/25 bestehen.

Aber alle beteiligten Akteure sollten sich dafür einsetzen, dass zumindest eine kleine Erfolgsmeldung zu verzeichnen sein wird.

Das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bau und Digitalisierung bereitet in Zusammenarbeit mit dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. und dem Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen e.V. eine diesbezügliche Initiative vor. Impulse und Fragen zu Anforderungen, gesetzlicher und verwaltungsmäßiger Umsetzung sind jederzeit willkommen ([poststelle@mw.niedersachsen.de](mailto:poststelle@mw.niedersachsen.de)).

Klaus Albrecht ist Jurist und seit 2009 für das Land Niedersachsen tätig, erst für die Straßenbauverwaltung des Landes (NLStBV), seit 2021 beim Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung. Dort betreut er unter anderem die rechtlichen Aspekte des Breitbandausbaus einschließlich des Einsatzes alternativer Verlegetechniken und der Verbesserung behördlicher Verfahren mit Relevanz für den Breitbandausbau. Er ist Obmann der Expertengruppe Versorgungsleitungen der Länderfachgruppe Straßenrecht der Straßenbauverwaltungen und für das Bundesministerium für Digitalisierung und Verkehr (BMDV) Mitglied des DIN-Gremiums für die Erstellung der DIN 18220: Trench-, Fräs- und Pflugverfahren zur Legung von Leerrohrinfrastrukturen und Glasfaserkabeln für Telekommunikationsnetze.



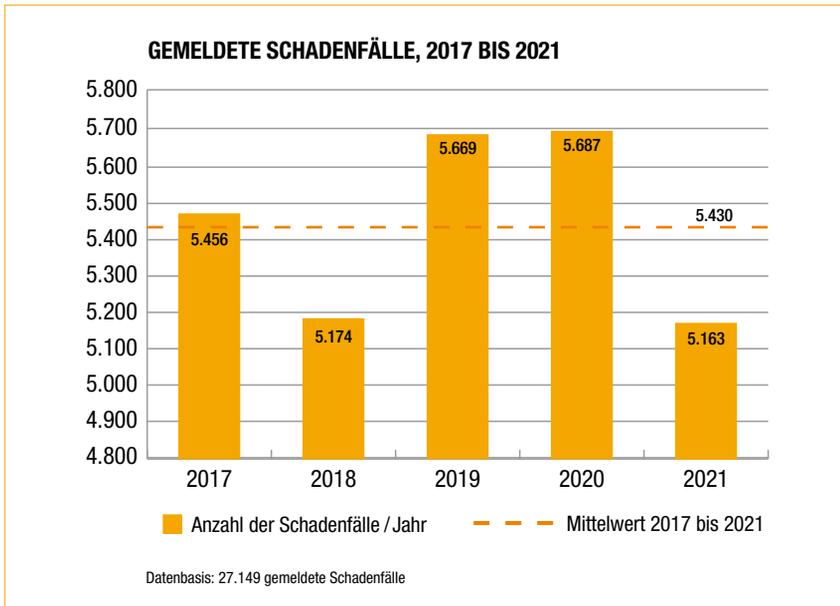
# 4 AKTUELLE SCHADENANALYSE

Am Anfang des vorliegenden Bauschadenberichts »Tiefbau und Sichere Infrastruktur 2022/23« stand eine umfangreiche Datenermittlung, die einen wesentlichen Aspekt der gesamten Bearbeitung darstellt. Hierfür wurden von den VHV Versicherungen rund 131.000 anonymisierte Datensätze aus den Jahren 2017 bis 2021 zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Aus diesem Datenpool wurden alle Schäden aus den Bereichen Tiefbau und unterirdische Versorgungsinfrastrukturen herausgefiltert, die als Grundlage für die weitere Bearbeitung dienen. Die so generierte Datenbasis umfasst insgesamt 27.149 Datensätze, die Schäden an unterirdischen Bauwerken und Infrastrukturen für die Kommunikations-, Wärme- und Energieversorgung betreffen.

## 4.1 Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten

Einen ersten Überblick über die aktuellen Schadenzahlen aus den Jahren 2017 bis 2021 bietet die Grafik in Abb. 01. Hier wird die Entwicklung der Schadenzahlen aus dem Bereich der Berufs- und Betriebshaftpflichtversicherungen (HV) über einen Zeitraum von fünf Jahren dargestellt.

Wie der Grafik zu entnehmen ist, liegt der Mittelwert, also das arithmetische Mittel, über den gesamten Betrachtungszeitraum bei 5.430 gemeldeten Schadenfällen. Es zeigt sich, dass die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle von rund 5.500 im Jahr 2017 auf rund 5.200 im Jahr 2021 leicht gesunken ist, was einem Rückgang von insgesamt etwa 5,4 Prozent entspricht. Die Betrachtung der einzelnen Jahre zeigt dagegen zum Teil erhebliche Schwankungen mit Ausschlägen nach oben und nach unten. So sind im Jahr 2018 insgesamt 5.174 Schadenfälle gemeldet worden, was in Bezug auf das Ausgangsjahr 2017 einen Rückgang von rund 5,2 Prozent bedeutet. Im Jahr 2019 zeigt sich dann ein entgegengesetzter Trend mit einem deutlichen Anstieg um 9,6 Prozent auf 5.669 gemeldete Schadenfälle. Diese Anzahl bleibt auch im Folgejahr ungefähr stabil, um im Jahr 2021 erneut zu sinken auf dann 5.163 Schadenfälle. Damit fällt der Wert, wie auch im Jahr 2018, wieder deutlich unter den Mittelwert, der hier um rund 5 Prozent unterschritten wird.



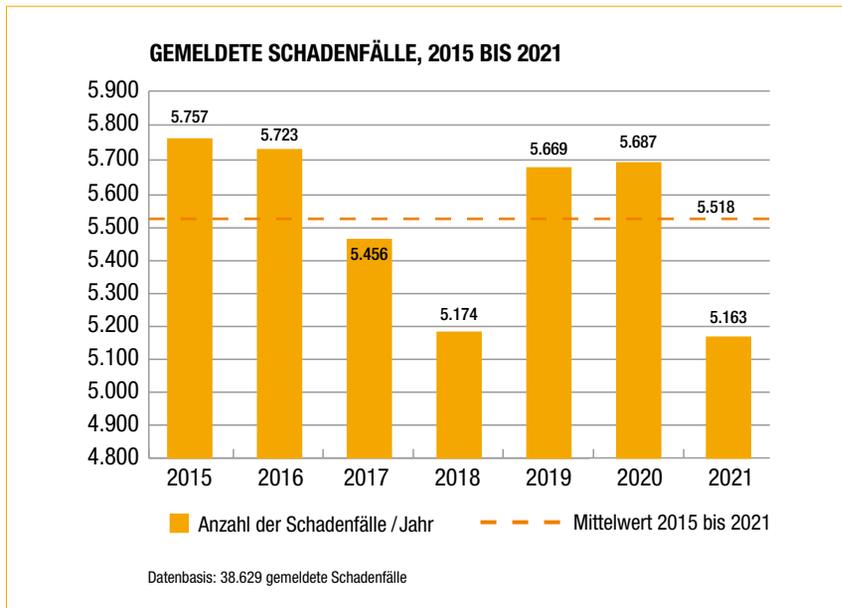
**Abb. 01:** Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Um eine Erklärung für das »plötzliche« Ansteigen bzw. Abfallen der gemeldeten Schadenfälle zu finden, wurden die vorliegenden Unterlagen genauer untersucht, was aber zu keinem konkreten Ergebnis führte. Für die Jahre 2019 und 2020 sind keine speziellen, besonders häufig auftretenden Schäden für den relativen Anstieg der Schadenzahlen verantwortlich zu machen (vgl. 4.2 »Entwicklung der Schadenarten«). Es ist lediglich festzustellen, dass in diesen Jahren insgesamt mehr Schadenfälle gemeldet worden sind. Ähnlich verhält es sich mit den Zahlen aus den Jahren 2018 und 2021. Auch hier zeigen die Auswertungen nur eine im Vergleich zu den Vorjahren geringere Anzahl von Schadenmeldungen.

Ob sich der Trend der stetig zu- und abnehmenden Schadenzahlen verfestigt, ist anhand dieser Auswertung nicht absehbar. Da – in diesem Zusammenhang – ein recht kurzer Zeitraum von fünf Jahren betrachtet wurde, können wirkliche Tendenzen naturgemäß nicht abgebildet werden. Darüber hinaus soll auch noch einmal darauf hingewiesen werden, dass es sich hier ausschließlich um Daten der VHV Versicherungen handelt und damit kein repräsentatives Gesamtbild sämtlicher bei allen Versicherungen gemeldeter Schadenfälle vorliegt.

Trotzdem ist es möglich, den Betrachtungszeitraum zumindest ein wenig zu erweitern. Dafür wird auf die entsprechende Auswertung des ersten VHV-Bauschadenberichts zum

Thema Tiefbau und Infrastruktur<sup>1</sup> zurückgegriffen, in dem die Entwicklung der Schadenzahlen von 2015 bis 2019 untersucht wurde. Mit diesen Daten stehen vergleichbare Zahlen als Erweiterung der aktuellen Betrachtung zur Verfügung, die in der Grafik in Abb. 02 zusammengeführt werden. Dabei zeigt sich eine gewisse Gleichmäßigkeit bei Rückgang, Zunahme und erneutem Rückgang der Schadenfälle.



**Abb. 02:** Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2015 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

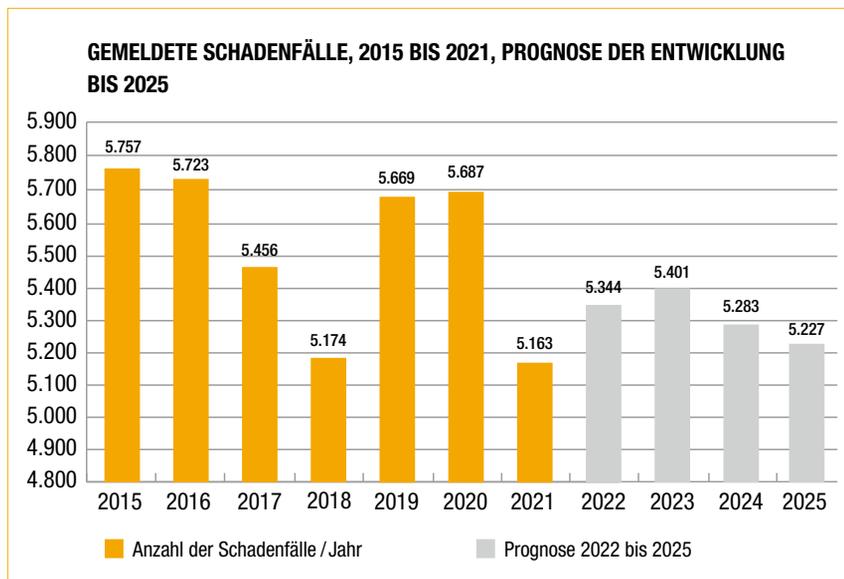
Vergleichende aktuelle Studien zum Thema würden bei der Einordnung der vorliegenden Zahlen hilfreich sein, allerdings sind den Autoren keine bekannt. Die einzige vorliegende Untersuchung »Analyse von Kabel- und Leitungsschäden«<sup>2</sup> stammt aus dem Jahr 2014 und betrachtet den Zeitraum von 2005 bis 2010. Die dort gesammelten Daten sind damit zwar nicht auf dem neuesten Stand, bieten aber immerhin einen Anhaltspunkt. Demnach lässt sich eine grundsätzlich sinkende Tendenz bei den Schadenzahlen nicht bestätigen, da über den Betrachtungszeitraum hohe Zuwachsraten von bis zu 100 Prozent aufgezeigt werden.

1 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2020/21. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021

2 Institut für Bauforschung e.V. (Hrsg.): Analyse von Kabel- und Leitungsschäden. Entstehung, Schadenvolumen, Folgeprozesse, Prävention. Hannover: Selbstverlag, 2014

Hier ist zu ergänzen, dass bei den Tiefbautätigkeiten seit Jahren ein kontinuierlicher Zuwachs zu verzeichnen ist. Das ist unter anderem auf notwendige Reparaturarbeiten an den häufig veralteten Versorgungsleitungen zurückzuführen. Vor allem aber besteht im Bereich der Telekommunikations-Infrastruktur deutschlandweit ein großer Ausbaubedarf. Da bei zunehmender Bautätigkeit auch mit zunehmender Schadenhäufigkeit zu rechnen ist, können steigende Schadenzahlen im Grunde nicht überraschen.

In diesem Zusammenhang wurde eine Vorhersage des möglichen zukünftigen Schadenaufkommens auf Grundlage der vorhandenen Schadenzahlen erstellt. Wie der Grafik in Abb. 03 zu entnehmen ist, werden demnach für das Jahr 2022 und für das Folgejahr geringfügig steigende Fallzahlen prognostiziert, die dann in den Jahren 2024 und 2025 wieder leicht sinken werden. Ob diese Prognose im Wesentlichen zutrifft oder zumindest ein grundsätzlicher Trend abgebildet wird, lässt sich allerdings erst in zwei bis drei Jahren sagen.

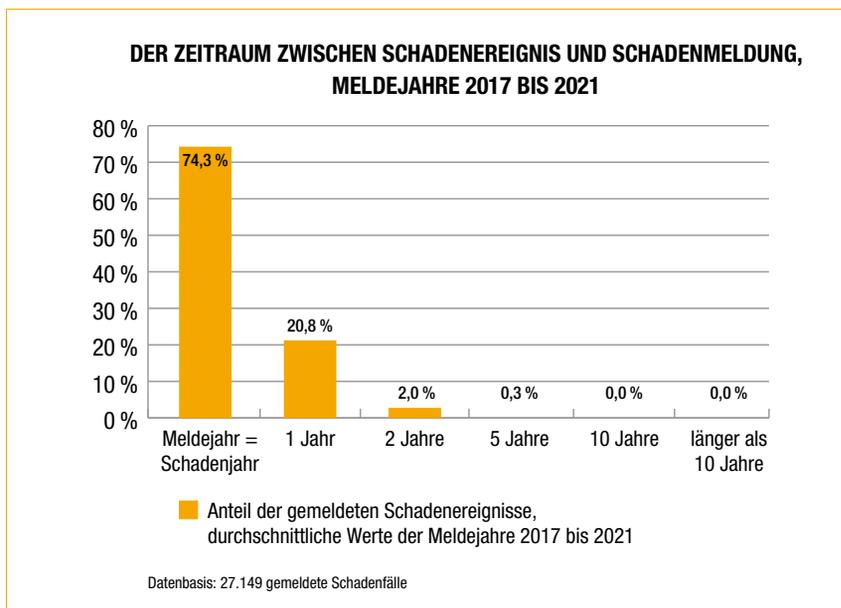


**Abb. 03:** Anzahl der gemeldeten Schadenfälle 2015 bis 2021, mit einer Prognose der Entwicklung bis zum Jahr 2025 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Bei der Interpretation der Schadenzahlen ist zu berücksichtigen, dass die derzeit vorliegenden bzw. gemeldeten Schadenzahlen aller Wahrscheinlichkeit nach nicht die endgültigen Zahlen darstellen. Bei einem relativ kurzen Betrachtungszeitraum von fünf Jahren ist auch später noch mit (Nach-)Meldungen weiterer Schadenfälle zu rechnen, beispielsweise während der Gewährleistungsphase. Aus diesem Grund ist bei einer Schadenana-

lyse neben dem Meldejahr, also dem Zeitpunkt der Schadenmeldung beim Versicherer, auch das Schadenjahr, also der Zeitpunkt des Schadenereignisses, zu beachten.

Die entsprechende Untersuchung der vorliegenden Schadenfälle ergibt, dass rund drei Viertel aller Schäden im Jahr des Auftretens gemeldet werden; hier entspricht das Meldejahr dem Schadenjahr. Bei rund einem Fünftel der Schadenfälle liegt zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung ein Jahr (bzw. 12 bis 23 Monate), während weitere 2 Prozent der Schadenfälle nach rund zwei Jahren (24 bis 35 Monate) gemeldet werden. Dass die Schadenmeldung nach fünf oder mehr Jahren erfolgt, kommt dagegen sehr selten vor (vgl. Abb. 04).

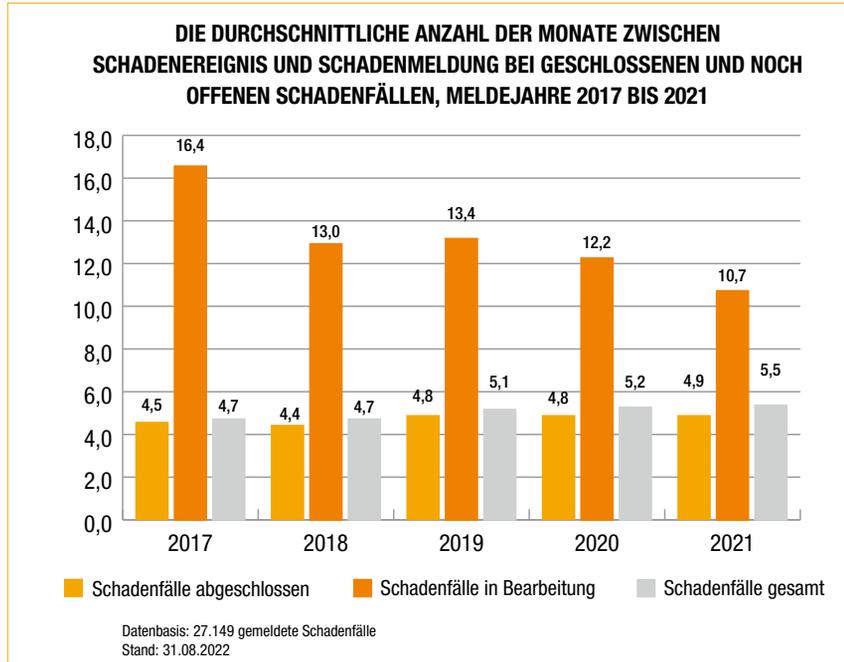


**Abb. 04:** Zeitraum zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung, Meldejahre 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Hieraus ergibt sich, dass die vorliegenden Schadenzahlen nicht nur geschlossene Schadenfälle enthalten, sondern auch Schadenfälle, die sich noch in Bearbeitung befinden. Unter Berücksichtigung dieser Umstände wird der Zeitraum zwischen dem Schadenereignis, also dem Auftreten des Schadens, und der Schadenmeldung, also dem Erkennen und Melden beim Versicherer, noch einmal genauer untersucht. Wie der Grafik in Abb. 05 zu entnehmen ist, gibt es diesbezüglich erhebliche Unterschiede zwischen den geschlossenen und den noch offenen Schadenfällen.

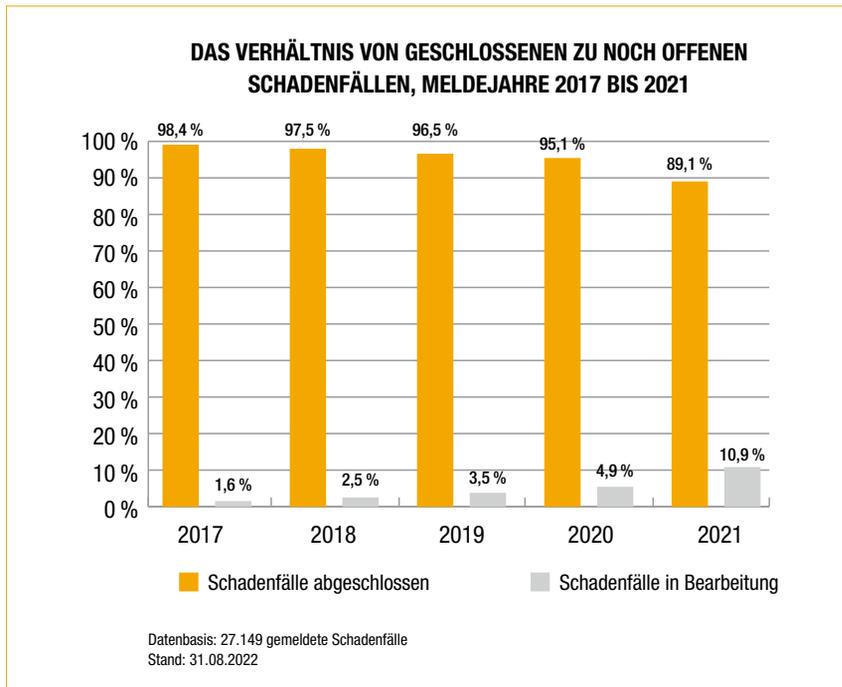
So beträgt bei den im Meldejahr abgeschlossenen Schadenfällen (Meldejahr = Schadenjahr) die Dauer zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung über den gesamten Betrachtungszeitraum gesehen durchschnittlich rund 4,7 Monate. Tatsächlich steigt die Dauer von durchschnittlich 4,5 Monaten im Jahr 2017 auf durchschnittlich 4,9 Monate im Jahr 2021 geringfügig an und bleibt damit im Wesentlichen stabil. Ganz anders verhält es sich bei den im jeweiligen Meldejahr noch nicht abgeschlossenen Schadenfällen, denn hier liegt zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung mit durchschnittlich 13 Monaten ein deutlich längerer Zeitraum als bei den geschlossenen Schadenfällen. Darüber hinaus ist über den gesamten Betrachtungszeitraum ein deutliches Absinken der Dauer zu erkennen. Diese beträgt im Meldejahr 2017 durchschnittlich 16,4 Monate, im Meldejahr 2021 dagegen nur noch durchschnittlich 10,7 Monate (vgl. Abb. 05).

Aus diesen Daten lässt sich möglicherweise ein Zusammenhang ableiten, der zwischen der »Meldedauer« und dem Umfang eines Schadenfalls besteht. So sind Schadenfälle, die relativ schnell erkannt werden (zum Beispiel offensichtliche Schäden), offenbar auch schnell zu beheben und damit abzuschließen. Schadenfälle, die dagegen erst nach längerer Zeit erkannt werden (zum Beispiel verdeckte Schäden), befinden sich demnach auch länger in Bearbeitung. Ein Grund hierfür könnte die Komplexität der Schäden sein, da sie sich über einen längeren Zeitraum entwickeln konnten.



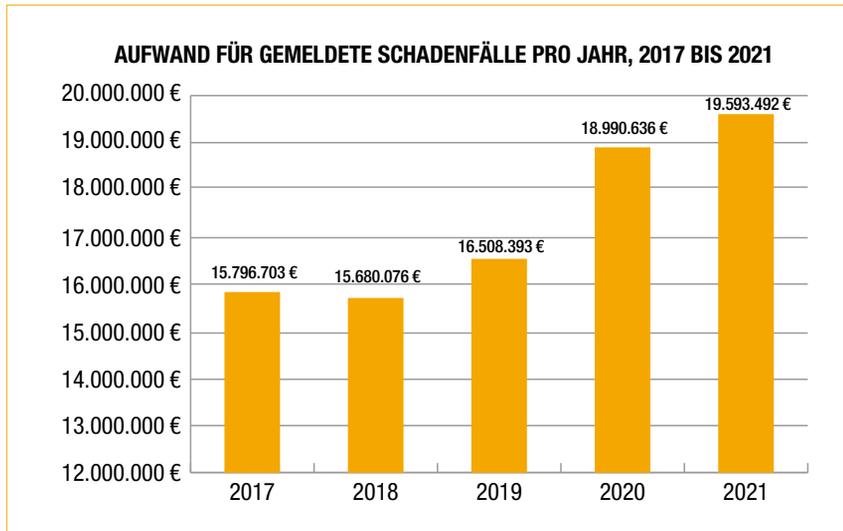
**Abb. 05:** Durchschnittliche Anzahl der Monate zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung bei geschlossenen und noch offenen Schadenfällen [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Einen Überblick über das Verhältnis von geschlossenen zu noch offenen Schadenfällen zum Stichtag 31. August 2022 (Stand der Datenerhebung) gibt die Grafik in Abb. 06. Die Bearbeitungsquote bezieht sich auf die im jeweiligen Jahr gemeldeten Schadenfälle. Demnach sind 2017 mit einem Anteil von mehr als 98 Prozent fast alle in diesem Jahr gemeldeten Schadenfälle abgeschlossen bzw. fertig bearbeitet, während die Bearbeitungsquote im Jahr 2021 (nur) noch rund 89 Prozent beträgt.



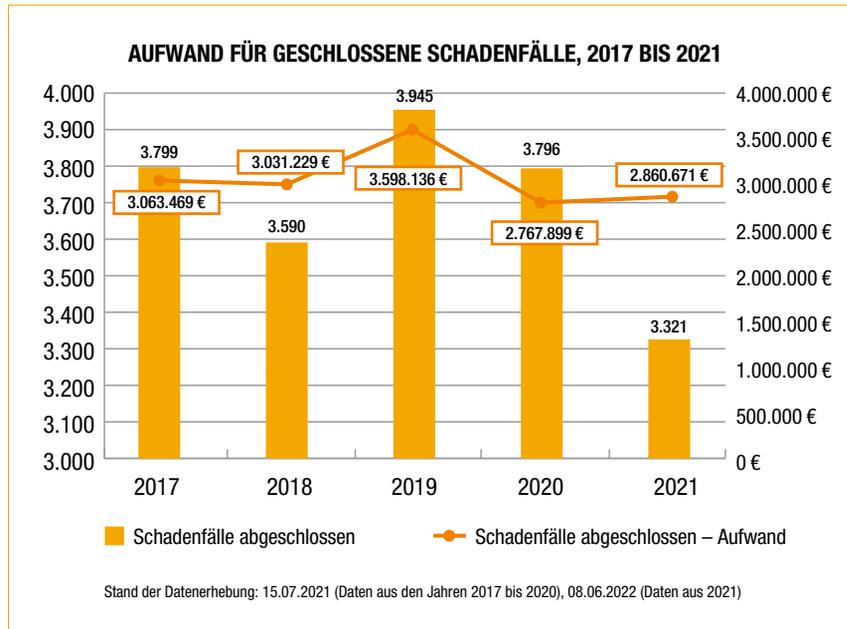
**Abb. 06:** Verhältnis der geschlossenen zu den noch offenen Schadenfällen, Meldejahre 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Zu einer vollständigen Beschreibung der Entwicklung der Schadenfälle gehört neben der Betrachtung der Schadenzahlen auch die der anfallenden Aufwendungen (»Schadenkosten«). Wie der Grafik in Abb. 07 zu entnehmen ist, steigen diese über den gesamten Betrachtungszeitraum kontinuierlich an. Bei genauerer Betrachtung ist jedoch erst einmal ein Rückgang der Schadenkosten zu erkennen. Diese fallen zwischen 2017 und 2018 leicht um rund 1 Prozent, um im darauffolgenden Jahr um rund 5 Prozent wieder zu steigen. Nach einem weiteren deutlichen Anstieg um 15 Prozent im Jahr 2020 steigen die Schadenkosten bis zum Jahr 2021 nochmals um rund 3 Prozent auf dann rund 19.600.000 Euro pro Jahr. Auf den gesamten Betrachtungszeitraum bezogen entspricht das einem Anstieg von rund 24 Prozent.



**Abb. 07:** Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle pro Jahr, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

In diesem Zusammenhang soll kurz auf die Unterschiede eingegangen werden, die die Aufwendungen für geschlossene und noch offene Schadenfälle betreffen. Demnach ist für die im Meldejahr abgeschlossenen Schadenfälle (Meldejahr = Schadenjahr) in den ersten beiden Jahren eine ähnliche Entwicklung wie in der Gesamtauswertung zu erkennen. So gibt es auch hier zwischen 2017 und 2018 einen minimalen Rückgang der Schadenkosten. Im Jahr 2019 ist dann ein deutlicher Anstieg von rund 19 Prozent zu verzeichnen, dem im Jahr 2020 ein noch deutlicherer Rückgang um rund 23 Prozent folgt. Wie in Abb. 08 zu erkennen ist, fallen bzw. steigen die zugehörigen Schadenzahlen mehr oder weniger gleichmäßig mit. Interessant ist daher die Entwicklung im Jahr 2021, denn hier steigen die Aufwendungen zwar wieder minimal an, die Anzahl der zugehörigen Schadenfälle nimmt aber deutlich ab. Hier stehen also relativ wenige Schadenfälle relativ hohen Schadenkosten gegenüber. Über den gesamten Betrachtungszeitraum sinken die anfallenden Aufwendungen für die im Meldejahr abgeschlossenen Schadenfälle um rund 7 Prozent.

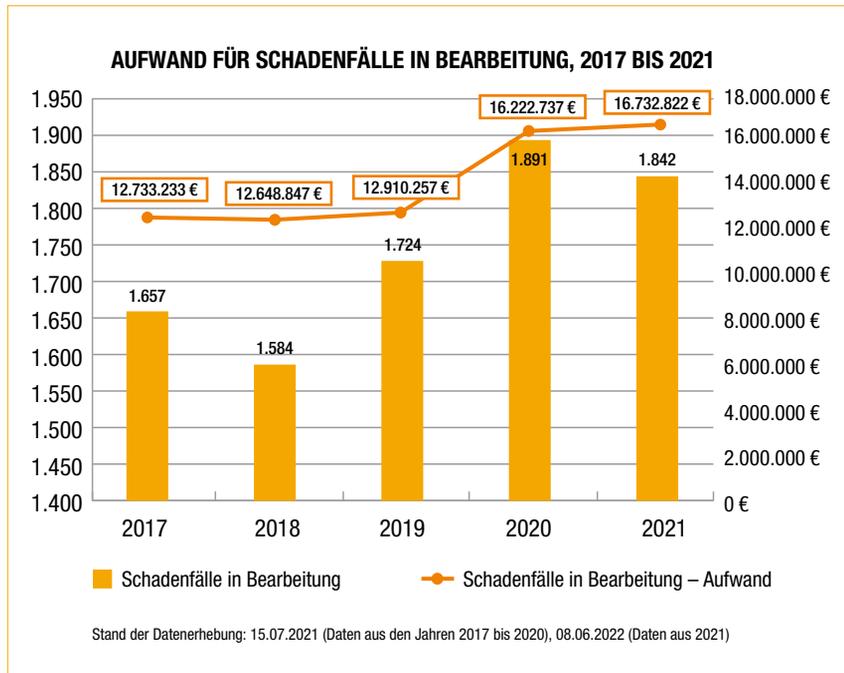


**Abb. 08:** Aufwand für geschlossene Schadenfälle, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine etwas andere Entwicklung ist bei den anfallenden Aufwendungen für die Schadenfälle in Bearbeitung zu erkennen. Hier sind die Schadenkosten in den ersten drei Betrachtungsjahren im Wesentlichen stabil, während es im Jahr 2020 eine erhebliche Steigerung von rund 25 Prozent zu verzeichnen gibt (vgl. Abb. 09). Auch im Folgejahr steigen die Schadenkosten, mit rund 3 Prozent allerdings vergleichsweise moderat. Die Änderungen bei den zugehörigen Schadenzahlen verlaufen auch hier mehr oder weniger analog zu den Bewegungen bei den Kosten, wobei das Verhältnis zwischen Schadenzahl und Aufwand im Jahr 2021 nicht so extrem ist wie bei den im Meldejahr abgeschlossenen Schadenfällen. Über den gesamten Betrachtungszeitraum steigen die anfallenden Aufwendungen für die noch offenen Schadenfälle um rund 31 Prozent.

Im direkten Vergleich der Entwicklung der geschlossenen und noch offenen Schadenfälle fällt auf, dass die Anzahl und die Schadenkosten über den Betrachtungszeitraum jeweils in einem ungefähr gleichen Verhältnis zueinanderstehen. So beträgt die Anzahl der noch offenen Schadenfälle jeweils (grob gerechnet) ungefähr die Hälfte der Anzahl der geschlossenen Schadenfälle, während die aufzuwendenden Schadenkosten für die noch offenen Schadenfälle jeweils rund das Viereinhalbfache der geschlossenen Schadenfälle betragen.

Damit zeigt sich, dass Schadenfälle, die erst nach längerer Zeit erkannt werden, im Durchschnitt nicht nur länger bearbeitet werden als schnell erkannte Schäden (siehe oben), sondern dass auch die Schadenkosten um ein Vielfaches höher liegen.



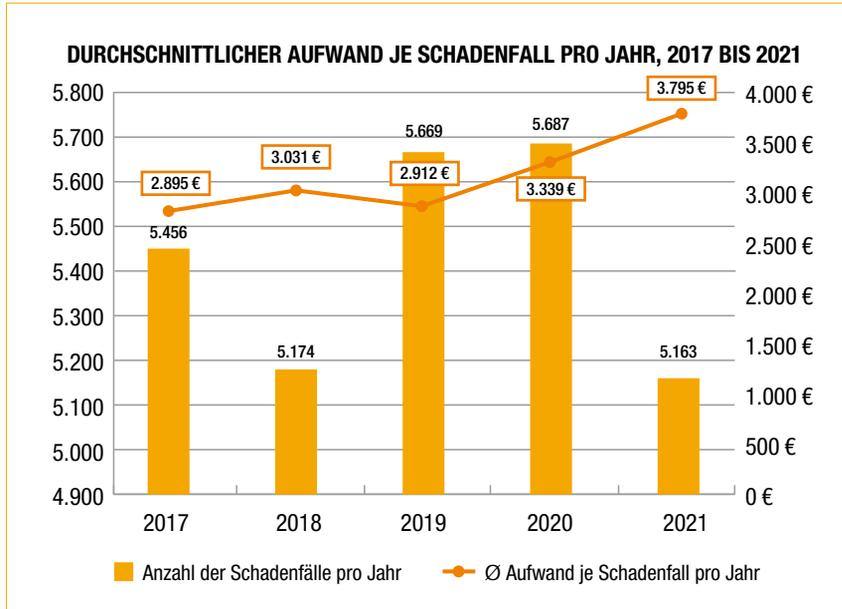
**Abb. 09:** Aufwand für Schadenfälle in Bearbeitung, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine Betrachtung der aufzuwendenden Schadenkosten je Schadenfall ermöglicht die Grafik in Abb. 10. Hier wird gezeigt, dass – analog zu den Gesamtschadenkosten (vgl. Abb. 07) – auch bei den durchschnittlich pro Schadenfall und Jahr anfallenden Schadenkosten ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen ist. Dieser Anstieg verläuft über den gesamten Betrachtungszeitraum nahezu linear, bis auf einen leichten Einbruch im Jahr 2019. Insgesamt steigen die durchschnittlichen Aufwendungen von rund 2.900 Euro auf rund 3.800 Euro je Schadenfall und Jahr. Dies entspricht einem Gesamtanstieg von rund 30 Prozent über den gesamten Betrachtungszeitraum von fünf Jahren.

Diese Entwicklung ist aufgrund der Höhe der Steigerung und der daraus resultierenden Kosten für sich genommen schon bemerkenswert. Im Zusammenhang mit der Feststellung mutmaßlich sinkender Schadenzahlen bedeutet dies zudem, dass die Regulierung eines Tiefbauschadens offenbar immer höhere Kosten verursacht. Um diese These zu

überprüfen, sollen die Anzahl (vgl. Abb. 01) und der Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle (vgl. Abb. 07) ins Verhältnis gesetzt werden.

Wie aus Abb. 10 hervorgeht, sind für das Jahr 2017 rund 5.500 Schadenfälle gemeldet, wobei der hierfür anfallende durchschnittliche Aufwand bei rund 2.900 Euro je Fall und Jahr liegt und damit die vergleichsweise niedrigsten Schadenkosten des Betrachtungszeitraums darstellt. Im Folgejahr sinkt die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle um rund 5 Prozent, die aufzuwendenden Schadenkosten steigen dagegen um 5 Prozent. Im Jahr 2019 dreht sich die Vorjahrestendenz um und die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle steigt um fast 10 Prozent, während die Schadenkosten um rund 4 Prozent sinken. Für das darauffolgende Jahr ist eine Stagnation der gemeldeten Schadenzahlen zu verzeichnen, während die Schadenkosten mit einem Wert von 15 Prozent deutlich ansteigen. Für das Jahr 2021 sind dann wieder sinkende Schadenzahlen zu erkennen, die mit 5.163 gemeldeten Fällen die geringste Anzahl des Betrachtungszeitraums darstellen. Parallel dazu steigen die durchschnittlichen Aufwendungen im Vergleich zum Vorjahr noch einmal erheblich an und erreichen mit rund 3.800 Euro die höchsten durchschnittlichen Schadenkosten des Betrachtungszeitraums. Anhand der vorliegenden Zahlen lässt sich die Annahme der steigenden Aufwendungen für die Regulierung von Tiefbauschäden – bezogen auf den Betrachtungszeitraum – bestätigen.



**Abb. 10:** Durchschnittlicher Aufwand je Schadenfall pro Jahr, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

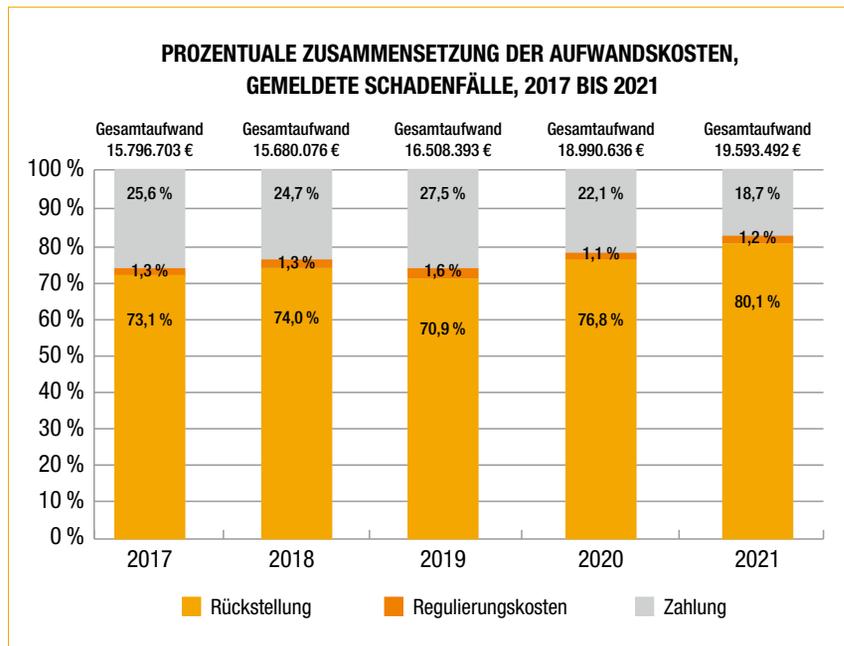
In diesem Zusammenhang soll der Begriff »Aufwand« genauer erläutert werden. Hierbei handelt es sich um die Gesamtheit aller Kosten, die mit einer Schadenbeseitigung verbunden sind. Im Einzelnen setzen sich diese Kosten zusammen aus der versicherungstechnischen Rückstellung, den Regulierungskosten und der eigentlichen Zahlung.

Die versicherungstechnische Rückstellung wird auch Reserve genannt. Hierbei handelt es sich um Rückstellungen, die jeweils fallabhängig und als anfängliche Schätzung für noch nicht abgeschlossene Schadenfälle gebildet werden. Die Höhe der Summe wird spätestens nach 6 Monaten überprüft und gegebenenfalls angepasst.

Bei den Regulierungskosten handelt es sich um Kosten, die mit der eigentlichen Bearbeitung des Schadenfalls zu tun haben. Hierunter fallen zum Beispiel Kosten für beteiligte externe Personen oder Institutionen wie Anwälte oder Gutachter.

Die Zahlung steht am Ende einer Fallbearbeitung und umfasst die ermittelte Geldleistung, die zu zahlen ist.

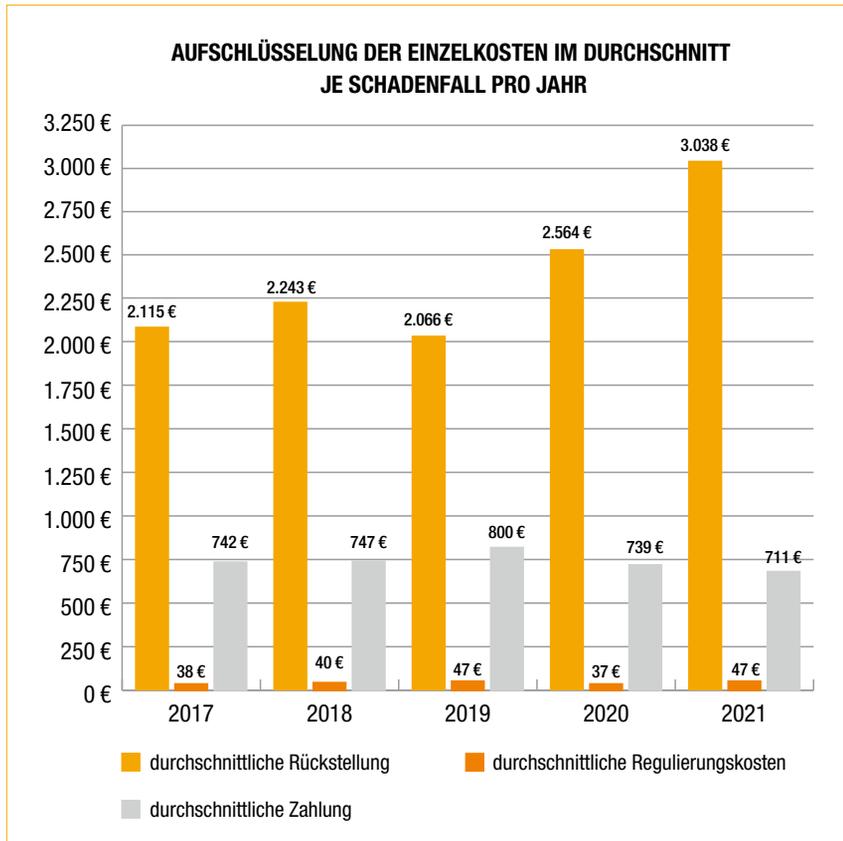
Die grafische Darstellung der prozentualen Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten veranschaulicht eindrucksvoll deren Größenverhältnis zueinander und mag im ersten Moment überraschen. Wie aus Abb. 11 zu entnehmen ist, liegt der Kostenschwerpunkt eindeutig auf den Rückstellungen bzw. auf dem Anlegen von Reserven. Hierzu sind die Versicherer verpflichtet, um bereits eingetretene, aber noch nicht abgewickelte Schadenfälle abzudecken. Insgesamt entfallen auf die Rückstellungen jährlich durchschnittlich 75 Prozent des Gesamtaufwands, während der Anteil der tatsächlich geleisteten Zahlungen mit jährlich durchschnittlich 23,7 Prozent weitaus geringer ausfällt. Die Regulierungskosten schließlich stellen mit jährlich durchschnittlich 1,3 Prozent den geringsten Kostenanteil dar. Aus der Grafik geht weiterhin hervor, dass die ermittelten Zahlen und deren Größenverhältnis zueinander über den Betrachtungszeitraum im Wesentlichen stabil sind.



**Abb. 11:** Die prozentuale Zusammensetzung der Aufwandskosten aller gemeldeten Schadenfälle, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Abschließend soll der Umfang der einzelnen Kostenkomponenten je Schadenfall pro Jahr anhand konkreter Summen anschaulich dargestellt werden. Wie aus der Grafik in Abb. 12 hervorgeht, ist über den gesamten Betrachtungszeitraum bei den Regulierungskosten eine leichte Steigerung und bei den Zahlungen ein moderater Rückgang zu erkennen. Eine ganz andere Entwicklung zeigt sich bei den Rückstellungen, die von durchschnittlich rund 2.100 Euro im Jahr 2017 auf über 3.000 Euro im Jahr 2021 ansteigen, was einem Zuwachs von rund 44 Prozent entspricht.

Um diesen deutlichen Anstieg zu verstehen, der sich besonders in den Jahren 2020 und 2021 zeigt, wurden die vorliegenden Unterlagen erneut genauer untersucht. Da für diese Jahre steigende Aufwendungen dokumentiert wurden (vgl. Abb. 10) und insbesondere für das Jahr 2021 eine sinkende Anzahl von Schadenmeldungen (vgl. Abb. 01), ist zu vermuten, dass die steigenden Rückstellungen bei gleichzeitig sinkenden Schadenfällen mit der Art der Schäden in Verbindung stehen könnten. Entsprechende Untersuchungen und die Ergebnisse werden in Kap. 4.2 »Entwicklung der Schadenarten« dargestellt.

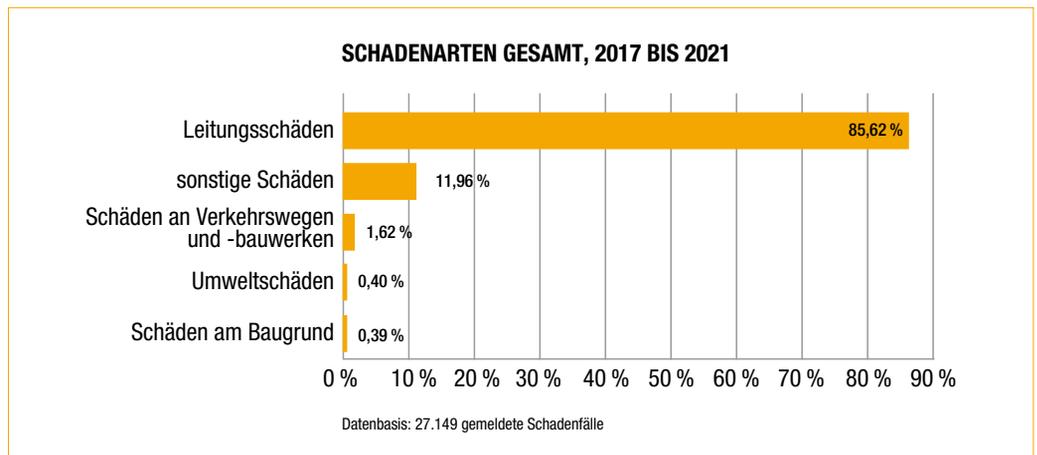


**Abb. 12:** Die Aufschlüsselung der durchschnittlichen Einzelkosten je Schadenfall pro Jahr, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

## 4.2 Entwicklung der Schadenarten

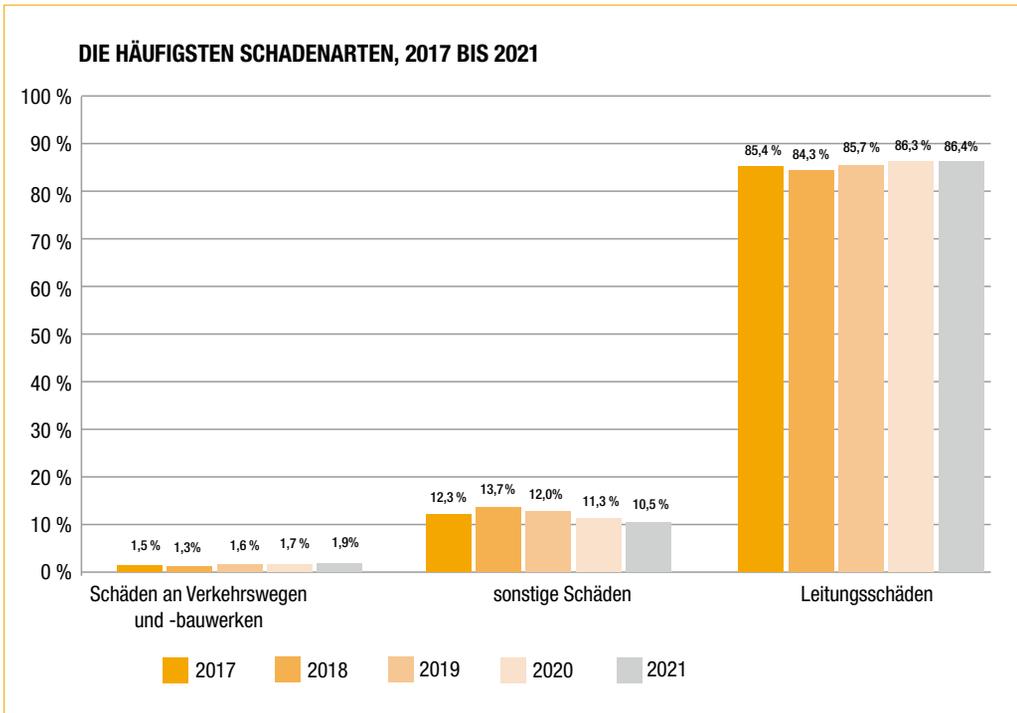
Nachdem bisher die abstrakten Schadenzahlen und die daraus resultierenden Kosten thematisiert worden sind, soll nun ganz konkret auf die tatsächlichen Schäden eingegangen werden. Dazu wurden aus den vorliegenden Datensätzen die wesentlichen Schadenarten herausgefiltert.

Schadenarten beschreiben ganz grundsätzlich, um welchen Schaden es sich im betreffenden Fall handelt. Aus der Grafik in Abb. 13 geht hervor, dass sich die Schäden im Untersuchungszeitraum zwischen 2017 und 2021 auf einige wenige Schadenarten verteilen. Hier liegt der Schwerpunkt mit einem Anteil von mehr als 85 Prozent ganz eindeutig bei den Leitungsschäden. Weitere rund 12 Prozent entfallen auf nicht näher definierte sonstige Schäden. Die »Entschlüsselung« der tatsächlichen Schadenarten, die sich dahinter verbergen, war den Autoren nicht möglich. Andere festgestellte Schadenarten sind Schäden an Verkehrswegen und Verkehrsbauwerken, Umweltschäden und Schäden am Baugrund, die mit insgesamt rund 2,5 Prozent aber nur einen vergleichsweise geringen Anteil an den Gesamtschadenarten darstellen.



**Abb. 13:** Die festgestellten Schadenarten, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Die Entwicklung der Schadenarten über den Betrachtungszeitraum ist der Grafik in Abb. 14 zu entnehmen. Hier wird der jeweilige prozentuale Anteil der drei häufigsten Schadenarten an der Gesamtschadenzahl dargestellt. Wie die Grafik zeigt, nimmt der Anteil der sonstigen Schäden über den Betrachtungszeitraum kontinuierlich ab, während die Schäden an Verkehrswegen und Verkehrsbauwerken sowie die Leitungsschäden auf niedrigem Niveau konstant ansteigen.



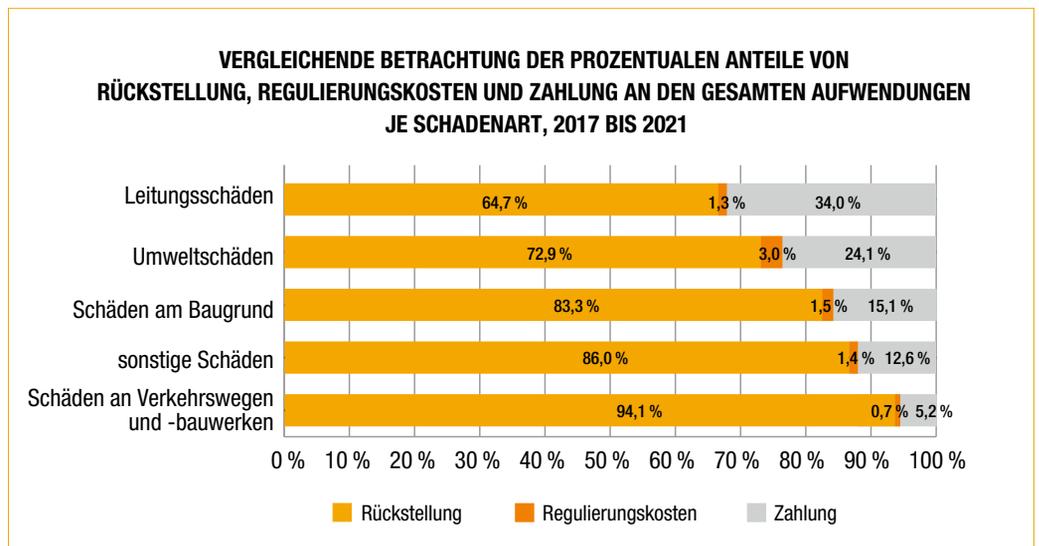
**Abb. 14:** Die häufigsten festgestellten Schadenarten, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Für eine eingehende Schadenanalyse ist neben der Aufschlüsselung in die einzelnen Schadenarten insbesondere der damit verbundene finanzielle Aufwand für die jeweilige Schadenbeseitigung von Bedeutung. Die prozentualen Anteile der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Aufwendungen je Schadenart sind in Abb. 15 dargestellt. Es ist auffällig, wie sehr sich vor allem die Anteile der versicherungstechnischen Rückstellungen und die der Zahlungen je nach Schadenart unterscheiden. So entfallen bei Schäden an Verkehrswegen und Verkehrsbauwerken durchschnittlich rund 95 Prozent und damit fast die gesamten Aufwendungen auf die Rückstellungen, während der Anteil für die Zahlungen sehr gering ist und durchschnittlich bei 5 Prozent liegt.

Demgegenüber werden bei anderen Schadenarten im Vergleich geringere Reserven gebildet und höhere Zahlungen geleistet, wie beispielsweise bei Leitungsschäden. Hier beträgt der Anteil der Rückstellungen durchschnittlich rund 65 Prozent, während auf die Zahlungen mit einem Anteil von 34 Prozent rund ein Drittel der gesamten Aufwendungen entfällt. Weitere relativ hohe Zahlungen sind bei Umweltschäden zu verzeichnen, die einen Anteil von durchschnittlich rund 24 Prozent bzw. rund einem Viertel der gesamten Aufwendungen aufweisen.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die betreffende Datenbasis nicht nur aus abgeschlossenen Schadenfällen besteht. In die Auswertung sind ebenso Schadenfälle eingeflossen, die sich noch in Bearbeitung befinden. Dies bedeutet, dass die Auswertung eine Momentaufnahme darstellt, da parallel sowohl die Rückstellungen für die noch nicht geschlossenen Schadenfälle als auch die Zahlungen für die bereits geschlossenen Schadenfälle enthalten sind.

Insofern ist nicht grundsätzlich davon auszugehen, dass das Verhältnis von Rückstellung zu Zahlung stets wie in der Grafik in Abb. 15 dargestellt ausfällt. Bei der Höhe der versicherungstechnischen Rückstellungen handelt es sich um Einzelfallentscheidungen, die zu Beginn der Schadenbearbeitung anhand der vorliegenden Informationen vorgenommen werden und immer auf Schätzungen zum erwarteten Aufwand beruhen. Dennoch ist anzunehmen, dass bei Schadenfällen mit erfahrungsgemäß hohen Schadenbeseitigungskosten tendenziell größere Reserven gebildet werden als bei weniger »kostenintensiven« Schäden.

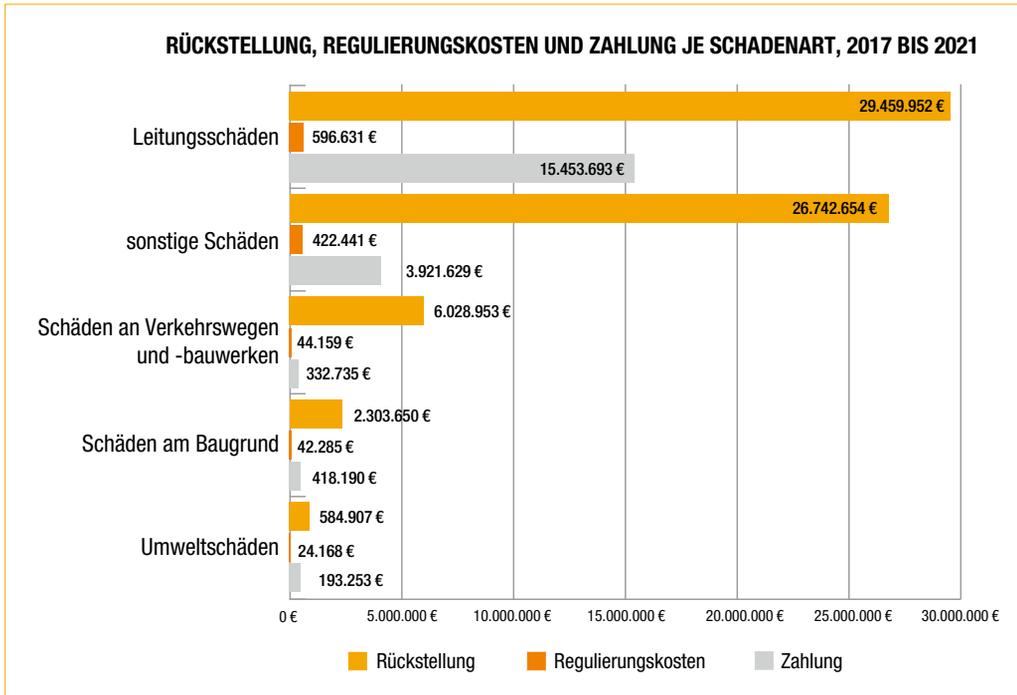


**Abb. 15:** Die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Aufwendungen je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Während mit der Grafik in Abb. 15 das relative Verhältnis der einzelnen Kostenkomponenten zueinander dokumentiert wird, sollen im Folgenden diese Daten zusätzlich mit absoluten Zahlen – also mit konkreten Summen – hinterlegt werden. Wie die Grafik in Abb. 16 zeigt, lässt sich so die Relevanz der einzelnen Schadenarten wesentlich plastischer darstellen. Mit dem Hintergrundwissen, dass die Höhe einer Rückstellung immer auf einer Risikoabschätzung beruht, können zumindest vorsichtige Rückschlüsse auf die

erwarteten Schadenbeseitigungskosten gezogen werden. So wird auch eher nachvollziehbar, warum die Rückstellungen für Leitungsschäden die beachtliche Höhe von rund 30 Millionen Euro aufweisen und damit nur um ein Fünftel niedriger ausfallen als die Rückstellungen aller weiteren Schadenarten zusammen ( $\Sigma$  = rund 36 Millionen Euro).

Bei Leitungsschäden handelt es sich ganz allgemein um Beschädigungen der Versorgungsinfrastruktur, die zu Einschränkungen bis hin zum vollständigen Ausfall der Nutzung führen können. Charakteristisch für Schadenbehebungen im Tiefbaubereich ist, dass in diesem Rahmen nicht nur der eigentliche Schaden beseitigt wird, sondern meist auch noch zusätzliche Maßnahmen erforderlich werden. So wird zum Beispiel bei einer Leckage in einer Wasserleitung nicht nur das beschädigte Rohrstück ersetzt. Kam es auch zu Unterspülungen, muss der gesamte betroffene Bereich freigelegt und vor Einsturz gesichert werden. Bei einem unkontrollierten Wasseraustritt können zudem die Standsicherheit der Baugrube und der benachbarten Gebäude beeinträchtigt sein. Hier wäre unter anderem die Tragfähigkeit des Baugrundes zu prüfen, im schlimmsten Fall müsste die Standsicherheit der angrenzenden Gebäude nachgewiesen werden. Aufgrund dieser und ähnlich umfangreicher Schadenbehebungsmaßnahmen werden gerade bei Leitungsschäden vergleichsweise große Reserven gebildet.



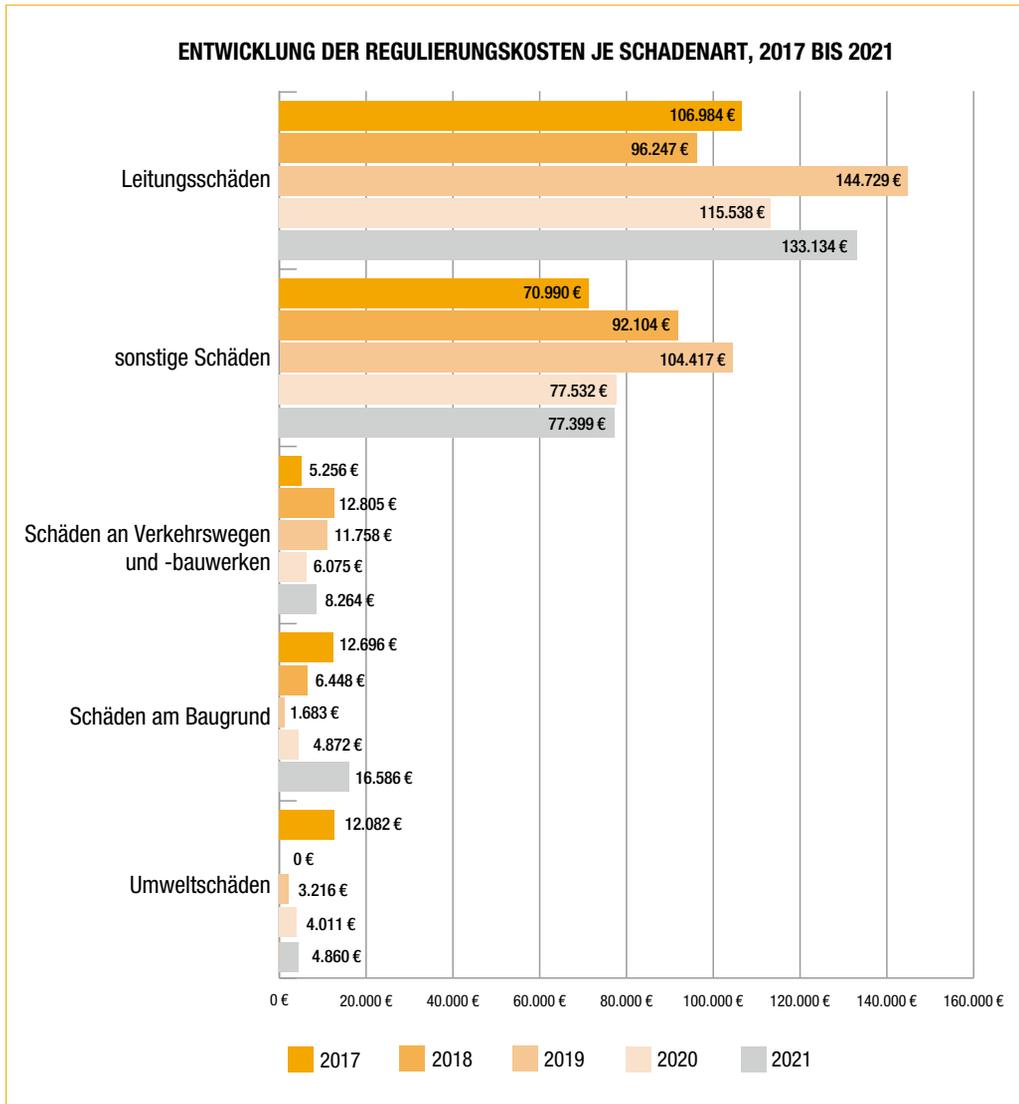
**Abb. 16:** Rückstellung, Regulierungskosten und Zahlung je Schadenart, 2017 bis 2021  
[Grafik: IFB, Daten: VHV]

Etwas genauer sollen die Regulierungskosten und die Zahlungen betrachtet werden. Von den Baubeteiligten wird immer wieder die Vermutung geäußert, dass die Schadenbearbeitungen von Jahr zu Jahr mehr Kosten verursachen. Um diese Annahme zu überprüfen, werden die Entwicklung der Regulierungskosten und die Entwicklung der Zahlungen über die letzten fünf Jahre unter die Lupe genommen.

Wie der Grafik in Abb. 17 zu entnehmen ist, gibt es bei den Regulierungskosten keine einheitliche Tendenz. So zeigt sich bei Umweltschäden erst ein starkes Absinken von 12.000 Euro im Jahr 2017 auf null Euro im Jahr 2018, dem in den drei Folgejahren ein kontinuierlicher Anstieg auf rund 5.000 Euro im Jahr 2021 folgt. Auch bei Schäden am Baugrund ist über die erste Hälfte des Betrachtungszeitraums ein deutliches Absinken der Regulierungskosten zu erkennen. Allerdings steigen die Kosten in den Folgejahren auch wieder wesentlich stärker an und erreichen im Jahr 2021 mit mehr als 16.000 Euro eine deutlich höhere Summe als im Jahr 2017.

Tendenziell rückläufige Regulierungskosten sind bei sonstigen Schäden zu verzeichnen, die nach einem deutlichen Anstieg zwischen 2017 und 2019 auf mehr als 100.000 Euro im Folgejahr 2020 wieder genauso deutlich auf rund 78.000 Euro fallen. Dieses Niveau wird auch im Jahr 2021 gehalten.

Demgegenüber kann für die Entwicklung bei Schäden an Verkehrswegen und Verkehrsbauwerken sowie bei Leitungsschäden keine klare Prognose gegeben werden. Wie die Grafik in Abb. 17 zeigt, sind hier für die Regulierungskosten keine Tendenzen zu erkennen, die Kosten steigen bzw. fallen im Jahresrhythmus.



**Abb. 17:** Entwicklung der Regulierungskosten je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

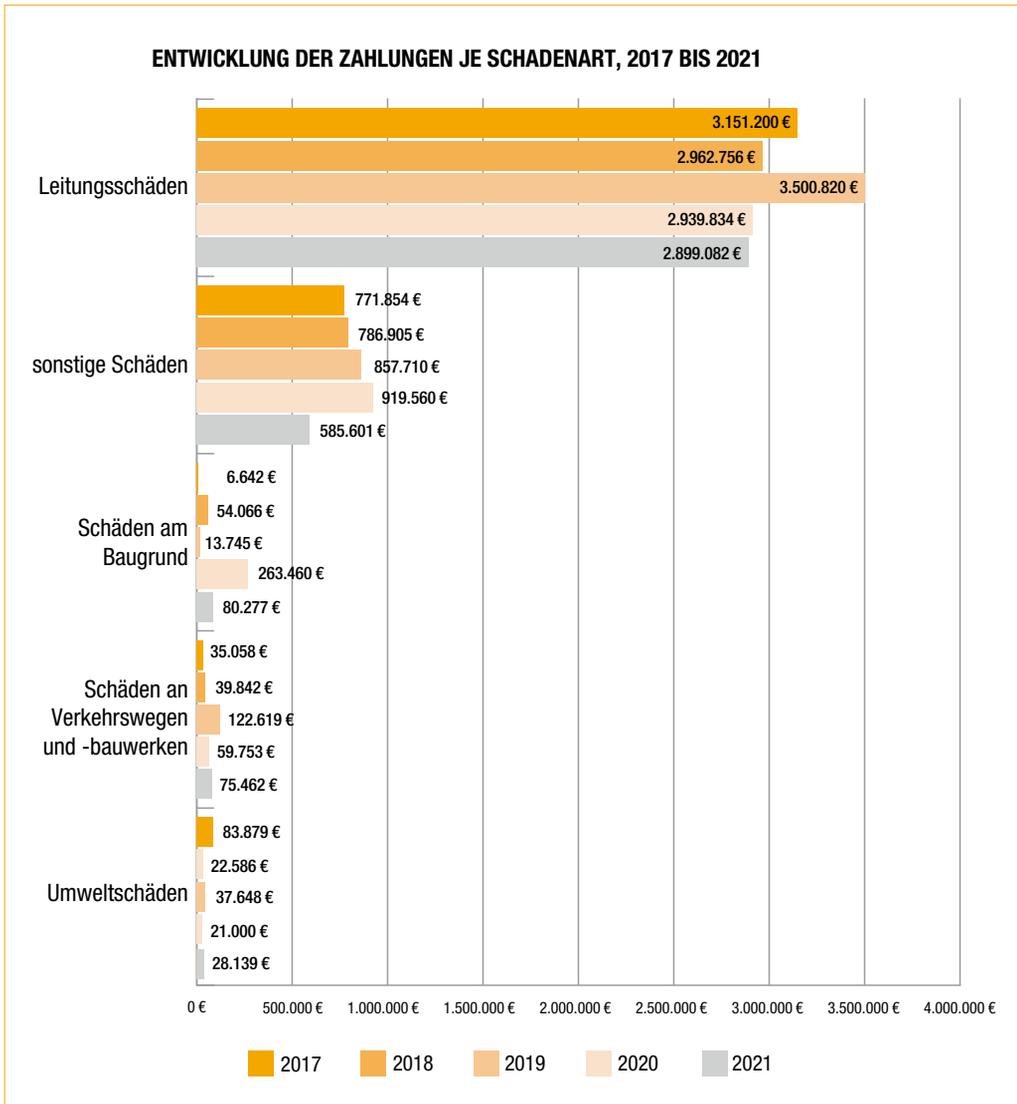
Auch bei der Entwicklung der Zahlungen, also den ermittelten und ausbezahlten Schadenbeträgen, gibt es über den Betrachtungszeitraum keinen einheitlichen Trend. Wie die Grafik in Abb. 18 zeigt, sind bei den Schadenarten sowohl steigende als auch sinkende Zahlungen zu erkennen.

Den quantitativ höchsten Anstieg gibt es bei Schäden am Baugrund. Hier haben die Zahlungen zwischen 2017 und 2021 um mehr als das Zwölfwache zugenommen, während sich die Anzahl der Schadenfälle nur ungefähr verdoppelt hat. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Schäden an Verkehrswegen und Verkehrsbauwerken. Hier ist eine Zunahme der Zahlungen von rund 115 Prozent zu verzeichnen, wobei die Anzahl der Schadenfälle nur um rund 20 Prozent gestiegen ist. Auch wenn sich bei beiden Schadenarten die Anzahl der Fälle über den Betrachtungszeitraum leicht erhöht hat, so ist diese Entwicklung nur zum Teil für den Anstieg der Zahlungen verantwortlich. So zeigt sich bei genauerer Betrachtung der vorliegenden Daten, dass es einige wenige Schadenfälle mit vergleichsweise extrem hohen Schadenbeträgen gibt, die für die auffälligen Ausschläge in der grafischen Auswertung sorgen.

Etwas anders ist die Situation bei Leitungsschäden und sonstigen Schäden. Hier ist, bis auf einige »Ausreißer« bei Leitungsschäden mit wesentlich höheren Schadenbeträgen, über den gesamten Betrachtungszeitraum ein Rückgang der Zahlungen zu erkennen. Dieser Rückgang liegt bei Leitungsschäden insgesamt bei rund 8 Prozent und bei sonstigen Schäden bei rund 24 Prozent und verläuft damit in etwa gleich zum Rückgang der jeweils gemeldeten Schadenfälle.

Relativ stabil zeigen sich dagegen die Zahlungen für Umweltschäden. Hier sind über den Betrachtungszeitraum zwar vereinzelt Ausschläge nach oben bzw. nach unten zu verzeichnen, insgesamt bewegen sich die Schadenbeträge aber auf mehr oder weniger gleichbleibendem Niveau.

Zusammengefasst lässt sich anhand der vorliegenden Zahlen die Annahme der steigenden Kosten für die Behebung von Bauschäden nur zum Teil bestätigen. Wie die Auswertungen gezeigt haben, ist vor allem bei den Regulierungskosten ein allgemeiner Anstieg zu erkennen, während bei den Zahlungen nicht nur Steigerungen, sondern auch Rückgänge zu verzeichnen sind. Allerdings ist aufgrund des verstärkten Ausbaus der digitalen Infrastruktur mit zunehmenden Aufwendungen gerade bei Leitungsschäden und Schäden an Verkehrswegen und Verkehrsbauwerken zu rechnen.



**Abb. 18:** Entwicklung der Zahlungen je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

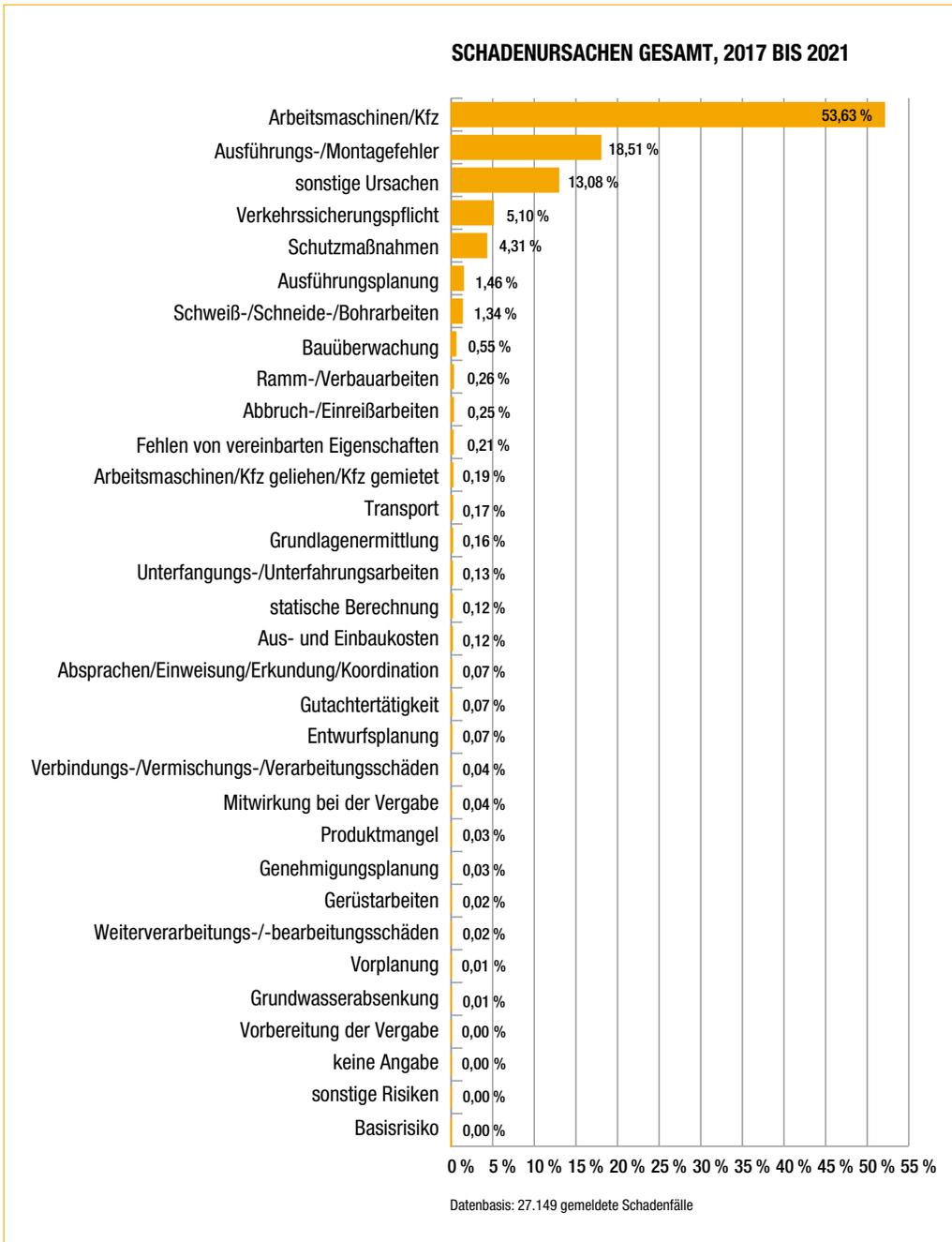
### 4.3 Entwicklung der Schadenursachen

Um das Thema Bauschäden vollumfänglich zu untersuchen, müssen neben den Schadenarten auch die Schadenursachen – also die Auslöser für das Auftreten eines Bauschadens – betrachtet werden. Anderenfalls ist es kaum möglich, die richtigen Schlüsse aus den Auswertungen zu ziehen, die im besten Fall zu einem insgesamt geringeren Schadenaufkommen führen sollen.

Wie die Grafik in Abb. 19 zeigt, sind die ermittelten Schadenursachen ausgesprochen vielfältig. Es ist aber auch deutlich zu erkennen, dass für die Gesamtheit der aufgetretenen Schäden nur einige wenige Auslöser schadenursächlich sind. So lassen sich rund 95 Prozent der Schadenfälle auf gerade einmal fünf unterschiedliche Schadenursachen zurückzuführen. Hierbei handelt es sich mit einem Anteil von weit mehr als 50 Prozent vor allem um die unsachgemäße Bedienung von Arbeitsmaschinen/Kraftfahrzeugen (zum Beispiel Schäden durch mechanische Fremdeinwirkung an Versorgungs- und Telekommunikationsleitungen).

Weitere Schadenursachen sind Ausführungs-/Montagefehler (zum Beispiel nicht ordnungsgemäß ausgeführte Böschungen von Baugruben, nicht fachgerecht verlegte Abwasserleitungen), sonstige Ursachen (aus dem vorliegenden Datenmaterial ergaben sich keine Aufschlüsse über die konkreten Schadenursachen), vernachlässigte Verkehrssicherungspflichten (zum Beispiel nicht ausreichende Sicherheitsabstände zu bestehenden erdverlegten Ver-/Entsorgungsleitungen) und unzureichende Schutzmaßnahmen (zum Beispiel ungenügender Schutz von offenliegendem Wurzelwerk, kein Schutz vor vorzeitiger Austrocknung von frisch eingebautem Beton für eine Fahrbahndecke). Die weiteren Schäden gehen auf zahlreiche andere, eher selten auftretende Ursachen zurück.

Werden die relevanten Schadenursachen themenbezogen zusammengefasst, zeigt sich, dass ein Großteil der gemeldeten Schäden auf mangelhafte Arbeitssorgfalt zurückzuführen ist. Hierzu zählen »Arbeitsmaschinen/Kraftfahrzeuge«, »Ausführungs-/Montagefehler«, »Schweiß-/Schneide-/Bohrarbeiten«, »Ramm-/Verbauarbeiten«, »Abbruch-/Einreißarbeiten«, »Arbeitsmaschinen/Kraftfahrzeuge geliehen/Kraftfahrzeuge gemietet« und »Unterfangungs-/Unterfahrungsarbeiten«, die mit einem Anteil von 74 Prozent rund drei Viertel aller gemeldeten Schadenursachen ausmachen. Deutlich geringer fällt der Anteil der mangelhaften Überwachung vor Ort aus. Unter diesem Oberbegriff werden die Schadenursachen »Verkehrssicherungspflicht«, »Schutzmaßnahmen«, »Bauüberwachung« und »Absprachen/Einweisung/Erkundung/Koordination« zusammengefasst, die für 10 Prozent der gemeldeten Schäden verantwortlich sind. Einen weiteren Themenkomplex stellt die mangelhafte Planung dar. Hierzu zählen »Ausführungsplanung«, »Grundlagenermittlung«, »statische Berechnung«, »Entwurfsplanung«, »Mitwirkung bei der Vergabe«, »Genehmigungsplanung«, »Vorplanung« und »Vorbereitung der Vergabe«. Der entsprechende Anteil an den gesamten Schadenursachen beträgt allerdings nur rund 2 Prozent und hat daher keine große Bedeutung.



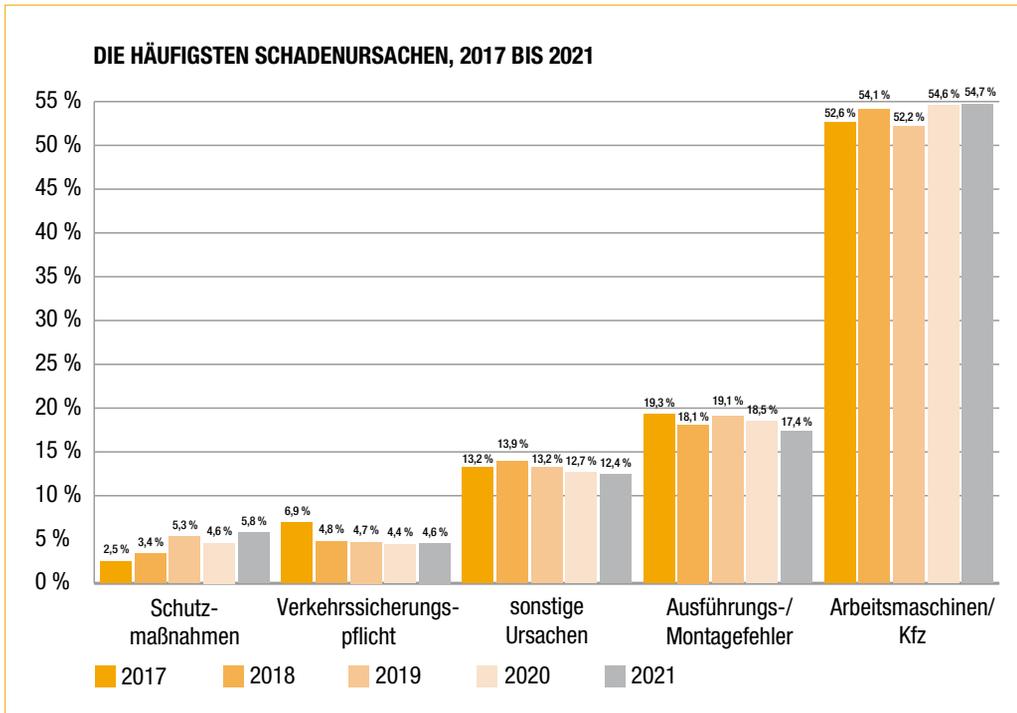
**Abb. 19:** Die festgestellten Schadenursachen, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Interessant ist in diesem Zusammenhang der Hinweis auf die Ergebnisse der Studie »Kabel- und Leitungsschäden«<sup>3</sup> aus dem Jahr 1990 bzw. 1995 (Jahr der 2. Auflage, mit unveränderter Datenbasis). Hier wird für 55 Prozent der gemeldeten Schadenfälle eine »mangelnde Arbeitsorgfalt« als Schadenursache angegeben, was im Vergleich mit den aktuellen Ergebnissen einen Anstieg um fast 20 Prozentpunkte bedeutet. Da die beiden Studien aber schon aufgrund der sehr unterschiedlichen Datenbasis nicht vergleichbar sind, soll mit den angeführten Zahlen nur eine grundsätzliche Entwicklungstendenz dargestellt werden.

Eine weitere Betrachtung ist der Grafik in Abb. 20 zu entnehmen. Hier wird der jeweilige prozentuale Anteil der fünf häufigsten Schadenursachen an der Gesamtschadenzahl über den gesamten Untersuchungszeitraum dargestellt. Demnach ist bei verletzten Verkehrssicherungspflichten ein Rückgang von 6,9 Prozent im Jahr 2017 auf 4,6 Prozent im Jahr 2021 festzustellen, was einer Abnahme von 33 Prozent entspricht. In Zahlen ausgedrückt gibt es hier einen Rückgang von 379 auf 240 Schadenfälle. Auch bei Ausführungs-/Montagefehlern ist ein Rückgang festzustellen, der mit einem Minus von rund 10 Prozent allerdings etwas geringer ausfällt als bei den verletzten Verkehrssicherungspflichten. Hier sinkt der Anteil von 19,3 Prozent bzw. 1.054 Schadenfällen auf 17,4 Prozent bzw. 899 Schadenfälle. Im Wesentlichen gleichbleibend bzw. nur minimal abnehmend ist die Häufigkeit von sonstigen Ursachen, die über den Betrachtungszeitraum von 13,2 Prozent auf 12,4 Prozent sinkt. Dies entspricht einer Abnahme von 719 auf 640 Schadenfälle.

Die Grafik zeigt jedoch auch Schadenursachen auf, deren Häufigkeit über den Betrachtungszeitraum zugenommen hat. So hat sich der Anteil der Schadenfälle aufgrund mangelhafter Schutzmaßnahmen von 2,5 Prozent im Jahr 2017 auf 5,8 Prozent im Jahr 2021 mehr als verdoppelt. In Zahlen ausgedrückt erhöhte sich die Anzahl der entsprechenden Schadenfälle von 137 auf 298. Bei der unsachgemäßen Bedienung von Arbeitsmaschinen/Kraftfahrzeugen fiel der Anstieg im Untersuchungszeitraum von rund 53 Prozent im Jahr 2017 auf rund 55 Prozent im Jahr 2021 dagegen sehr viel geringer aus. Trotz der prozentualen Erhöhung ist bei den tatsächlichen Schadenzahlen ein Rückgang von 2.872 auf 2.822 entsprechende Schadenfälle festzustellen, bedingt durch die relativ geringe Anzahl der insgesamt gemeldeten Schadenfälle im Jahr 2021 (vgl. Kap. 4.1 »Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten«).

3 Institut für Bauschadensforschung e.V. (Hrsg.): Kabel- und Leitungsschäden. Entstehungsursachen und Möglichkeiten zur Schadensprophylaxe. 2. Aufl. Hannover: Selbstverlag, 1995

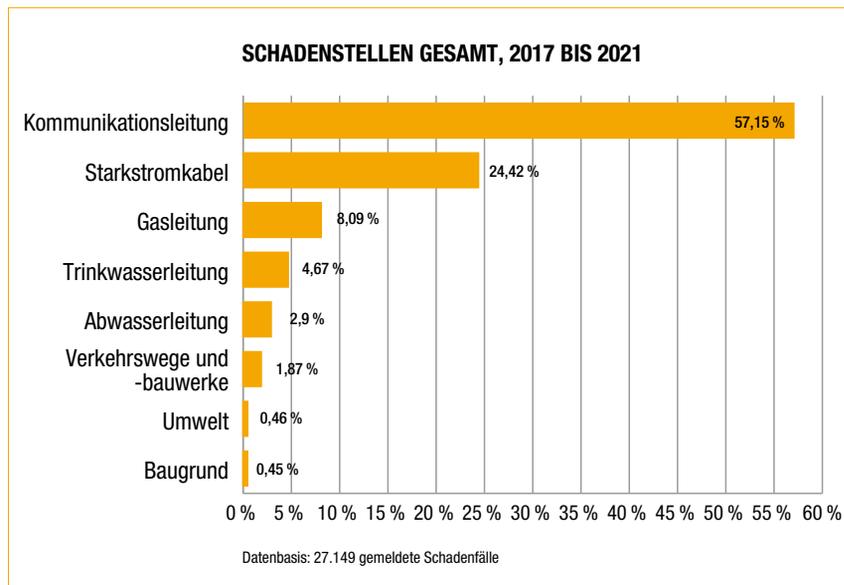


**Abb. 20:** Die häufigsten festgestellten Schadenursachen, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

In diesem Zusammenhang soll noch kurz auf die Ergebnisse der bereits erwähnten Studie »Analyse von Kabel- und Leitungsschäden« aus dem Jahr 2014 (vgl. Kap. 4.1 »Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten«) eingegangen werden. Demnach wurden rund 88 Prozent der dort untersuchten Tiefbauschäden durch Arbeitsmaschinen bzw. durch deren falsche Bedienung verursacht, wobei Bagger mit rund 80 Prozent als weitaus häufigste »schadenverursachende« Baumaschine ermittelt wurden. Vergleicht man diese Zahlen mit den Ergebnissen der Studie »Kabel- und Leitungsschäden« aus dem Jahr 1990 bzw. 1995, so ist über diesen Betrachtungszeitraum zudem ein deutlicher Anstieg der »Bagger-schäden« zu erkennen. Waren im Jahr 1990 an den durch Arbeitsmaschinen verursachten Tiefbauschäden in 65 Prozent der Fälle Bagger beteiligt, so waren es rund 25 Jahre später bereits fast 80 Prozent. Dies bedeutet – stark vereinfacht – einen durchschnittlichen Anstieg der durch unsachgemäße Bedienung von Baggern verursachten Schäden von fast 1 Prozent pro Jahr.

## 4.4 Entwicklung der Schadenstellen

Zu einer ganzheitlichen Betrachtung eines Bauschadens gehört neben der Beschäftigung mit der Schadenursache auch die Untersuchung der Schadenstelle, also des beschädigten Bauteils. Wie der Grafik in Abb. 21 zu entnehmen ist, konzentrieren sich mehr als 97 Prozent der Schadenfälle auf gerade einmal fünf Schadenstellen. Hierbei handelt es sich um Kommunikationsleitungen (zum Beispiel Fernmelde- und Glasfaserkabel für die Datenübertragung), Starkstromkabel (Mittel- und Hochspannungskabel für die Energieübertragung), Gasleitungen (Rohrleitungen für den Transport von Erdgas und weiteren brennbaren Gasen), Trinkwasserleitungen (Rohrleitungen für den Transport von Frischwasser) und Abwasserleitungen (Abwasserkanäle für den Transport von Niederschlags- und Schmutzwasser). Die übrigen rund 3 Prozent der Schadenfälle finden sich an diversen weiteren Schadenstellen wie an Verkehrswegen und Verkehrsbauwerken (zum Beispiel Straßen, Brücken, Bahnanlagen), in der Umwelt (hiermit sind »Umweltschäden« gemeint, zum Beispiel mit alkalischem Baustellenabwasser kontaminiertes Grundwasser, mit Dieselmotorkraftstoff kontaminierter Boden) und am Baugrund (vor Ort anstehender Boden).



**Abb. 21:** Die festgestellten Schadenstellen, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Um darüber hinaus Aussagen zur Entwicklung der Schadenstellen treffen zu können, wird auf die entsprechende Auswertung des ersten VHV-Bauschadenberichts zum Thema Tiefbau und Infrastruktur<sup>4</sup> zurückgegriffen. Da zudem Vergleichsdaten aus den bereits erwähnten älteren Studien zu Kabel- und Leitungsschäden<sup>5,6</sup> vorliegen, werden auch diese Daten einbezogen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit beschränkt sich die grafische Darstellung auf die fünf häufigsten Schadenstellen (vgl. Abb. 22).

Bei der Betrachtung der Auswertung fällt auf, dass sich die jeweils ermittelten Schadenhäufigkeiten vor allem bei den beiden älteren Studien teils erheblich voneinander unterscheiden. So ist zwischen 1990 und 2010 bei den Kommunikationsleitungen fast eine Verdoppelung der Schadenhäufigkeit zu verzeichnen, während im gleichen Zeitraum die Schadenhäufigkeit bei Starkstromkabeln um rund 70 Prozent und bei Trinkwasserleitungen um mehr als 80 Prozent sinkt. Wie der Grafik zu entnehmen ist, kommt es zwischen 2015 und 2021 zu einer Stabilisierung der Zahlen. Demnach gibt es in den beiden jüngeren Studien keine wesentlichen Unterschiede bei den jeweils ausgewerteten Schadenstellen. Konkret liegt der Anteil der beschädigten Kommunikationsleitungen über den Betrachtungszeitraum von sieben Jahren bei durchschnittlich rund 57 Prozent, bei Starkstromkabeln beträgt der Anteil durchschnittlich rund 25 Prozent, bei Gasleitungen durchschnittlich rund 8 Prozent, bei Trinkwasserleitungen durchschnittlich rund 5 Prozent und bei Abwasserleitungen durchschnittlich rund 3 Prozent.

Über den gesamten Betrachtungszeitraum (1990 bis 2021) ist bei der Entwicklung der Schadenstellen keine einheitliche Tendenz zu erkennen, denn es sind neben Zunahmen auch deutliche Rückgänge zu erkennen. So fällt der Anteil der beschädigten Abwasserleitungen von rund 8 Prozent auf durchschnittlich rund 3 Prozent, bei beschädigten Trinkwasserleitungen fällt der Anteil von rund 8 Prozent auf durchschnittlich rund 5 Prozent und bei beschädigten Starkstromkabeln fällt der Anteil von rund 30 Prozent auf durchschnittlich rund 24 Prozent. Zunahmen bei der Schadenhäufigkeit sind dagegen bei Gasleitungen und bei Kommunikationsleitungen festzustellen. So steigt der Anteil der beschädigten Gasleitungen von rund 4 Prozent auf durchschnittlich rund 8 Prozent, und der Anteil der beschädigten Kommunikationsleitungen erhöht sich von rund 40 Prozent auf durchschnittlich rund 57 Prozent.

Hier ist zu ergänzen, dass den Autoren die im Grunde schlechte Vergleichbarkeit der Zahlen bzw. der Studien bewusst ist. Wie die entsprechenden Angaben in der Grafik nahele-

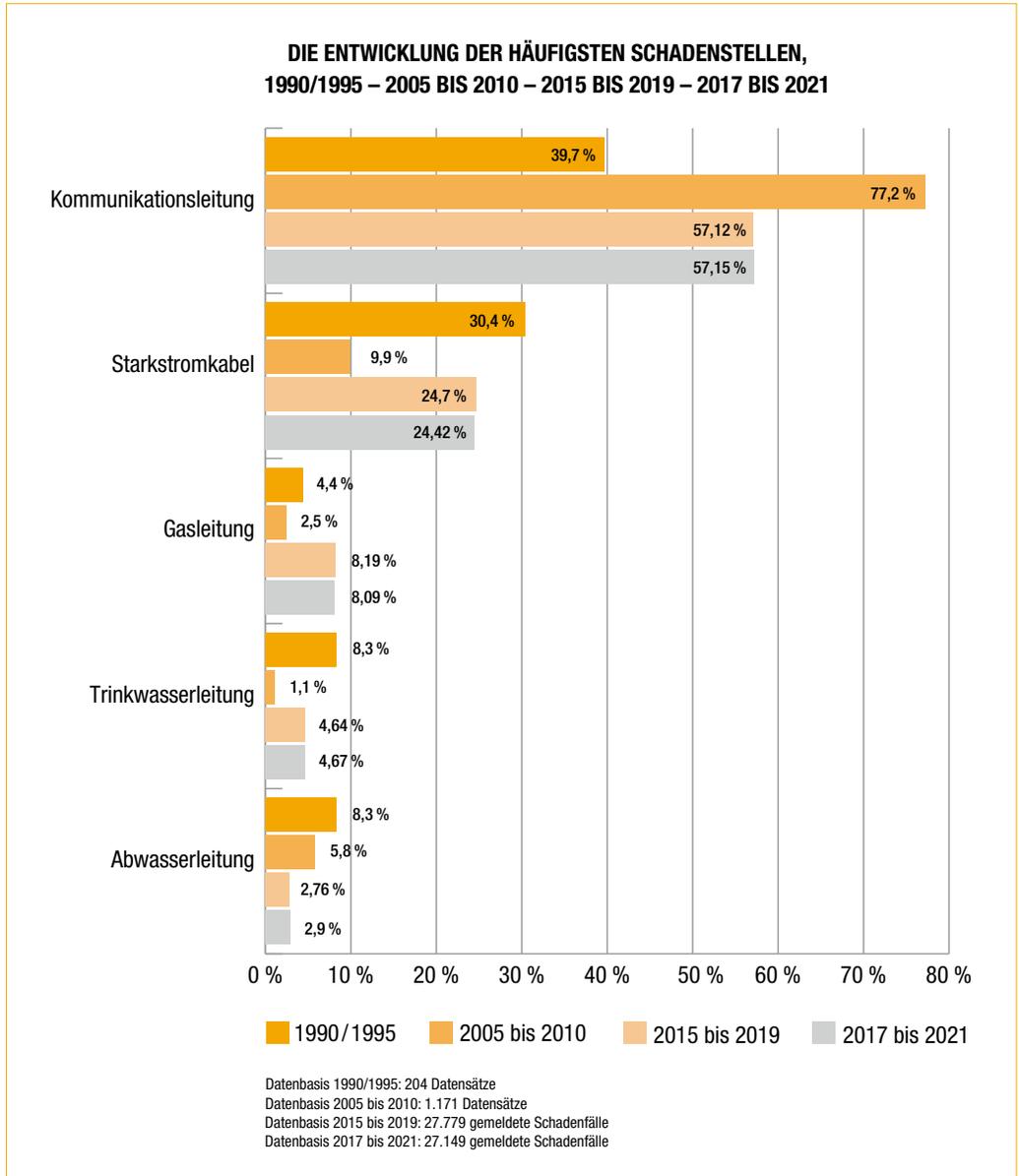
---

4 VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2020/21. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021

5 Institut für Bauforschung e.V. (Hrsg.): Analyse von Kabel- und Leitungsschäden. Entstehung, Schadenvolumen, Folgeprozesse, Prävention. Hannover: Selbstverlag, 2014

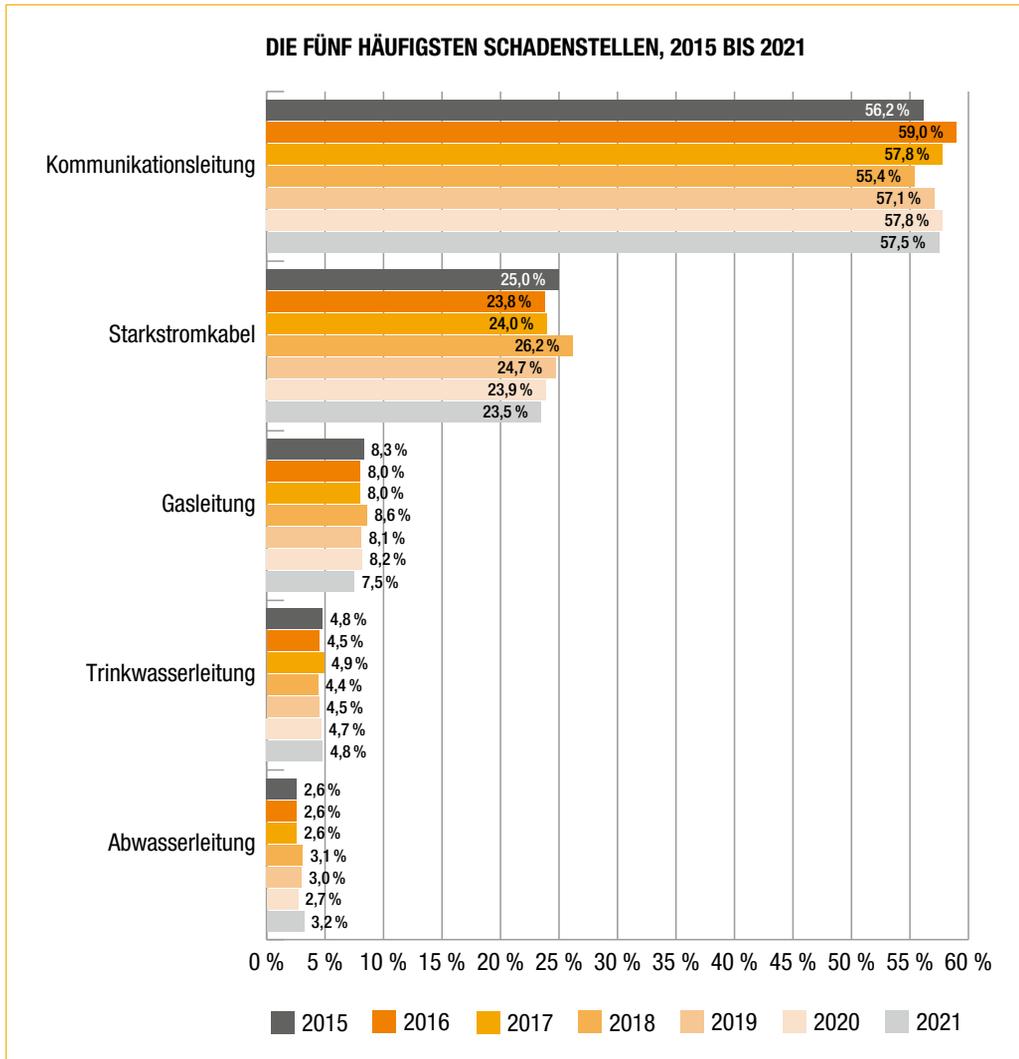
6 Institut für Bauschadensforschung e.V. (Hrsg.): Kabel- und Leitungsschäden. Entstehungsursachen und Möglichkeiten zur Schadensprophylaxe. 2. Aufl. Hannover: Selbstverlag, 1995

gen, sind die Datengrundlagen eigentlich zu verschieden. Für diese (nicht wissenschaftliche) Herangehensweise spricht allerdings, dass sich so die Entwicklung der Schadenstellen über einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren zumindest in der Tendenz darstellen lässt.



**Abb. 22:** Die Entwicklung der häufigsten Schadenstellen, 1990 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine genauere Betrachtung der Entwicklung der fünf häufigsten Schadenstellen erlaubt die Auswertung der Daten aus dem Betrachtungszeitraum 2015 bis 2021. Wie der Grafik in Abb. 23 zu entnehmen ist, sind bei den Schadenzahlen der Abwasserleitungen, Trinkwasserleitungen und Gasleitungen jeweils nur minimale Bewegungen zu erkennen. Insgesamt gesehen sind die Werte stabil und liegen bei den Abwasserleitungen bei durchschnittlich 2,8 Prozent, bei den Trinkwasserleitungen bei durchschnittlich 4,7 Prozent und bei den Gasleitungen bei durchschnittlich 8,1 Prozent.



**Abb. 23:** Die fünf häufigsten Schadenstellen, 2015 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Bei den Starkstromkabeln sind die Schwankungen im Vergleich etwas ausgeprägter und variieren zwischen 25 Prozent im Maximum und 23,5 Prozent im Minimum. Starkstromkabel sind damit in rund einem Viertel aller gemeldeten Fälle die von einem Schaden betroffenen Bauteile. Bei den Kommunikationsleitungen ist in der Tendenz eine ähnliche Entwicklung zu erkennen. Hier ist über den Untersuchungszeitraum eine Steigerung von 56,2 Prozent im Jahr 2015 auf 57,5 Prozent im Jahr 2021 festzustellen, mit in den dazwischenliegenden Jahren leichten Abweichungen nach oben und nach unten. Im Durchschnitt liegt der Anteil der Schadenstelle »Kommunikationsleitungen« bei 57,3 Prozent und stellt damit das mit Abstand häufigste von Schäden betroffene Bauteil dar.

## 4.5 Entwicklung der Schwerpunkt- und Folgeschäden

Wie die vorhergehenden Ausführungen gezeigt haben, handelt es sich bei den Bauschäden im Bereich Tiefbau im Wesentlichen um immer die gleichen oder zumindest ähnliche Schäden. Häufigste Schadenart sind die Leitungsschäden, die mit durchschnittlich rund 86 Prozent den weitaus größten Anteil an den gemeldeten Schadenarten stellen. Bei den Schadenursachen führt mit fast 54 Prozent aller angezeigten Fälle die nicht sachgemäße Bedienung von Arbeitsmaschinen die Rangliste an. Dabei haben mehrere Ursachen zur Herausbildung einiger weniger »Schwerpunktschäden« geführt. Dass es sich hierbei um eine Entwicklung handelt, veranschaulichen die Ergebnisse früherer Studien zum Thema Kabel- und Leitungsschäden.

Über die wirtschaftliche Bedeutung von Kabel- und Leitungsschäden wird bereits seit Beginn der 1980er-Jahre diskutiert. Die Schadenhäufigkeit an erdverlegten Infrastrukturen stieg stetig an und verursachte erhebliche Schadenbeseitigungskosten. Mit dem Ziel, geeignete Maßnahmen zur Schadenprophylaxe zu erarbeiten, verfasste das Institut für Bauschadensforschung e. V. einen Forschungsbericht, der im Jahr 1990 fertiggestellt wurde. Als Datenbasis dienten die Angaben zu rund 200 Schadenfällen an unterirdischen Leitungen und Anlagen aus den Jahren 1985 bis 1987. Die Daten wurden im Rahmen einer anonymisierten Umfrage bei Baufirmen aus ganz Deutschland erfragt. Aufgrund der großen Nachfrage des Forschungsberichts wurde die Studie im Jahr 1995 aktualisiert und neu aufgelegt.<sup>7</sup>

Die Datenbasis der Studie aus dem Jahr 2014 bilden rund 1.200 Schadenfälle an erdverlegten Leitungen aus dem Zeitraum 2005 bis 2010, die in einer bundesweit durchgeführten Umfrage unter Tiefbauunternehmen ermittelt wurden.<sup>8</sup> Die Schadenfälle wurden unter anderem im Hinblick auf die Schadenursachen, die Schadenhöhe und die Schadenfolgen analysiert.

Dabei zeigte sich, dass der weitaus stärkste Anstieg unter den beschädigten Objekten bei den Kommunikationsleitungen zu verzeichnen ist. Hier ist mit einem Anstieg von 40 Prozent im Jahr 1995 auf 77 Prozent im Jahr 2014 fast eine Verdoppelung der Schadenfälle eingetreten. Auch bei der unsachgemäßen Bedienung von Baggermaschinen als »führende« Schadenursache ist eine steigende Tendenz zu beobachten. Wurde in der Studie von 1995 bereits in 65 Prozent aller Fälle der Bagger als »Schadenfälle verursachende Arbeitsmaschine« genannt, so steigt dieser Anteil in der Folgestudie noch einmal an und liegt 2014 bei mehr als 78 Prozent.

---

<sup>7</sup> Institut für Bauschadensforschung e. V. (Hrsg.): Kabel- und Leitungsschäden. Entstehungsursachen und Möglichkeiten zur Schadensprophylaxe. 2. Aufl. Hannover: Selbstverlag, 1995

<sup>8</sup> Institut für Bauforschung e. V. (Hrsg.): Forschungsbericht 11562 Analyse von Kabel- und Leitungsschäden – Entstehung, Schadenvolumen, Folgeprozesse, Prävention. Hannover: Selbstverlag, 2014

Zusätzlich wurde von den Autoren im Herbst 2020 eine Blitzumfrage<sup>9</sup> durchgeführt, bei der speziell Mitgliedsunternehmen der Bauwirtschaft zum Thema Kabel- und Leitungsschäden befragt worden sind (Abfragezeitraum: die Jahre 2015 bis 2019). Demnach sagten 33 Prozent der teilnehmenden Unternehmen, dass die Anzahl der in diesem Bereich verursachten Schäden über die letzten fünf Jahre gestiegen sei, während rund 17 Prozent der Unternehmen sinkende Schadenzahlen vermeldeten. Zwei Drittel der Befragten gaben an, in dem Betrachtungszeitraum mehr als 100 Bauvorhaben/Bauprojekte im Bereich Tiefbau durchgeführt zu haben. Von besonderem Interesse ist die Auswertung zu den (selbst) verursachten Kabel- und Leitungsschäden. Demnach hat mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen im Betrachtungszeitraum bis zu 100 Schadenfälle verschuldet, während rund 28 Prozent zwischen 200 und 400 Schadenfälle verursacht haben. Weitere 6 Prozent der Unternehmen gaben eine Anzahl von mehr als 500 verursachten Kabel- und Leitungsschäden an.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Bautätigkeit im Bereich Tiefbau seit Jahren kontinuierlich ansteigt. Zu begründen ist diese Entwicklung mit einem über viele Jahre aufgebauten Sanierungsstau im Bereich der Versorgungsleitungen und Verkehrsbauwerke (besonders Brücken). Vor allem aber besteht im Bereich der Telekommunikations-Infrastruktur deutschlandweit ein großer Ausbaubedarf. Da bei zunehmender Bautätigkeit auch mit zunehmender Schadenhäufigkeit zu rechnen ist, ist hier ein sukzessiver Anstieg der Schadenzahlen zu erwarten.

### **Thema Schwerpunktschäden**

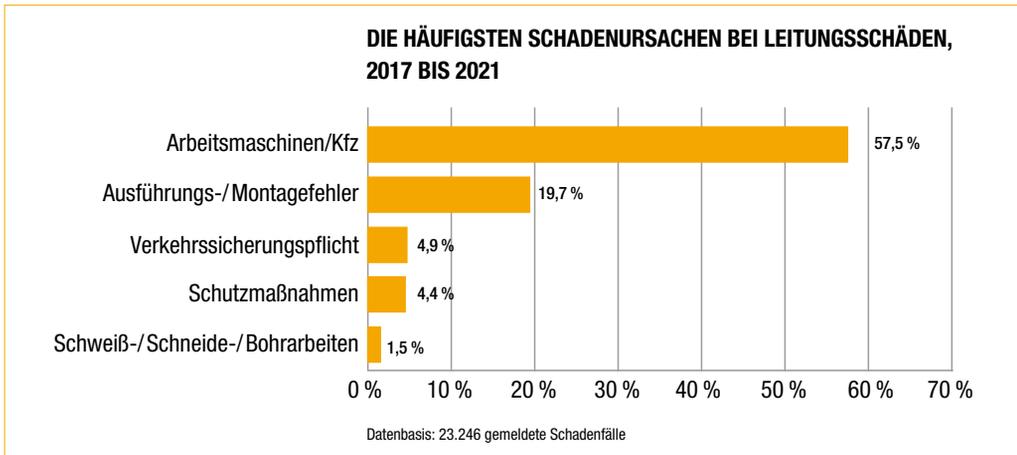
Die vorhergehenden Untersuchungen haben gezeigt, dass es sich bei den im Untersuchungszeitraum am häufigsten gemeldeten Schadenarten um Leitungsschäden und damit um den Klassiker unter den Tiefbauschäden handelt.

Aus der Gesamtbetrachtung der zugrunde liegenden Datenbasis<sup>10</sup> wissen wir zudem, dass Leitungsschäden nicht nur in Bezug auf die reine Anzahl, sondern auch auf die Schadenhöhe die mit Abstand höchsten Anteile verzeichnen (vgl. Abb. 16). In diesem Zusammenhang wurde festgestellt, dass die schwersten Schäden mit einem erheblichen Schadenbeseitigungsaufwand vor allem durch den Themenkomplex Arbeitsmaschinen/Kraftfahrzeuge verursacht worden sind, gefolgt von Ausführungs-/Montagefehlern (vgl. Abb. 24). Insofern haben wir es auch bei den Schadenursachen von Leitungsschäden überwiegend mit »klassischen« Ursachen zu tun.

---

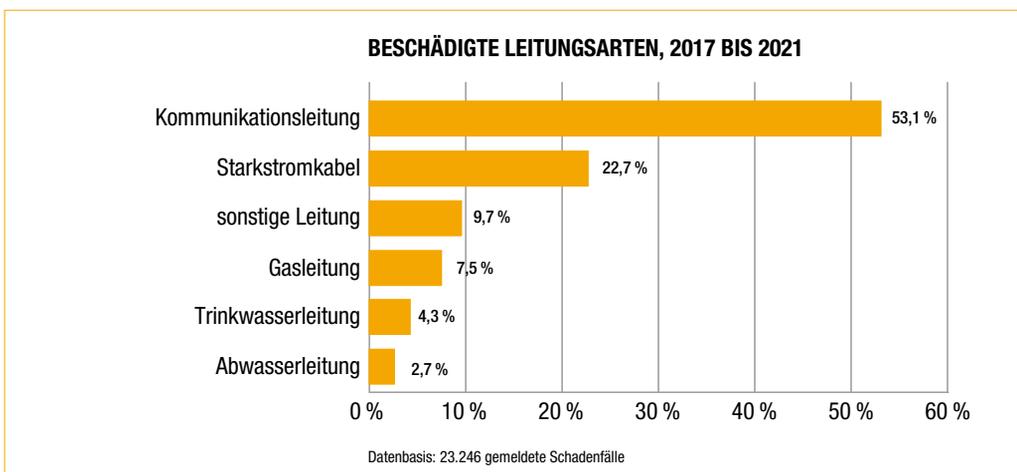
9 Institut für Bauforschung e. V.: Umfrage zu Kabel- und Leitungsschäden – Schadenstatistik/Kosten. Hannover, 2020

10 Rund 27.000 Datensätze (vgl. Einführung Kap. 4)

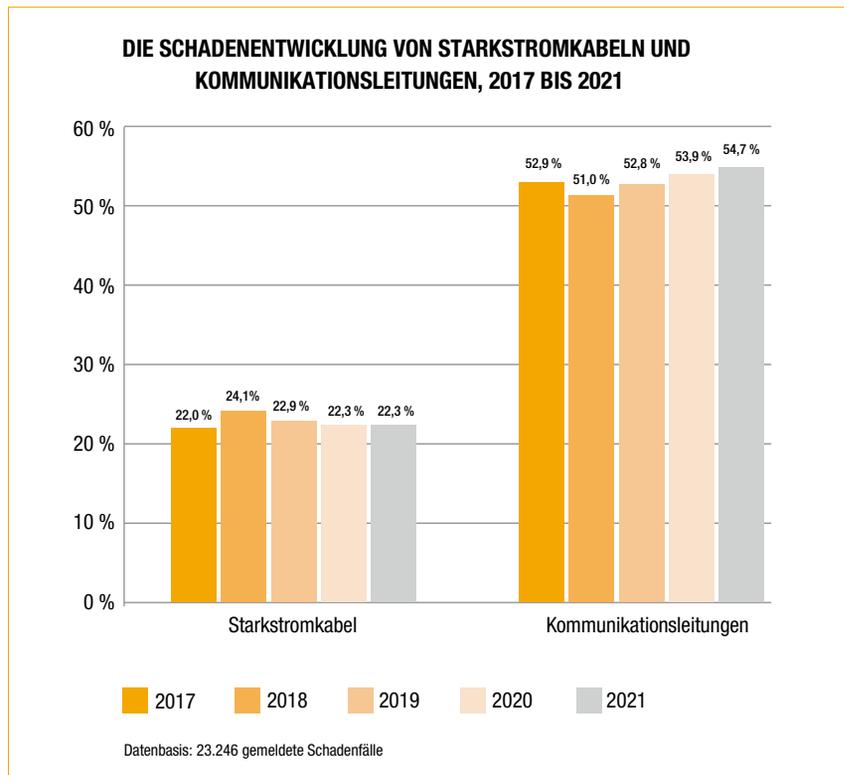


**Abb. 24:** Die häufigsten Schadenursachen bei Leitungsschäden, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Wie aus Abb. 25 hervorgeht, sind vor allem Kommunikationsleitungen und Starkstromkabel von Beschädigungen betroffen. Demnach entfallen mehr als Dreiviertel aller Leitungsschäden auf diese beiden Leitungsarten. Wirft man einen Blick auf die jeweilige Schadenentwicklung, so zeigt sich, dass die Schadenhäufigkeit bei Starkstromkabeln über den Betrachtungszeitraum relativ stabil ist und bei durchschnittlich rund 23 Prozent liegt (vgl. Abb. 26). Bei den Kommunikationsleitungen ist dagegen eine leichte Steigerung von rund 53 Prozent auf rund 55 Prozent zu verzeichnen, womit diese Leitungsart die mit Abstand am häufigsten von Schäden betroffene Leitungsart darstellt.



**Abb. 25:** Die von Leitungsschäden betroffenen Leitungsarten, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]



**Abb. 26:** Die Schadenentwicklung von Starkstromkabeln und Kommunikationsleitungen, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Die Häufigkeit von Leitungsschäden lässt sich vor allem mit der stetig steigenden Verdichtung der Leitungsinfrastruktur im Baugrund erklären. In diesem Zusammenhang ist zum Beispiel auf den notwendigen Ausbau des Kommunikationsnetzes (»Breitbandausbau«) zu verweisen. Diese Entwicklung führt dazu, dass beispielsweise bei Reparaturarbeiten an bestehenden Leitungen oder beim Verlegen von neuen Leitungen die Wahrscheinlichkeit von Beschädigungen am vorhandenen Leitungsnetz weiter zunimmt. Erschwerend kommt hinzu, dass vor den Tiefbaumaßnahmen teilweise keine Leitungsauskunft eingeholt wird bzw. dass die eingeholten Auskünfte nicht aussagekräftig sind. Sofern aber die genaue Lage von vorhandenen Leitungen nicht bekannt ist, können Tiefbauarbeiten im betreffenden Gebiet zu folgenschweren (Leitungs-)Schäden führen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn beispielsweise Hochspannungskabel für die elektrische Energieversorgung oder Kommunikationsleitungen wie Glasfaserkabel für den Datentransfer betroffen sind. Aufgrund ihrer vergleichsweise oberflächennahen Verlegetiefe von 50 bis 80 Zentimetern (zum Teil aber auch nur einige wenige Zentimeter) sind diese Leitungsarten besonders prädestiniert für mechanische Beschädigungen, wie die vorhergehenden Auswertungen bereits eindrücklich gezeigt haben.

Perspektivisch ist aber auch mit einer starken Zunahme von Schäden an der Verkehrsinfrastruktur zu rechnen, da eine insgesamt ungenügende Instandhaltung der Bauwerke zu einem umfassenden Sanierungsstau geführt hat. Dies äußert sich unter anderem in einer Beschädigung der Bausubstanz bis hin zur Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit. Hier sind vor allem Brückenbauwerke und Schienenanlagen zu nennen. Darüber hinaus wird es im Zusammenhang mit der sogenannten Energiewende zu massiv verstärkten Tiefbautätigkeiten kommen. So erfordert beispielsweise der Ausbau des »erneuerbaren Stroms« aus Windenergie eine erhebliche Erweiterung des Stromnetzes. Dazu müssen in den nächsten Jahren mehrere Tausend Kilometer Erdkabel neu verlegt sowie bestehende Leitungen optimiert und verstärkt werden.<sup>11</sup>

Zusammengefasst handelt es sich bei den wesentlichen erfassten Ursachen für Leitungsschäden um:

- unsachgemäße Bedienung von Arbeitsmaschinen/Kraftfahrzeugen (vor allem Baggermaschinen),
- Ausführungs-/Montagefehler, häufig aufgrund des mangelnden (bau)technischen Verständnisses der Ausführenden,
- unzureichende Kenntnis über Art und Lage von erdverlegten Leitungen,
- fehlende oder unzureichende Kontrollen während und nach der Fertigstellung von betreffenden Tiefbauleistungen.

Die genannten Fehlerquellen lassen sich überwiegend unter dem Themenkomplex »mangelhafte Arbeitsorgfalt« zusammenfassen. Qualitätsverluste bei den Tiefbauleistungen sind die direkte Folge dieser Entwicklung. Erschwerend kommt der allgegenwärtige Fachkräftemangel hinzu. Parallel wird das Bauen im Bereich Tiefbau immer komplexer. Aber auch Mängel in der Ausführungsplanung, der konkreten Grundlage für das Bauen vor Ort, sind immer häufiger zu beobachten, ebenso wie unzureichende Kontrollen während und nach der Fertigstellung von Bauleistungen.

### **Thema Leitungsauskunft**

Wie in den bisherigen Beiträgen eindrücklich dargestellt wurde, ist der Verlauf eines Tiefbauprojekts meist schon vor dem ersten Spatenstich entschieden, nämlich mit der Entscheidung für oder gegen das Einholen einer Leitungsauskunft. Dabei sind die Ausführenden vor Ort auf die Unterstützung der einzelnen Straßenbauverwaltungen und Versorgungsunternehmen angewiesen, die aussagekräftige Unterlagen zu ihren Versorgungsinfrastrukturen bereitstellen sollten. Entsprechen Qualität und Genauigkeit dieser

---

<sup>11</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: Ein Stromnetz für die Energiewende. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html> [abgerufen am: 15.03.2023]

(Netz-)Pläne der Bauaufgabe nicht, sind »Leitungszwischenfälle« praktisch vorprogrammiert. Wie in anderen Berufsbereichen auch spielen Ausbildung und Qualifikation der Baubeteiligten ebenfalls eine entscheidende Rolle, insbesondere bei den Ausführenden vor Ort.

Die Studie aus dem Jahr 2014<sup>12</sup> beschäftigte sich unter anderem mit diesem Thema. Befragungen dazu ergaben, dass in mehr als 90 Prozent aller Fälle, bei denen es später zu einem Schaden kam, vor Beginn der Tiefbauarbeiten von den ausführenden Unternehmen Auskünfte über erdverlegte Leitungen eingeholt worden sind. Hinweise auf vorhandene Leitungsinfrastrukturen wurden nach Angabe auch vonseiten der Auftraggeber geliefert. Hier weisen die Zahlen mit 87 Prozent eine ähnliche Größenordnung auf. Darüber hinaus wurden in jeweils mehr als 80 Prozent der Fälle auch in den Leistungsverzeichnissen sowie in den Aufträgen auf das Vorhandensein von Versorgungsleitungen hingewiesen. In der Studie von 1995 waren die Zahlen weitaus geringer. Hier wurde lediglich in 65 Prozent der Fälle ein Hinweis gegeben.

In den Fragebögen, die als Grundlage der Studien dienten, wurde allerdings nicht die Qualität der erhaltenen Hinweise erfragt. Daher kann an dieser Stelle keine Aussage dazu getroffen werden, ob konkrete Angaben zu Art und Lage der Leitungen gemacht oder lediglich darauf hingewiesen wurde, dass im Bereich der Tiefbaumaßnahme mit Leitungen zu rechnen sei.

Neben der selbst durchgeführten Informationsbeschaffung durch die Tiefbauunternehmen und den Hinweisen durch die Auftraggeber sind selbstverständlich auch die Versorgungsunternehmen als Eigentümer und/oder Betreiber der Anlagen in die Leitungsauskunft involviert. Wie der Studie aus dem Jahr 2014 zu entnehmen ist, wurden den ausführenden Unternehmen von den Leitungsbetreibern in fast 90 Prozent der Fälle jeweils ein Lageplan zur Verfügung gestellt. In der Studie von 1995 beträgt die Informationsweitergabe durch die Versorgungsunternehmen noch 74 Prozent. Auch in diesem Bereich ist also eine Steigerung der Auskunftshäufigkeit zu erkennen, was allerdings nichts über die inhaltliche Qualität der Planunterlagen aussagt.

Problematisch wird die Handhabung der Pläne, wenn das Tiefbauunternehmen vor Ort (also auf der Baustelle) mit den Plänen unterschiedlicher Versorgungsunternehmen arbeiten muss, die nicht zwangsläufig den gleichen Maßstab aufweisen müssen. Wie die Ergebnisse der Studie von 2014 zeigen, wiesen in mehr als 90 Prozent der Fälle die für eine Baumaßnahme gelieferten Lagepläne der betroffenen Leitungsbetreiber unterschiedliche Maßstäbe auf. Die Darstellungsgröße reichte dabei (zu gleichen Tei-

---

<sup>12</sup> Institut für Bauforschung e. V.: Forschungsbericht 11562 Analyse von Kabel- und Leitungsschäden – Entstehung, Schadensvolumen, Folgeprozesse, Prävention. Hannover: Selbstverlag, 2014

len) von 1:250 über 1:500 bis zu 1:1000, ein weiteres Viertel der Pläne wies gar keinen Maßstab auf. In derartigen Fällen besteht das Risiko, dass die tatsächlichen Verläufe der unterschiedlichen Versorgungsleitungen nicht in Beziehung gesetzt bzw. verstanden werden.

In diesem Zusammenhang ist die fachliche Qualifikation des für die Baumaßnahmen zuständigen Personals interessant. Eine entsprechende Auswertung der Studie ergab, dass es sich überwiegend um Personal mit Fachausbildung (41 Prozent) und mit Studienabschluss (40 Prozent) handelt. Außerdem ist der Studie zu entnehmen, dass das Baustellenpersonal nahezu durchgehend (98 Prozent) entsprechend ihrer Arbeitstätigkeit geschult ist.

### **Thema Kosten**

Kaum ein anderes Thema beschäftigt die Baubranche derzeit so sehr wie das anhaltend hohe Niveau der Preise für Bauleistungen und Baumaterialien. Vor dem Hintergrund der (weitgehend) überstandenen Corona-Pandemie und des Ukraine-Kriegs führen neben Materialknappheit und Lieferengpässen vor allem stark gestiegene Energiepreise zu hohen Preissteigerungen im Bausektor.

Nach Angabe des Statistischen Bundesamts (Destatis) sind von den erheblichen Preissteigerungen besonders energieintensiv produzierte Baustoffe wie Stahl, Stahlerzeugnisse oder Glas betroffen.<sup>13</sup> Demnach erhöhten sich die Preise für Stabstahl im Jahr 2022 um rund 40 Prozent gegenüber dem Vorjahr, bei Bitumen aus Erdöl und bei Betonstahlmatten waren es rund 38 Prozent, und bei Asphaltmischgut lag die Preissteigerung bei rund 26 Prozent (vgl. Abb. 27). Insgesamt erhöhte sich der Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte im Jahresdurchschnitt 2022 um rund 33 Prozent gegenüber 2021.

Auch die vorliegende Studie widmet sich dem Thema Kostenentwicklung, hier allerdings mit dem Schwerpunkt Schadenkosten. Wie in Kap. 4.1 »Entwicklung der Schadenzahlen und Schadenkosten« ausführlich dargelegt wurde, sind auch für die Beseitigung von Tiefbauschäden deutlich steigende Aufwendungen (»Schadenbeseitigungskosten«) zu verzeichnen. So erhöht sich der durchschnittliche Aufwand je Schadenfall und Jahr im Betrachtungszeitraum von rund 2.900 Euro auf rund 3.800 Euro, was einem Anstieg von 31 Prozent entspricht (vgl. Abb. 10). Über die gesamten fünf Jahre betrachtet liegt der durchschnittliche Aufwand je Schadenfall und Jahr bei rund 3.200 Euro.

---

<sup>13</sup> Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung vom 1. Februar 2023: Baumaterialien im Jahr 2022 erneut stark verteuert. [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23\\_N006\\_61.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23_N006_61.html) [abgerufen am: 15.03.2023]



**Abb. 27:** Erzeugerpreisindizes für ausgewählte Baumaterialien [Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023]

Hier lohnt ein kurzer Blick in die Vergangenheit: Versicherungsstatistische Auswertungen relevanter Daten belegen für die erste Hälfte der 1990er-Jahre durchschnittliche Schadenbeseitigungskosten von rund 800 Euro (1.500 DM) pro Schadenfall und Jahr. In der Studie aus dem Jahr 2014 liegen die ermittelten Schadenbeseitigungskosten für den untersuchten Zeitraum 2005 bis 2010 bereits bei rund 1.400 Euro pro Schadenfall und Jahr. Dies entspricht einer Steigerung von 75 Prozent über einen Zeitraum von etwa 15 bis 20 Jahren. Vergleicht man die Daten aus der Studie von 2014 (1.400 Euro pro Schadenfall/Jahr) mit den Ergebnissen des ersten VHV-Bauschadenberichts zum Thema Tiefbau und Infrastruktur<sup>14</sup> aus dem Jahr 2021 (2.800 Euro pro Schadenfall/Jahr), so ist für diesen relativ kurzen Betrachtungszeitraum sogar eine Verdopplung der durch-

<sup>14</sup> VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2020/21. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2021

schnittlichen Schadenbeseitigungskosten festzustellen. Abschließend sollen noch die Daten aus dem Jahr 2021 mit den Ergebnissen aus der vorliegenden, aktuellen Studie (3.200 Euro pro Schadenfall/Jahr) verglichen werden. Hier ist für den Zeitraum von zwei Jahren eine weitere Steigerung der durchschnittlichen Schadenbeseitigungskosten von rund 14 Prozent zu verzeichnen.

Den Autoren ist bewusst, dass diese »Hochrechnung« nicht der üblichen wissenschaftlichen Praxis entspricht, sind die verwendeten Datengrundlagen teilweise doch zu verschieden. Trotz allem lassen die Zahlen eine grundsätzlich steigende Tendenz bei den durchschnittlichen Aufwendungen je Schadenfall und Jahr erkennen.

Über die Versicherungsdaten hinaus sollen hier zusätzlich weitere Ergebnisse aus der bereits erwähnten Umfrage des IFB aus dem Jahr 2020 dargestellt werden. Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass bei rund 40 Prozent der Tiefbauunternehmen die durchschnittlichen Schadenbeseitigungskosten bei maximal 10.000 Euro pro Jahr liegen. Jeweils rund 20 Prozent der Unternehmen nennen Kosten von maximal 20.000 Euro bzw. maximal 50.000 Euro pro Jahr, höhere Schadenbeseitigungskosten von bis zu 100.000 Euro pro Jahr und darüber sind dagegen eher selten.

Hinweis: Die Art der abgefragten Daten lässt die Ermittlung der durchschnittlichen Aufwendungen je Schadenfall und Jahr nicht zu.

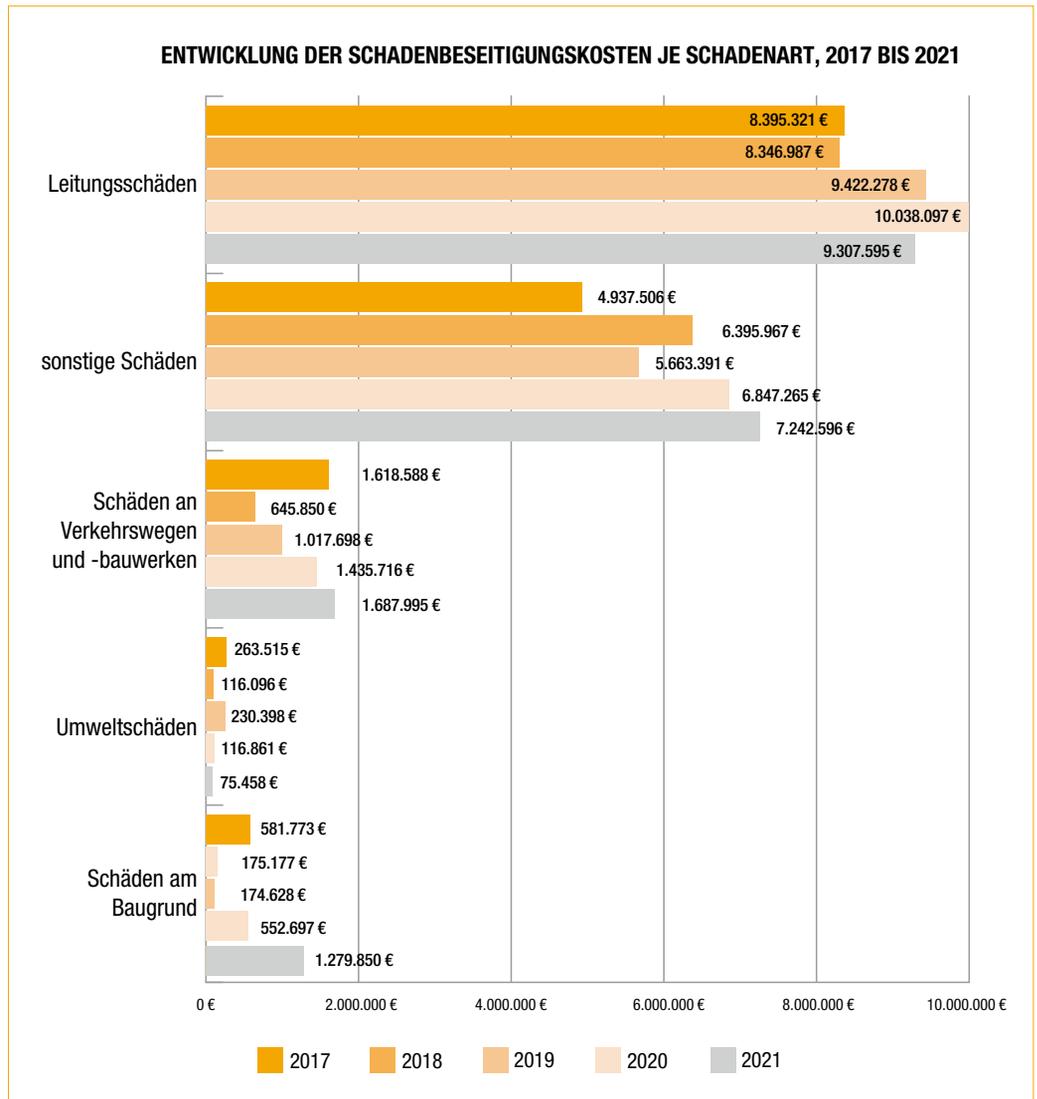
Interessant ist die erweiterte Auswertung der oben genannten Kosten. So ist die Anzahl der Fälle mit Schadenbeseitigungskosten bis (durchschnittlich) maximal 10.000 Euro bzw. 20.000 Euro über den Betrachtungszeitraum weitgehend gleichgeblieben, in wenigen Fällen sogar gesunken. Jeweils rund 20 Prozent der Tiefbauunternehmen stellen dagegen eine Zunahme von Fällen fest, bei denen die Schadenbeseitigungskosten bis zu 50.000 Euro bzw. bis zu 100.000 Euro betragen.

Aus den Ergebnissen der Umfrage lässt sich herauslesen, dass die Anzahl der Schadenfälle mit relativ geringen Schadenbeseitigungskosten tendenziell stagniert, während bei den Schadenfällen, die hohe bis sehr hohe Schadenbeseitigungskosten nach sich ziehen, ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen ist.

Abschließend soll der Fokus noch einmal auf die anfallenden Schadenbeseitigungskosten im Zusammenhang mit der Schadenart gelegt werden. Wie der Grafik in Abb. 28 zu entnehmen ist, zeigt sich über den Betrachtungszeitraum bei nahezu allen erfassten Schadenarten eine zum Teil deutliche Steigerung der Aufwendungen, obwohl sich die Schadenzahlen nicht im gleichen Verhältnis ändern. Besonders deutlich fällt der Anstieg bei Schäden am Baugrund sowie bei Schäden an Verkehrswegen und -bauwerken aus,

und auch bei den Leitungsschäden ist eine Steigerung bzw. eine Stagnation auf hohem Niveau zu erkennen.

Diese Erkenntnisse decken sich mit den bisherigen Auswertungen, wonach vor allem bei den Schäden an Verkehrswegen und -bauwerken sowie bei den Leitungsschäden weiter steigende Schadenzahlen und damit steigende Schadenkosten zu erwarten sind.



**Abb. 28:** Die Entwicklung der Schadenbeseitigungskosten je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

## 4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Fazit

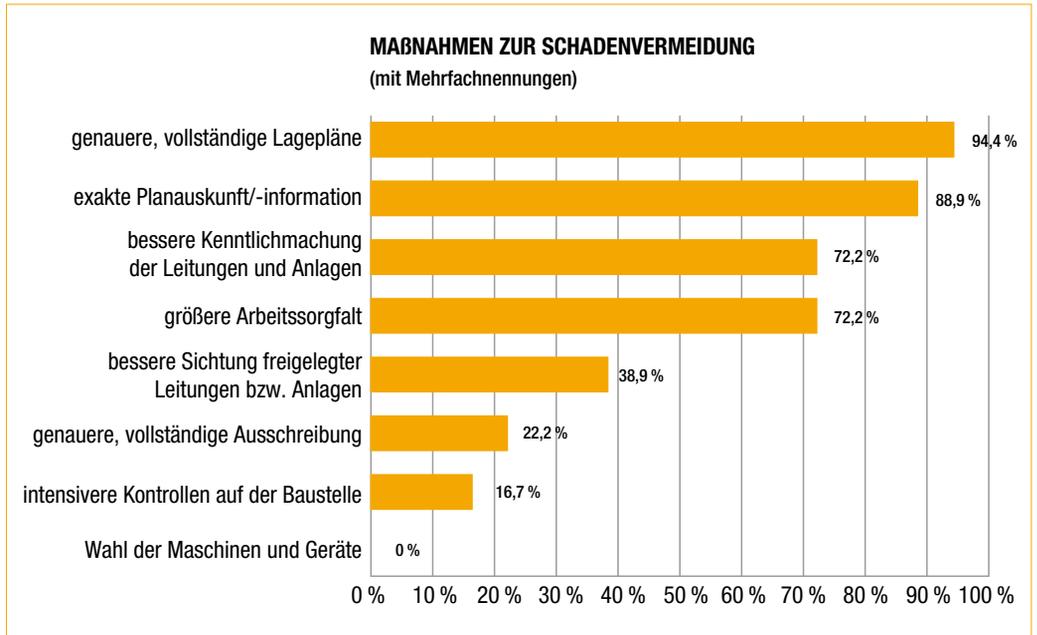
Die Untersuchung zur Entwicklung der Bauschäden im Bereich Tiefbau und Infrastruktur hat im Wesentlichen zu Ergebnissen geführt, die so oder ähnlich erwartet worden waren. So kam es für die Autoren nicht überraschend, dass es sich bei der mit Abstand häufigsten Schadenart um Leitungsschäden handelt und dass die meisten Schäden durch eine unsachgemäße Bedienung von Arbeitsmaschinen verursacht werden. Auch die gefühlte bzw. wahrgenommene kontinuierliche Steigerung der Schadenbeseitigungskosten wurde grundsätzlich bestätigt. Unerwartete Untersuchungsergebnisse lieferten hingegen die Schadenszahlen, bei denen im ersten VHV-Bauschadenbericht zum Thema Tiefbau und Infrastruktur noch ein deutlicher Anstieg festgestellt worden war. In der aktuellen Auswertung zeigt sich dagegen ein leichter Rückgang der Zahlen. Ob sich dieser Trend fortsetzt, ist allerdings noch nicht absehbar.

Die herausgearbeiteten Schwerpunktschäden lassen sich auf einige wenige grundlegende Ursachen zurückführen, die im Wesentlichen durch mangelhafte Arbeitssorgfalt und fehlende Fachkräfte bei parallel steigenden (technischen) Anforderungen an die Tiefbauarbeiten und unzureichende Kontrollen während und nach der Fertigstellung von Bauleistungen zu erklären sind. Diese Umstände führen in ihrer Gesamtheit zu einem empfundenen Qualitätsverlust bei den Ausführungen, wobei sich diese Wahrnehmung aber auch mit konkreten Zahlen untermauern lässt.

Werden die Daten aus der aktuellen Studie zugrunde gelegt, ergibt sich bei der verwendeten Datenbasis von rund 27.000 Schadenfällen in fünf aufeinanderfolgenden Kalenderjahren bei einer etwa gleichbleibenden Anzahl von Versicherungsverträgen ein Schadenaufwand von insgesamt rund 87 Millionen Euro. Darüber hinaus zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg der jährlichen Schadenbeseitigungskosten, der über den gesamten Betrachtungszeitraum um rund 24 Prozent zulegt. Noch deutlicher fällt der Anstieg der Kosten aus, die im Durchschnitt pro Schadenfall und Jahr aufzuwenden sind. Hier ist ein Plus von rund 31 Prozent zu verzeichnen. Anhand dieser Zahlen lässt sich die Annahme der steigenden Aufwendungen für die Abwicklung von Tiefbaus Schäden also durchaus bestätigen.

Bei der Einordnung dieser Summen ist allerdings zu berücksichtigen, dass ausschließlich bei der VHV gemeldete Schadenfälle betrachtet werden und sich damit kein repräsentatives Gesamtbild sämtlicher bei allen Versicherungen gemeldeten Schadenfälle darstellt.

Weiterhin haben die Auswertungen ergeben, dass die entscheidenden Gründe für die Entstehung von Bauschäden den Baubeteiligten grundsätzlich bekannt sind. Diese bemerkenswerte Erkenntnis spiegelt sich auch in den Ergebnissen der IFB-Umfrage<sup>15</sup> aus dem Herbst 2020 wider. Wie sich dort zeigt, ist den Unternehmen durchaus bewusst, welche äußeren Umstände und (eigene) Verhaltensweisen zu einer Vermeidung von Bauschäden führen würden. Die in diesem Zusammenhang vorgeschlagenen Maßnahmen sind der Grafik in Abb. 29 zu entnehmen.



**Abb. 29:** Einschätzung der befragten Unternehmen zu Maßnahmen zur Schadenvermeidung  
[Grafik: IFB, Daten: IFB]

Demnach sieht die überwiegende Mehrheit der Befragten das Hauptproblem unverkennbar bei der Qualität der Informationsweitergabe. Rund 95 Prozent der Unternehmen gehen davon aus, dass durch genauere bzw. durch vollständige Lagepläne ein eingetretener Schaden hätte vermieden werden können, rund 90 Prozent halten eine exakte Planauskunft für potenziell schadenvermeidend. Immerhin noch rund 75 Prozent wünschen sich eine bessere Kenntlichmachung der Leitungen und Anlagen, während weitere rund 75 Prozent der befragten Unternehmen eigene Fehler als schadenursächlich erkennen und eine mangelhafte Arbeitsorgfalt für den Schadeneintritt verantwortlich machen.

<sup>15</sup> Institut für Bauforschung e. V.: Umfrage zu Kabel- und Leitungsschäden – Schadenstatistik/Kosten. Hannover, 2020

In der gleichen Umfrage wurde nach dem Einsatz von Hilfsmitteln zur Schadenprävention gefragt. Wie aus den Antworten hervorgeht, nutzen alle befragten Unternehmen das Angebot der Leitungsauskunft. Verfahren zur Leitungsortung kommen dagegen weitaus seltener zur Anwendung. So nutzen 40 Prozent der Unternehmen elektrische Ortungsgeräte zur Lokalisierung von Kabeln und Leitungen, während manuelle Suchschachtungen nur von rund 30 Prozent der Unternehmen durchgeführt werden. Als weitere effektive Maßnahme zur Reduzierung von Bauschäden wird die bedarfsgerechte Weiterbildung der im Tiefbau tätigen Fachkräfte genannt.

### **Fazit**

Der Blick auf den üblichen Handlungs-/Prozessablauf im Tiefbau zeigt, dass bereits die Planungsphase entscheidend ist für den erfolgreichen Abschluss einer Bauleistung. Die Verantwortung dafür beginnt also schon beim Planer, der mit dem erforderlichen Wissen und unter Beachtung der geltenden Regeln und der örtlichen Gegebenheiten die Planung erarbeitet. Die Verantwortung für die Ausführung liegt dann bei den Fachkräften vor Ort. Um alle Baubeteiligten gleichermaßen in die Bauaufgabe einzubinden, ist ein frühzeitiger und umfassender Informationsaustausch sinnvoll. Beispielsweise können regelmäßige Baubesprechungen helfen, bestimmte Ausführungsschritte – oder deren Änderung – transparent darzustellen. An den Besprechungen sollten daher neben den verantwortlichen Planern und den Vertretern des Auftraggebers immer auch die auf der Baustelle aufsichtführenden Personen teilnehmen.

Eine der entscheidenden Voraussetzungen für einen erfolgreichen Bauablauf ist, dass sich alle Baubeteiligten über die eigenen Verantwortlichkeiten im Klaren sind. Auch das Wissen über die Prozessabläufe sowie die technischen und logistischen Zusammenhänge können dazu beitragen, die Qualität der Bauausführung anzuheben.

Zudem fehlen in Deutschland immer noch einheitliche Bestimmungen über die Qualität der Leitungsdaten und der Genauigkeit von Positionsangaben in den von den Versorgungsunternehmen bereitgestellten Unterlagen. Tatsächlich gibt es nicht einmal gesetzliche Vorgaben, aus denen sich die Verpflichtung zur Einholung bzw. zur Bereitstellung einer Leitungsauskunft ausdrücklich ergibt. Hier würden verbindliche Regelungen wesentlich dazu beitragen, das Risiko von Leitungsbeschädigungen, Unfällen und Versorgungsausfällen zu minimieren.

Darüber hinaus kann eine unabhängige Qualitätssicherung dazu beitragen, die Qualität der Bauleistung zu verbessern. Externe qualifizierte (Ingenieur-)Büros kontrollieren die Bauausführung ergänzend zur üblichen Bauüberwachung und garantieren dadurch, dass Mängel und/oder Schäden frühzeitig erkannt und alle geforderten Vorgaben eingehalten werden. Dadurch wird das Schadenrisiko weiter gesenkt.

Aus der Gesamtheit der genannten Erkenntnisse lassen sich Maßnahmen ableiten, die entscheidend zu einem Rückgang der Tiefbauschäden beitragen können. Damit wäre auch eine spürbare Senkung der tatsächlichen Schadenbeseitigungskosten verbunden.

Folgende Maßnahmen zur Schadenverringerng können demnach formuliert werden:

- sachkundige Vorbereitung und Planung der Tiefbauarbeiten,
- Einsatz von Verfahren zur Leitungsortung,
- Verfügbarkeit detaillierter Lagepläne,
- Verwendung genormter Warneinrichtungen (zum Beispiel detektierbare Trassenbänder, Kabelabdeckungen) zur besseren Kenntlichmachung erdverlegter Kabel und Leitungen,
- gewissenhafte Ausführung der Tiefbauarbeiten,
- Einsatz von entsprechend qualifizierten Fachkräften,
- systematische Qualitätskontrollen durch unabhängige Prüfer.

Wenn die genannten Punkte auf die wesentlichen Aussagen reduziert werden, konkretisieren sich Forderungen, die nicht wirklich neu sind. So handelt es sich bei der Qualifikationsoffensive gegen den Fachkräftemangel und der Vereinfachung bei der Bereitstellung von aussagekräftigen Leitungsauskünften um Ansprüche, die bereits seit Jahren formuliert werden.

Zusätzlich zu diesen bekannten Problemfeldern muss sich die Bauwirtschaft aktuell mit den Auswirkungen des Krieges in der Ukraine befassen. Erhebliche Preissteigerungen und Lieferengpässe bei den Baumaterialien haben sich nach den gerade überstandenen »Pandemiejahren« weiter verschärft, was in der Folge zu Bauverzögerungen, Baustopps und Stornierungen von Aufträgen geführt hat. Perspektivisch gehen daher zahlreiche (Tiefbau-)Unternehmen von Umsatzrückgängen aus. In diesem Zusammenhang ist vorerst nicht damit zu rechnen, dass zusätzliche Fachkräfte eingestellt werden, wie es zur Behebung des Sanierungsstaus in vielen Bereichen des Tiefbaus eigentlich erforderlich wäre. Die Konjunkturprognose für die Baubranche ist derzeit eher schlecht und geht zumindest für das aktuelle Jahr 2023 von Umsatzrückgängen in allen Baubereichen aus.



# 5 SCHADENBEISPIELE

## 5.1 FALLBEISPIEL

### **Unterspülung einer Garagenzufahrt bei einer Horizontalspülbohrung**

Bei der grabenlosen Verlegung eines Leerrohrs mit einem Spülbohrgerät wurde eine Garagenzufahrt unterspült. Auslöser war ein unterirdisches Hindernis, das vom Planer der Bohrung ignoriert worden ist.

---

Was ist passiert? 

#### **SCHADENQUELLE**

##### **Vom Suchen und Finden der Ursache**

Im Rahmen von Umbauarbeiten an einem bestehenden Mehrfamilienhaus sollte unter anderem ein neues Leerrohr für (zukünftige) Versorgungsleitungen verlegt werden. Um den öffentlichen Gehweg und die zum Gebäude gehörende Garagenzufahrt bei den Bauarbeiten nicht zu beschädigen, sollten diese Bereiche durch einen unterirdischen Kanal unterquert werden (vgl. Abb. 01). Geplant war die Anwendung des Horizontalspülbohrverfahrens, das auch als HDD-Bohrung (englisch für *horizontal directional drilling*) bekannt ist und im Gegensatz zum konventionellen, offenen Tiefbau grabenlos erfolgt.

---

Wie kam es dazu? 



**Abb. 01:** Der zu unterquerende Bereich vor dem Mehrfamilienhaus

Vor Beginn der eigentlichen Arbeiten kümmerte sich das beauftragte Tiefbauunternehmen um das Einholen der nötigen Leitungsauskünfte, während der Grundstückseigentümer und Auftraggeber die Pläne seines Grundstücks und des Kellergeschosses (als Endpunkt der Bohrstrecke) lieferte. Diese Unterlagen dienten dem Tiefbauunternehmen als Grundlage für die Planung der Bohrstrecke.

Als notwendige Vorarbeit für die Horizontalspülbohrung wurde am Anfang der geplanten Bohrstrecke eine Baugrube ausgehoben. Von hier aus startete die Pilotbohrung, mit der jede HDD-Bohrung beginnt. Dazu wurde der steuerbare Bohrkopf erst schräg nach unten ins Erdreich gelenkt und sollte dann in einer Tiefe von 80 cm den asphaltierten Gehweg und die betonierte Garagenzufahrt horizontal unterqueren. Über einen integrierten Sender im Bohrkopf wurde der Fortschritt der Bohrarbeiten laufend überwacht.

Als der Bohrkopf den Bereich unterhalb der Garagenzufahrt erreicht hatte, wurde vom Bohranlagenführer ein plötzlich stark ansteigender Widerstand im Erdreich festgestellt. Kurz darauf trat aus einer in der Betonplatte vorhandenen Ausbruchsstelle (vgl. Abb. 02) eine ockerfarbene Flüssigkeit aus, die sich in kurzer Zeit über den Gehweg und die Garagenzufahrt ausbreitete.



**Abb. 02:** Bestehende Ausbruchstelle in der betonierten Garagenzufahrt (provisorisch verfüllt)

Daraufhin wurde ein Teil der betroffenen Flächen geöffnet. Es zeigte sich, dass der Bereich unterhalb dieser Flächen teilweise hohl lag und dass der Hohlraum mit der ockerfarbenen Flüssigkeit gefüllt war. Hierbei handelte es sich um Bohrspülung, die üblicherweise bei Horizontalspülbohrverfahren anfällt. Der Bohrprozess bei einer HDD-Bohrung erfolgt im sogenannten Nassbohrverfahren. Das bedeutet, dass der Bohrkopf nicht rein mechanisch bohrt, sondern hydromechanisch arbeitet. Dazu wird eine Wasser-Bentonit-Suspension genutzt, die mit hohem Druck aus dem Bohrkopf austritt und eine Auflockerung des anstehenden Erdreichs bewirkt. Das dabei entstehende Gemisch aus Bohrsuspension und gelöstem Boden wird Bohrspülung genannt.

Wie durch die Bodenöffnung weiterhin zu erkennen war, war der Bohrkopf offenbar auf unterirdisches Mauerwerk gestoßen. Wie sich herausstellte, lagen dem Tiefbauunternehmen durch die im Rahmen der Leitungsauskunft eingeholten Informationen Unterlagen vor, aus denen die Existenz einer Wand in diesem Bereich hervorgeht. Die vom Auftraggeber übergebenen Baupläne enthielten diese Wand dagegen nicht. Daher ging der Planer des Tiefbauunternehmens davon aus, dass hier die aktuelle Situation verzeichnet war. Weitere klärende Nachfragen an den Auftraggeber gab es nicht.

Im Nachhinein zeigte sich, dass der Auftraggeber die ihm vorliegenden Pläne nicht ausreichend gesichtet hatte. Ursprünglich reichte die Unterkellerung des Gebäudes fast bis zum jetzigen Gehweg. Dieser Kellerraum ist später verkleinert worden, wobei der nicht mehr genutzte Keller in Richtung Gehweg/Straße zwar bestehen blieb, aber in den neuen Plänen nicht mehr auftauchte. Die eingezogene Trennwand zeigte sich nun als Kelleraußenwand und war daher in der Bohrplanung als Ende der Bohrstrecke angegeben.

Als der Bohrkopf während der Bohrung auf die eigentliche (alte) Kelleraußenwand traf, wurde dies beim Bohranlagenführer als starker Widerstand im Boden angezeigt. Durch den zunächst unvermindert großen Druck der ausströmenden Bohrsuspension wurde die Flüssigkeit dann durch die Ausbruchstelle in der Betonplatte der Garagenzufahrt gedrückt.

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Der erste Schritt zur Schadenbehebung bestand darin, das tatsächliche Ausmaß des Hohlraums zu ermitteln. Da eine potenzielle Einsturzgefahr bestand, wurde der betreffende Bereich umgehend abgesperrt und vollständig geöffnet. Dabei wurde festgestellt, dass die Bohrsuspension das Erdreich unplanmäßig gelockert hatte, sodass es zu einer teilweisen Unterspülung des Gehwegs und der Garagenzufahrt gekommen war.



Was wurde unternommen?



**Abb. 03:** Unterspülung im Bereich des Gehwegs und der Garagenzufahrt, Zustand nach der provisorischen Verfüllung

**Abb. 04:** Wie Abb. 03, Detailansicht

Die unter dem Gehweg verlaufenden Versorgungsleitungen sind dagegen nicht beschädigt worden. Alle betroffenen Netzbetreiber und Versorgungsunternehmen konnten keine Unregelmäßigkeiten feststellen, sodass die Baugrube im Anschluss provisorisch verfüllt, abgedeckt und gesichert werden konnte (vgl. Abb. 03 und Abb. 04). Innerhalb von drei Tagen erfolgte das fachgerechte Verfüllen sowie eine (Neu-)Pflasterung des beschädigten Gehwegs.

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit vor allem bei dem Tiefbauunternehmen, das die HDD-Bohrung geplant und ausgeführt hatte, aber auch bei dem Eigentümer des Grundstücks, der nicht auf die auf dem Grundstück verlaufende alte Kelleraußenwand hingewiesen hatte. Da dem Tiefbauunternehmen jedoch keine entsprechende schriftlich verfasste Stellungnahme vorlag, konnte dem Grundstückseigentümer kein schuldhaftes Verhalten nachgewiesen werden.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 8.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für die Mitarbeiterstunden für das Verfüllen des Hohlraums und das Herstellen der neuen Gehwegpflasterung sowie für das eingesetzte Material.

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Bei einer Horizontalspülbohrung traf das Bohrgerät auf ein unerwartetes Hindernis im Baugrund. In der Folge kam es zu einem erhöhten Austritt der Bohrsuspension, was zu einer Unterspülung der unterquerten Flächen führte.

Alle im Baugrund stattfindenden Arbeiten setzen eine umfassende Auskunft für das betreffende Gebiet voraus. Dies gilt vor allem für den Bereich der Leitungsausgänge, aber selbstverständlich auch für alle weiteren (Bau-)Teile, die als potenzielles Hindernis bei einer Bohrung gelten können. Nur mit einem detaillierten Wissen über das Vorhandensein bzw. über die genaue Lage von unterirdischen Bauteilen und Bauwerken können Schäden sicher vermieden werden.

---

Wer ist wofür  
verantwortlich?



---

Wie geht  
es richtig?



## 5.2 FALLBEISPIEL

### Aufwölbung in einer neu erstellten Bodenplatte

An einer frisch gegossenen Bodenplatte kam es einen Monat nach Fertigstellung zu einer lokal begrenzten Aufwölbung in der Fläche, ausgelöst durch das Aufquellen einer Anhydrit-Altlast im Baugrund.

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

Für den Neubau einer nicht unterkellerten Logistikhalle wurde die Bodenplatte von einem Rohbauunternehmen als Flachgründung ausgeführt. Rund vier Wochen nach Fertigstellung wurde in einem Randbereich eine etwa einen Quadratmeter große und mehrere Zentimeter hohe Aufwölbung in der Betonfläche festgestellt (vgl. Abb. 01).



Abb. 01: Aufwölbung im Randbereich der Betonplatte

Direkt unterhalb der Aufwölbung wurde in einer Tiefe von einem Meter eine 0,8 m × 0,8 m × 3,5 m große Gipslinse gefunden (vgl. Abb. 02), in einiger Entfernung außerhalb des Baubereichs dazu ein deutlich kleineres Anhydritvorkommen. Bei Anhydrit handelt es sich – stark vereinfacht ausgedrückt – um Gips, dem beim Brennen bei hohen Temperaturen das gesamte Kristallwasser entzogen wird. Nach Auskunft hinzugezogener Geologen war die vorgefundene Anhydritquelle nicht natürlichen Ursprungs, weshalb hier von nicht fachgerecht entsorgten Baustoffresten ausgegangen wurde. Charakteristisch für den Baustoff Anhydrit ist, dass er unter Feuchtigkeitseinwirkung Wasser anlagert und sich somit wieder in den Ausgangsstoff Gips umwandelt. Diese Umwandlung erfolgt unter einer erheblichen Volumenzunahme.



**Abb. 02:** Gipslinse im Baugrund

Auslöser für das Aufquellen des Anhydrits, das möglicherweise jahrelang unbemerkt im Boden gelegen hatte, war eine verstärkte Wassereinwirkung. Diese lässt sich durch die neu erstellte Bodenplatte erklären. Dieses »Hindernis« bewirkt, dass das anfallende Regenwasser nicht mehr gleichmäßig verteilt im Boden versickern kann, sondern »verdichtet« über die Ränder der Platte abgeleitet wird. Wenn Anhydrit aber Wasser anlagert, kann das Volumen um bis zu 50 Prozent zunehmen, wobei erheblicher Druck erzeugt wird. Diese Vorgänge im Baugrund führten in der Folge zu der beschriebenen Aufwölbung in der Bodenplatte.

Nach Angabe der Bauleitung des Rohbauunternehmens ist vor Beginn der Baumaßnahme eine Baugrunduntersuchung mit Rammsonden durchgeführt worden. Die Ergebnisse der Baugrundsondierung waren geotechnisch »unauffällig«, das heißt, es gab keinen Verdacht auf Bodenverunreinigungen (vgl. Abb. 03). Aus diesem Grund wurden keine weiterführenden Untersuchungen durchgeführt.



Abb. 03: Ungestörter Boden im Bereich der Baugrunduntersuchung

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Der erste Schritt zur Schadenbehebung bestand in einer Tragfähigkeitsprüfung des verdichteten Untergrundes mithilfe eines dynamischen Lastplattendruckversuchs. Da die Ergebnisse auf eine gute Verdichtungsqualität hindeuteten, kam eine ungenügende Bodenverdichtung als Schadenursache nicht infrage.

Im nächsten Schritt wurde die Bodenplatte im Bereich der Aufwölbung geöffnet und der darunter anstehende Boden ausgehoben. Bei dieser Untersuchung wurden die bereits erwähnte Gipslinse und das Anhydrit entdeckt und vollständig entfernt.

Im letzten Schritt der Schadenbehebung wurden die Bodenöffnung wieder verfüllt und die Bodenplatte fachgerecht wiederhergestellt.



Was wurde  
unternommen?

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall ist der Schaden als unvorhersehbare Beschädigung einzustufen, sodass hier bei keinem der Baubeteiligten eine Verantwortlichkeit festzustellen ist.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 32.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für die Bauteilöffnung, die gezielte Bodenuntersuchung und das fachgerechte Wiederherstellen der Bodenplatte. Abzüglich der Sowieso-Kosten zur Entfernung der Anhydrit- und Gips-Altlasten sowie des Selbstbehalts ergab sich für das Rohbauunternehmen eine Entschädigungszahlung von rund 20.000 Euro (netto).

Wer ist wofür verantwortlich?



## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Eine neu erstellte Bodenplatte wies vier Wochen nach Fertigstellung eine partielle Aufwölbung auf. Schadenursächlich war eine unbekannte Anhydrit-Altlast im Baugrund, die nach erheblicher Wasserbeaufschlagung stark an Volumen zugenommen und in der Folge die Bodenplatte beschädigt hatte.

Um den Aufbau und die Beschaffenheit des Baugrundes ausreichend beurteilen zu können, ist eine geotechnische Untersuchung des Bodens vor Baubeginn unerlässlich. Die Untersuchung selbst erfolgt meist als Probenahme durch Rammsondierung, wobei der Umfang bzw. die Anzahl der Sondierungen unter anderem abhängt von der Art des Bauwerks, den Bauwerksabmessungen und den Baugrundverhältnissen.

Die so gewonnenen Bodenproben (sogenannte Aufschlüsse) sind jedoch immer nur als Stichprobe zu bewerten. Da über die zwischen den Untersuchungspunkten liegenden Bereiche des Baugrundes nichts bekannt ist, verbleibt hier immer ein gewisses und unvermeidbares Restrisiko. Im vorliegenden Fall bestand das Baugrundrisiko in der unbekanntenen Anhydrit-Altlast, die trotz durchgeführter Baugrunduntersuchung unentdeckt blieb und in der Folge zu einem Bauschaden geführt hat.

Wie geht es richtig?



## 5.3 FALLBEISPIEL

### Versagen eines Traggerüsts für ein neu erstelltes Brückentragwerk

Während der Herstellung einer neuen Brücke kam es zum Versagen des Traggerüsts der zu betonierenden Fahrbahnplatte. Schadenursächlich war eine ungenaue Montage des Traggerüsts.

 Was ist passiert?

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

Im Rahmen des Neubaus einer Umgehungsstraße musste ein Brückenbauwerk neu erstellt werden. Dabei handelte es sich um eine Zweifeldbrücke mit einer Stützweite von jeweils rund 25 Metern und einer Überbaubreite von rund 5 Metern. Tragwerkstechnisch war das Bauwerk als einsteiger Plattenbalken geplant, der in Spannbetonbauweise ausgeführt werden sollte. Die Bauarbeiten wurden von einem Tiefbauunternehmen durchgeführt, das auch die entsprechenden statischen Berechnungen erstellt hatte.

Vor dem Betonieren der Fahrbahnplatte wurde die Schalung vorbereitet. Diese bestand aus einer Holzschalung, die in Längsrichtung auf mehreren Stahlträgern auflag. Der Lastabtrag erfolgte über quer darunter angeordnete Stahlträger und Gerüststützen, die senkrecht auf einem als Fußpunkt dienenden liegenden Stahlträger montiert waren. Während des Betonierens kam es durch den Abbruch eines nahe gelegenen abgängigen Brückenpfeilers zu leichten Erschütterungen am neuen Brückenbauwerk, woraufhin die Gerüststützen vom unteren tragenden Stahlträger rutschten. Daraufhin brach die gesamte Tragkonstruktion einschließlich der frisch betonierten Fahrbahnplatte in sich zusammen.

 Wie kam es dazu?

Nachträglich durchgeführte Berechnungen ergaben, dass die Erschütterungen durch den in der Nähe durchgeführten Bauteilabbruch nicht schadenursächlich für das Versagen des Traggerüsts gewesen sein können. Realistischer ist die Annahme, dass die Montage der Gerüstkonstruktion nicht mit der nötigen Sorgfalt ausgeführt worden ist. Hier haben minimale Montageungenauigkeiten eine außermittige Lasteinleitung in den am Fußpunkt befindlichen Stahlträger bewirkt, was in der Folge zum Versagen der gesamten Tragkonstruktion geführt hat.

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Der erste Schritt zur Schadenbehebung bestand in der Prüfung der Tragfähigkeitsberechnung des Traggerüsts. Damit wurde nachgewiesen, dass die Berechnungen korrekt waren und die Lasten sicher hätten abgeleitet werden können.

Im nächsten Schritt wurden die herabgestürzten Beton- und Stahlmassen sortenrein getrennt und entsorgt. Die beschädigten Teile des Traggerüsts wurden erneuert bzw. ergänzt, wobei in den am Fußpunkt befindlichen Stahlträger zusätzliche Beulsteifen zur Stabilisierung eingeschweißt und die Stützenfüße mit einer zusätzlichen Stahlkonstruktion verbunden wurden.

Im letzten Schritt der Schadenbehebung wurden die Schalung und die Bewehrung vollständig erneuert und die Fahrbahnplatte neu betoniert (vgl. Abb. 01).

Was wurde  
unternommen?



Abb. 01: Neu erstelltes Brückenbauwerk

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit bei dem Tiefbauunternehmen, das das neue Brückenbauwerk geplant, statisch berechnet und ausgeführt hatte.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 145.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für die Aufräumarbeiten und die Entsorgung der nicht mehr zu verwendenden Baumaterialien, die Reparatur des Traggerüsts, die Neuerstellung der Schalung und der Bewehrung sowie das neue Betonieren des Brückenoberbaus.

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Bei der Betonage der Fahrbahnplatte einer neu erstellten Brücke kam es zum Zusammenbruch des Traggerüsts. Schadenursächlich war eine ungenaue Montage, die zu einer außermittigen Lastableitung und in der Folge zum Versagen der gesamten Tragkonstruktion führte.

Grundsätzlich sind Traggerüste gegen Umkippen, Brechen und Knicken («Versagen») zu sichern. Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit sind bei Bedarf in speziell für das Bauvorhaben erstellten Montageanweisungen festzulegen. Weiterhin muss die Montage von Traggerüsten von hierfür befähigten, fachkundigen Personen durchgeführt werden. Dabei sind die Angaben aus den Montageplänen konsequent einzuhalten und die Montagearbeiten sorgfältig auszuführen.



Wer ist wofür  
verantwortlich?



Wie geht  
es richtig?

## 5.4 FALLBEISPIEL

### Grundwassereinbruch in eine wasserdichte Baugrube

Bei der Herstellung eines unterirdischen Schmutzwasserkanals kam es zu einem massiven Eintritt von Grundwasser in die Baugrube. Ausgelöst wurde der Schaden durch einen Ausführungsfehler bei der Herstellung der wasserdichten Einfahrkonstruktion für die Tunnelbohrmaschine.

Was ist passiert? 

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

In einem dicht bebauten Stadtgebiet sollte ein neuer Hauptkanal für die Schmutzwasserentsorgung hergestellt werden. Aufgrund der Innenstadtlage musste die Herstellung als grabenloser unterirdischer Kanalbau erfolgen. Da durch vorherige Baumaßnahmen sowie gezielte Baugrunduntersuchungen bekannt war, dass im Baugebiet schon in geringer Tiefe Grundwasser ansteht, mussten die Bohrungen für den Kanal unterhalb des Grundwasserspiegels stattfinden. Zum Einsatz kam eine vollautomatische und laser-gesteuerte Tunnelbohrmaschine, die neben dem Abbau des umgebenden Bodens auch den Ausbau der Tunnelwände übernimmt.

Wie kam es dazu? 

Für den Startschacht wurde mithilfe von Stahlbeton-Bohrpfählen eine wasserdichte Baugrube hergestellt, von der aus die Bohrung startete. Die Tunnelbohrmaschine arbeitete sich planmäßig bis zum Zielschacht vor, der wie der Startschacht durch Bohrpfahlwände als wasserdichte Baugrube ausgeführt war. Um beim Ausfahren aus dem Startschacht und beim Einfahren in den Zielschacht ein Eindringen von Grundwasser und Bodenmaterial zu verhindern, müssen spezielle Dichtsysteme verwendet werden. Diese sollen gewährleisten, dass beim Herstellen der Öffnung in der wasserdichten Baugrubenwand die Wasserdichtheit erhalten bleibt.

Im vorliegenden Fall wurde außen vor der vorhandenen Bohrpfahl-/Baugrubenwand im Bereich der späteren Öffnung ein sogenannter Dichtblock als äußere Dichtebene hergestellt. Dazu wurde das anstehende Erdreich durch eine Baugrundinjektion mit einer Zementsuspension vermischt, wodurch nach der Verfestigung eine wasserdichte Bodensäule entstand. Die Fuge zwischen Dichtblock und Baugrubenwand sollte gemäß Planvorgaben zusätzlich wasserdicht verpresst werden. Parallel dazu wurde die Öffnung in der Baugrubenwand für die Durchfahung mit der Tunnelbohrmaschine vorbereitet. Dazu wurde ein Bagger mit Hydraulikhammer eingesetzt, der vom Zielbauschacht aus agierte (vgl. Abb. 01).



**Abb. 01:** Öffnung der Bohrpfahl-/Baugrubenwand durch einen Bagger mit Hydraulikhammer

Geplant war, dass nach der Herstellung der Öffnung zusätzlich eine innenliegende Einfahrkonstruktion mit Dichtfunktion (ein sogenannter Dichttopf) vor der Baugrubenwand eingebaut wird. Als im Rahmen der Stemmarbeiten die Baugrubenwand vollständig durchbrochen war, brach plötzlich massiv Grundwasser ein. Innerhalb weniger Minuten war die Baugrube überflutet, was auch dazu führte, dass der Bagger größtenteils unter Wasser stand (vgl. Abb. 02).



**Abb. 02:** Überflutete Baugrube mit Bagger

Wie sich später herausstellte, war die Fuge zwischen dem außenliegenden Dichtblock und der Baugrubenwand nicht verpresst, sodass Grundwasser und Bodenmaterial des umgebenden Baugrundes ungehindert in die Baugrube eindringen konnten.

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Der erste Schritt zur Schadenbehebung bestand darin, die Öffnung in der Baugrubenwand so schnell wie möglich sicher zu verschließen. Da dieser Bereich unterhalb des Grundwasserspiegels lag, mussten die Arbeiten von entsprechend ausgebildeten Unterwasserarbeitern ausgeführt werden.

Im nächsten Schritt musste der die Baugrube umgebende Boden stabilisiert werden. Da eine große Menge des Bodenmaterials mit dem Grundwasser in die Baugrube eingeschwemmt worden war, bestand die Gefahr eines Grundbruchs. Die Arbeiten zum Verfestigen des Baugrundes erfolgten wie schon bei der Herstellung des Dichtblocks mittels Hochdruckinjektion. Außerdem wurde die Fuge zwischen Dichtblock und Baugrubenwand, wie ursprünglich geplant, wasserdicht verpresst.

Was wurde  
unternommen?



## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit bei dem Spezialtiefbauunternehmen, das den Dichtblock ohne die vorgegebene Fugendichtung ausgeführt hatte.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 150.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für die statische Berechnung zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit der beschädigten Baugrubenwand, die Bodenstabilisierung mittels Hochdruckinjektion, den Unterwasserarbeiten zum temporären Verschließen der Baugrubenwand und den Bergungsarbeiten zur Sicherung des überfluteten Baggers.

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Der Neubau eines unterirdischen Entwässerungskanals sollte durch ein Gebiet mit hohen Grundwasserständen führen. Da die Einfahrkonstruktion für die Tunnelbohrmaschine in den Zielschacht nicht ausreichend wasserdicht ausgeführt worden war, kam es zu einem Eintritt von Grundwasser in die Baugrube.

Bei Tunnelbauten, die in geschlossener Bauweise erstellt werden, erfolgt die Ausführung unterirdisch. Hier sind Baugrunduntersuchungen zum Aufbau und zur Beschaffenheit des Baugrundes sowie zu den lokalen Grundwasserverhältnissen unerlässlich. Baugruben und Tunnelbauwerke, die im Grundwasser liegen, können mittlerweile relativ unproblematisch wasserdicht hergestellt werden. Die Ausführung von wasserdichten, nachträglich hergestellten Öffnungen in der Baugrubenwand für die Durchfahrt von Tunnelbohrmaschinen sind dagegen nur mit großem technischen Aufwand möglich. Insgesamt stellen die Fugen zwischen dem jeweiligen außen- oder innenliegenden Dichtelement und der wasserdichten Baugrubenwand eine bautechnische Schwachstelle dar. Da die Wasserdichtheit der Bauteilöffnung durch die Dichtigkeit dieser Fugen bestimmt wird, ist bei der Ausführung der Fugenabdichtung besondere Sorgfalt nötig.



Wer ist wofür verantwortlich?



Wie geht es richtig?

## 5.5 FALLBEISPIEL

### Verwendung falscher Rohrleitungen in einem Trinkwasserleitungsnetz

Bei der Neuerstellung des Trinkwasserleitungsnetzes zur Versorgung einer Seniorenwohnanlage wurden teilweise ungeeignete Rohrleitungen eingebaut. Hier sind die entsprechenden Hinweise in den Ausführungsplänen übersehen worden.

---

Was ist passiert? 

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

Auf dem Gelände einer Seniorenwohnanlage sollte ein neues Wohngebäude errichtet werden. Weiterhin sollte das bestehende Wasserversorgungsnetz komplett erneuert werden, da bis dahin die Bereitstellung des Trinkwassers und des Löschwassers über ein gemeinsames Leitungsnetz erfolgte. Diese Ausführung entsprach jedoch nicht mehr dem Stand der Technik, weshalb die jeweiligen Versorgungsleitungen zukünftig getrennt ausgeführt werden sollten. Aus technischen Gründen musste aber für einen Teil der bestehenden Wohnanlage während der Bauarbeiten die gemeinsame Belegung des Leitungsnetzes beibehalten werden. Die zu diesem Zweck neu verlegten Leitungen sollten später der Trinkwasserversorgung dienen.

---

Wie kam es dazu? 

Die Betreiberin der Pflegeeinrichtung beauftragte ein Ingenieurbüro für technische Fachplanung und Gebäudeausrüstung mit der Planung des Trinkwasser- und des Löschwasserleitungsnetzes. Die beauftragten Leistungen umfassten die Leistungsphasen 1 bis 8 nach HOAI<sup>1</sup>, darunter die Erstellung der Planungs- und Ausschreibungsunterlagen sowie die Bauüberwachung. Weiterhin wurde ein Tiefbauunternehmen beauftragt, das die Leitungsnetze ausführen bzw. verlegen sollte.

Die Ausführung der Leitungsnetze war laut Planung in zwei Bauabschnitte gegliedert und sollte mit der Herstellung des Löschwasserleitungsnetzes beginnen. In den Planunterlagen waren das Trinkwasser- und das Löschwasserleitungsnetz durch unterschiedliche Farben, Linienarten und Beschriftungen gekennzeichnet.

Wie aus dem Leistungsverzeichnis hervorgeht, wurden an die erdverlegten Rohrleitungen je nach Verwendung als Trinkwasser- oder als Löschwasserleitung zum Teil unterschiedliche Anforderungen an die Materialqualität gestellt. Demnach sollten für beide Versorgungsnetze Kunststoff-Druckrohre verwendet werden, wobei aber für die Trinkwasserrohre unter anderem noch eine zusätzliche Zertifizierung nach DVGW<sup>2</sup> bezüglich des Hygienestandards gefordert war.

Die Rohrleitungsarbeiten verliefen nach Plan, bis rund drei Wochen nach Baubeginn entdeckt wurde, dass die übergangsweise gemeinsam für Trinkwasser und Löschwasser genutzte Leitung mit den falschen Rohren ausgeführt worden war. Hier hatte das Tiefbauunternehmen Rohrleitungen für das Löschwasserleitungsnetz verlegt, wie für den ersten Bauabschnitt vorgesehen. Dabei ist aber übersehen worden, dass in diesem besonderen Bereich temporär eine »Mischnutzung« geplant war und die neu verlegte Leitung zukünftig als Trinkwasserleitung dienen sollte.

Entsprechende Einträge und Kennzeichnungen waren in den Ausführungsplänen deutlich vermerkt, aber von den ausführenden Personen vor Ort nicht zur Kenntnis genommen worden. Die eingebauten Rohrleitungen waren nicht für den Transport von Trinkwasser zugelassen und entsprachen damit auch nicht den Vorgaben der Planung. Wie aus den vorliegenden Unterlagen hervorgeht, ist diese fehlerhafte Ausführung im Rahmen der üblichen Bauüberwachung nicht als solche erkannt worden. Demnach wurden von dem dafür verantwortlichen Ingenieurbüro weder Bedenken geäußert noch dokumentiert.

---

1 HOAI: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

2 DVGW: Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Die Schadenbehebung bestand darin, den betreffenden Leitungsstrang rückzubauen und mit geeigneten Rohrleitungen neu herzustellen (vgl. Abb. 01). Dazu wurden die fälschlicherweise verlegten Löschwasserrohre freigelegt, ausgebaut und gegen Trinkwasserrohre mit der geforderten DVGW-Zertifizierung ausgetauscht (vgl. Abb. 02 und Abb. 03).

Was wurde  
unternommen?



**Abb. 01:** Abschnitt eines neu hergestellten Leitungsstrangs für die Trinkwasserversorgung (blaue Rohrleitung)



**Abb. 02:** Abschnitt eines neu hergestellten Leitungsstrangs für die Trinkwasserversorgung, Zwischenstand während des Hygienetests



**Abb. 03:** Wie Abb. 02

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lagen diese bei dem Tiefbauunternehmen sowie bei dem Ingenieurbüro für technische Fachplanung und Gebäudeausrüstung. Die (technischen) Verantwortlichkeiten wurden folgendermaßen quotiert:

- Tiefbauunternehmen (Ausführung) – 50 Prozent
- Ingenieurbüro (Bauüberwachung) – 50 Prozent

Das **Tiefbauunternehmen** bzw. die Rohrleitungsbauer vor Ort haben die Planungsvorgaben und Ausführungspläne nicht sorgfältig gelesen. Hier wurde nicht nur die besondere Kennzeichnung der Wasserleitung als temporär gemeinsam genutzte Trinkwasser- und Löschwasserleitung übersehen, sondern auch der (textliche und zeichnerische) Hinweis, dass für diesen Leitungsstrang Trinkwasserrohre eingebaut werden sollten.



Wer ist wofür  
verantwortlich?

Das **Ingenieurbüro** war nicht nur für die Planung des Trinkwasser- und Löschwasserleitungsnetzes verantwortlich, sondern auch für die Bauüberwachung der entsprechenden Ausführungsarbeiten. Dabei wurden im Rahmen der Bauüberwachung die eigenen Planungsvorgaben nicht beachtet und somit den vertraglich vereinbarten Aufgaben nicht nachgekommen.

Die schadenbedingten Gesamtkosten wurden mit rund 55.000 Euro (netto) veranschlagt. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für den Austausch der Rohrleitungen und die Mitarbeiterstunden (Normal- und Überstunden sowie Wochenendstunden).

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Bei der Erstellung eines Trinkwasserleitungsnetzes wurden aufgrund von Unaufmerksamkeiten beim Planlesen Löschwasserrohre eingebaut, die nicht für den Transport von Trinkwasser geeignet bzw. zugelassen sind.

Sorgfalt und Aufmerksamkeit sind bei der Herstellung von Anlagen zur Verteilung von Trinkwasser von großer Bedeutung, da an Trinkwasser ganz besondere Güteanforderungen gestellt werden. Das Ziel bei der Ausführung ist ein hygienisch sicheres Trinkwasserleitungsnetz. Aus diesem Grund ist vor allem die Auswahl der Materialien für die Rohrleitungen entscheidend, die im Kontakt mit dem Trinkwasser keine Stoffe abgeben dürfen, die das Wasser negativ verändern können (vgl. § 17 TrinkwV<sup>3</sup>).

Nicht zuletzt ist hier auch die von der Bauherrin mit der Bauüberwachung bevollmächtigte Person in der Pflicht. Als verantwortliche Person für die ordnungsgemäße Ausführung der Arbeiten hat die Bauüberwachung darauf zu achten, dass alle Arbeiten in Übereinstimmung mit der (Ausführungs-)Planung, den anerkannten Regeln der Technik und den geltenden Vorschriften ausgeführt werden.

Wie geht es richtig?



3 TrinkwV: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung)

## 5.6 FALLBEISPIEL

### Beschädigung eines Glasfaserkabels bei einer Suchschachtung

Bei einer Suchschachtung zur Lagebestimmung einer Trinkwasserleitung wurde ein Glasfaserkabel beschädigt, was zu erheblichen Störungen im Datenverkehr führte. In dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Leitungsplan war der Verlauf des Kabels an anderer Stelle verzeichnet.

 Was ist passiert?

#### SCHADENQUELLE

##### Vom Suchen und Finden der Ursache

Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten für das Neuverlegen einer Trinkwasserleitung wurden Suchschachtungen durchgeführt, um den genauen Verlauf der bisherigen Leitung zu bestimmen. Die Schachtarbeiten wurden von einem Tiefbauunternehmen im Auftrag eines Energieversorgungsunternehmens durchgeführt, das auch den Leitungsplan mit der vorhandenen Leitungsinfrastruktur im betreffenden Gebiet zur Verfügung gestellt hatte. Der Auftragnehmer führte keine weiteren Prüfungen hinsichtlich der Richtigkeit der Planunterlagen durch.

Laut Leitungsplan sollte sich die gesuchte Trinkwasserleitung in einem begrünten Wege- randstreifen befinden. Parallel dazu sollte eine Glasfasertrasse verlaufen, die laut Plan in rund einem Meter Entfernung im Bereich des benachbarten Gehwegs verlegt war. Für die Schachtarbeiten war die Verwendung von Baumaschinen ausdrücklich ausgeschlossen, weshalb die Suche nach der Trinkwasserleitung per Handschachtung durchgeführt wurde (vgl. Abb. 01).

Die Trinkwasserleitung sollte in einer Tiefe von 1,5 Metern liegen. Für das Auflockern und Entfernen des Bodens kamen Metallspaten und -schaufel zum Einsatz. In einer Tiefe von rund 50 Zentimetern stießen die Beschäftigten des Tiefbauunternehmens

unvermutet auf ein Glasfaserkabel, das dabei stark beschädigt wurde. Als Folge kam es zu einem Ausfall des Internets, von dem ein ganzer Stadtteil mit mehr als 11.000 privaten Haushalten und mehreren Gewerbebetrieben betroffen war.

Wie sich später herausstellte, waren die Angaben im Leitungsplan nicht korrekt. So unterschieden sich der eingezeichnete und der tatsächliche Verlauf des Glasfaserkabels um rund einen Meter.



Abb. 01: Angelegter Suchschacht

## SCHADENBEHEBUNG

### Der Weg zur geeigneten Sanierung

Die ersten Schritte zur Schadenbehebung bestanden darin, die betreffende Schadenstelle zu sichern und den Netzbetreiber zu benachrichtigen. Dieser schickte umgehend ein Service-Team zum Schadenort, um das Ausmaß der Schäden festzustellen.

Nach Sichtung des Schadens beschloss der Netzbetreiber, die Glasfasertrasse im Rahmen der sowieso stattfindenden Tiefbauarbeiten für den Austausch der Trinkwasserrohre umlegen zu lassen. Zumindest im Bereich der neu erstellten Trinkwasserleitung sollte das Glasfaserkabel wie im Leitungsplan angegeben mit einem größeren Abstand zur Wasserleitung verlegt werden.

Was wurde  
unternommen?



Die Reparatur des Glasfaserkabels erfolgte durch das Einspleißen neuer Teilstücke. Dabei wurden die Glasfaserenden des bestehenden Kabels erst präzise geschnitten und dann mit den entsprechend zugeordneten Glasfaserenden der Ersatzstücke verschweißt. Die Verbindungsstellen (»Spleißstellen«) wurden mit speziellen Konnektoren zugfest und druckdicht gesichert (vgl. Abb. 02 und Abb. 03). Zum Abschluss der Reparaturarbeiten wurde von den Technikern eine sogenannte Dämpfungsmessung durchgeführt. Mithilfe dieser Messung kann festgestellt werden, ob die Datenübertragung (wieder) störungsfrei läuft. Nach rund 24 Stunden war der Schaden behoben.



**Abb. 02:** Repariertes Glasfaserkabel mit mehreren eingespleißten Teilstücken



**Abb. 03:** Wie Abb. 02, Detailansicht

## SCHADENREGULIERUNG

### Klärung der Verantwortlichkeiten

Für die abschließende Regulierung eines Schadens müssen die Verantwortlichkeiten der einzelnen Beteiligten geklärt werden. Im konkreten Fall lag die Verantwortlichkeit ausschließlich beim Tiefbauunternehmen, das im Auftrag eines Energieversorgungsunternehmens Suchschachtungen durchgeführt hatte, ohne vorher die vom Auftraggeber erhaltenen Leitungsauskünfte zu kontrollieren.



Wer ist wofür verantwortlich?

Da der Schadenfall noch nicht abgeschlossen ist, kann zu den Gesamtkosten noch keine endgültige Aussage getroffen werden. Derzeit werden die Schadenbeseitigungskosten auf rund 12.000 Euro (netto) geschätzt. Diese Summe setzt sich zusammen aus den Kosten für die Notfallreparaturarbeiten und das eingesetzte Material. Strittig ist noch, wer gegenüber den Kunden des Netzbetreibers schadenersatzpflichtig ist und für die Schäden durch den eintägigen Internetausfall aufzukommen hat.

## SCHADENVERMEIDUNG

### Sinnvolle Lösungsansätze

Im Rahmen einer Suchschachtung wurde ein Glasfaserkabel beschädigt, sodass es zu einer umfassenden Störung des Internetempfangs kam. In dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Leitungsplan war der Verlauf der Glasfasertrasse an anderer Stelle verzeichnet.

Alle im Baugrund stattfindenden Arbeiten setzen eine umfassende Leitungsauskunft für das betreffende Gebiet voraus. Nur mit detailliertem Wissen über die vorhandene Leitungsinfrastruktur können Schäden verhindert werden. Als vorbereitende Maßnahme der Schachtarbeiten hätte der Verlauf der Glasfasertrasse trotz Übergabe der Leitungsauskunft durch den Auftraggeber überprüft werden müssen. Ohne genaue Kenntnis der Lage (Verlauf und Tiefe) von erdverlegten Kabeln und Rohrleitungen ist es unzulässig, Gegenstände in das Erdreich zu treiben.<sup>4</sup> Insbesondere die Bereiche Informationstechnik und Telekommunikation zählen zu den sogenannten Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) und haben damit eine besondere Relevanz für die Gesellschaft. Ausfälle oder Behinderungen können im Notfall existenzielle Bedrohungen darstellen.

Grundsätzlich ist bei Tiefbauarbeiten im innerstädtischen Bereich von dem Vorhandensein der unterschiedlichsten Versorgungsleitungen auszugehen. Insofern muss vor jeder Tiefbaumaßnahme verpflichtend eine Leitungsauskunft aller involvierten Netzbetreiber eingeholt werden. Sofern es keinen Gesamtplan des betreffenden Gebiets gibt, müssen von jedem Netzbetreiber einzeln die jeweiligen Pläne mit Lage und Verlauf der erdverlegten Leitungen angefordert werden. Absolut unzulässig ist es dagegen, sich lediglich auf die (mündlichen) Auskünfte nicht qualifizierter Personen zu verlassen. Je nach Vertragsgestaltung wird das Einholen der Leitungsauskunft vom Auftragnehmer oder vom Auftraggeber übernommen.

Wie geht es richtig?



<sup>4</sup> DGUV Information 203 - 017 »Schutzmaßnahmen bei Erdarbeiten in der Nähe erdverlegter Kabel und Rohrleitungen«; Ausgabe Februar 2019



# 6 AKTUELLE FOKUSTHEMEN UND LÖSUNGEN

Im folgenden Kapitel stehen Themen im Fokus, die die Branche aktuell besonders beschäftigen. Unternehmen, Verbände und Initiativen thematisieren konkrete Problemfelder und zeigen zahlreiche Lösungsmöglichkeiten auf: Möglichkeiten zur Verbesserung von Leitungsauskünften, Konzepte zum Sammeln von Daten bei Bauprojekten, Abschätzung von Folgen des Klimawandels sowie Managementkonzepte, die mittels Risikoerhebung helfen können, Leitungsschäden zu vermeiden – eine Auswahl spannender und vielfältiger Innovationen, die das Planen und Bauen positiv verändern können.

## 6.1 Leitungsauskuft – alles was man wissen muss

Viele Ver- und Entsorgungsleitungen sind unterirdisch verlegt, häufig angrenzend an andere Ver- oder Entsorgungsleitungen. Beschädigungen bei Neuverlegung oder Reparatur bzw. Instandhaltung sind daher nicht immer auszuschließen. Eine verlässliche Leitungsauskuft kann dazu beitragen, Beschädigungen an unterirdisch verlegten Leitungen zu vermeiden. Die folgenden Experteninterviews und Berichte geben einen Überblick zu Erfahrungen und Hürden bei Leitungsauskünften.

## 6.1.1 Das Einholen von Leitungsauskünften in Deutschland – eine kurze Bestandsaufnahme



Dr. Eva Benz



Markus Heinrich



Jan Syré

### Einleitung

Der Artikel hat den Anspruch, den aktuellen Status quo der Situation in Deutschland rund um die Leitungsauskunft bzw. Netzauskunft aus einem neutralen Blickwinkel zu beschreiben und zu analysieren. Neben dem Versuch, die Begrifflichkeiten, die im Markt – teilweise auch missverständlich – verwendet werden, voneinander abzugrenzen, werden die aktuellen Marktinstrumente transparent dargestellt, um Unsicherheiten zu minimieren. Der Inhalt wendet sich an alle, die sich für das Leitungsauskunfts-Verfahren interessieren, die Fragen haben bezüglich der Funktionsweise der unterschiedlichen am Markt etablierten Dienstleistungen und die sich eine transparente, marktneutrale Darstellung wünschen. Hierzu zählen insbesondere die folgenden Zielgruppen:

- **Bauausführende und Planende** Sie erhalten ein verlässliches Hilfsmittel im Rahmen eines Auskunftsbegehrens, um sich sicher und rechtskonform im Markt zu bewegen: Wer macht was und was nicht? Wer passt zu mir und meinen Bedürfnissen?
- **Infrastrukturbetreiber** Sie finden Argumente/Lösungsansätze für Sicherheit und Funktionserhalt ihrer Infrastruktur und können gegebenenfalls eine Mitwirkung an der identifizierten Lösung prüfen.

### Rechtsrahmen bei der Einholung und Erteilung von Leitungs-/Netzauskünften

Es gibt keine gesetzlichen Regelungen, die explizite Aussagen bezüglich der Verpflichtung zur Einholung (durch den Bautätigen) bzw. Erbringung (durch den Betreiber) einer Leitungsauskunft machen. Es sind ausschließlich technische Regelwerke (zum Teil kostenpflichtig) und zahlreiche Gerichtsurteile, die sich mit dem Thema befassen.

- Die Verpflichtung zur Einholung einer Leitungsauskunft leitet sich aus der *Sorgfaltspflicht* der Bautätigen ab – die Beschädigungen von Leitungen stellen ersatzpflichtige Eigentumsverletzungen im Sinne der §§ 823 ff. BGB dar, wenn die Sorgfaltspflicht nicht erfüllt wurde. Ein Versäumnis ist ein Verstoß gegen die erforderliche Sorgfalt und daher als fahrlässig und somit haftungsbegründend zu werten.
- Die Verpflichtung zur Erbringung der Leitungsauskunft begründet sich aus den *Verkehrssicherungspflichten* des Betreibers gegenüber dem Tiefbauer – das heißt, er muss dafür sorgen, dass von seinen Anlagen keine Gefahren für Dritte ausgehen – und aus seiner Pflicht gemäß § 11 Abs. 1 S. 1 EnWG zur sicheren und zuverlässigen Energieversorgung. Es ist ein elementarer Gedanke des deutschen Rechtssystems, dass man für die Einhaltung der Verkehrssicherungspflicht selbst aufkommen muss. Jeder Betreiber muss somit eigens die Erbringung der Leitungsauskunft finanzieren und mindestens einen kostenfreien Weg der Auskunftserteilung anbieten.<sup>1</sup>

Während es für Bautätige keine Anforderungen an die Anfrage gibt (Umfang, Art und Weise), wird in den Regelwerken der beiden Branchenverbände, des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) und des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE), den Betreibern der Sparten Gas, Wasser und Strom vorgegeben, wie sie ihre Leitungsauskunft zu erbringen haben (siehe nächster Abschnitt). Für die Branchen Telekommunikation, Abwasser, Fernwärme, Öl und Chemie existieren keine derartigen Regelwerke. Existierende Regelwerke anderer Branchen können als Orientierung hinzugezogen werden.

### **Verfahren zur Einholung einer Leitungsauskunft**

Wollen Bautätige zur Einholung einer Leitungsauskunft externe Dienstleister beauftragen, ist es für sie wichtig, die Unterschiede der am Markt angebotenen Lösungen zu kennen, um das für sie am besten geeignete Angebot zu identifizieren.

Das Hauptunterscheidungsmerkmal ist die angewandte Methodik der *Vorab-Zuständigkeitsprüfung*. Das ist die Ermittlung der für ein Bauvorhaben zuständigen Betreiber, die dann zur Erbringung einer Leitungsauskunft aufgefordert werden. Optimalerweise sollte dies auf Informationen basieren, die direkt vom Betreiber stammen, da nur auf diesem Wege aktuelles Planwerk (rechts)sicher bereitgestellt werden kann. Alle anderen Quellen, die nicht aus Betreiberhand kommen, basieren auf Recherchen externer Dienstleister (zum Beispiel Internetrecherche, Kontaktaufnahme mit Betreibern, hinterlegte Städte- bzw. Gemeindeflächen beispielsweise aufgrund von TöB-Listen oder basierend auf »alten« Anfrageergebnissen von Tiefbauern) und sollten auch so gekennzeichnet sein.

---

<sup>1</sup> Anweisung Bundesverkehrsministerium gegenüber Deutscher Telekom AG, siehe NJW-Spezial 2007, S. 478

Gemäß den beiden technischen Regelwerken für Gas, Wasser (GW 118, DVGW) und Strom (VDE-AR-N 4203, VDE) ist nur die *Zuständigkeitsprüfung* basierend auf Betreiberinformationen regelwerkskonform. Empfehlung an Dienstleister ist somit, mit dem Begriff »Erbringung von Leitungsauskünften« sorgsam umzugehen und diesen nicht zu nutzen, wenn die Dienstleistung auf lediglich recherchierten Informationen – gemäß obiger Definition – basiert. Falls andere Quellen zur Zuständigkeitsprüfung hinzugezogen werden, so sind Begriffe wie »Leitungsrecherche« oder »Leitungserkundung« transparente Bezeichnungen. Im Fokus sollte dabei immer stehen, dass der Bautätige genau weiß, welche Quellen bei der Inanspruchnahme der Dienstleistung verwendet wurden, um die Zuverlässigkeit des Ergebnisses richtig einschätzen zu können.

In Deutschland gibt es weder eine zentrale Anlaufstelle für die Bautätigen noch eine Verpflichtung für die Betreiber, ihre Zuständigkeitsflächen (zum Beispiel Korridor um Leitungen oder Fläche des Versorgungsgebiets) öffentlich bekannt zu machen. Deshalb haben sich am Markt verschiedene Lösungen etabliert, um den Bautätigen die Recherche nach zuständigen Betreibern abzunehmen.

Pipelinebetreiber aus den Bereichen Strom, Gashochdruck, Öl und Chemie haben sich zusammengeschlossen, um gemeinsam ein bundesweites Informationssystem für Leitungsauskünfte (BIL) zu betreiben. Darüber erhalten Bauausführende eine (rechts)sichere Leitungsauskunft, die ausschließlich auf aktuellen Informationen der Betreiber basiert, die das Portal für die Leitungsauskunft nutzen (die Pipelinebetreiber der Sparten Gashochdruck, Öl und Chemie sind vollständig über das Betreiberportal BIL erreichbar sowie drei der vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) für Strom). Eine Ergänzung über Recherchedienste erscheint sinnvoll, um weitere bekannte Betreiber zu identifizieren und somit das bestmögliche Rechercheergebnis zu erzielen.

Abb. 01 bietet eine Übersicht der Dienstleistungsmodelle zum Einholen einer Leitungsauskunft für Bauausführende, die sich aktuell am Markt etabliert haben und nennt Beispiele von Dienstleistungsangeboten.

### **TöB-Listen im Kontext der Leitungs-/Netzauskunft**

Als weitere Informationsquelle im Zuge der Leitungsauskunft wird häufig auf die Existenz der von den Kommunen geführten Listen »Träger öffentlicher Belange« (TöB) verwiesen. Diese haben jedoch den Gesetzeszweck, als Informationsgrundlage für Kommunen bei der Bauleitplanung zu dienen. Hinzu kommt, dass der Begriff nicht einheitlich gefasst ist und sich von Bundesland zu Bundesland unterscheidet, sodass eine große Anzahl (kritischer) Betreiber per Definition nicht in TöB-Listen enthalten ist. Problematisch ist außerdem, dass eine Pflicht der Gemeinde, eine (vollständige) TöB-Liste zu führen und diese an Dritte weiterzugeben, nirgendwo gesetzlich geregelt ist. Somit haben

Mängel oder Unvollständigkeiten der TöB-Listen keine rechtlichen Auswirkungen, weshalb in der Folge die Listen oftmals veraltet, unvollständig oder überhaupt nicht vorhanden sind. Sie sind daher für die Recherche im Kontext der Einholung von Leitungsauskünften kritisch zu sehen.

### **Zusammenfassung und Gesamtfazit**

Abschließend lassen sich die wichtigsten Erkenntnisse aus den dargestellten Inhalten wie folgt zusammenfassen:

### **Rechtsrahmen bei der Einholung und Erteilung von Leitungs-/Netzauskünften**

- Die Verpflichtung zur Einholung einer Leitungsauskunft sowie die Art und Weise, wie eine solche erbracht werden muss, ist nicht gesetzlich geregelt.
- Jeder Betreiber ist verpflichtet, zum Schutz seiner Anlagen Planwerke über diese zu führen und Dritten auf Anfrage Auskunft über deren Lage zu geben. Dies gilt für alle Sparten und Branchen gleichermaßen, da sie alle die Verkehrssicherungspflicht trifft.
- Zur Einholung einer Leitungsauskunft muss jeder Betreiber dem Anfragenden mindestens einen kostenfreien Weg anbieten.

### **Verfahren zur Einholung einer Leitungsauskunft**

- Am Markt haben sich Dienstleister etabliert, welche die Betreiberrecherche sowie die Einholung von Leitungsauskünften im Auftrag Dritter übernehmen. Ein Verfahren ist nur dann regelwerkskonform, wenn es auf Informationen direkt vom Betreiber basiert. Basieren übermittelte Infrastrukturinformationen auf eigens durch den Dienstleister recherchierten Informationen, so stellt dies keine Leitungsauskunft im Sinne des geltenden Regelwerks für die Sparten Gas, Wasser und Strom dar.

### **TöB-Listen im Kontext der Leitungs-/Netzauskunft**

- Die TöB-Listen, die von den Kommunen geführt werden, sind zusammengenommen kein zentrales bundesweites und spartenübergreifendes Register für Deutschland, in dem alle Netzbetreiber verlässlich gelistet sind. Sie sind somit keine verlässliche Informationsquelle im Zuge der Leitungserkundung.

Modelle zum Einholen der Leitungsauskunft für Bauausführende		Unterscheidungsmerkmale		
Kurzbeschreibung	mögliche Dienstleister	1) Methodik der Zuständigkeitsprüfung	2) Konformität mit Regelwerken	3) Finanzierung
Kostenfreie Leitungsauskunft -Betreiberportale, d. h. Zusammenschluss mehrerer Betreiber (Auswahl)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIL eG (Abdeckung von 16 Bundesländern, Vollständigkeit der Pipelinebetreiber Gashochdruck, Öl, Chemie, 3/4 Übertragungsnetzbetreiber Strom)</li> <li>• eBauKo (Abdeckung von 1.300 Kilometer Straßennetz der Stadt Hannover und Umland)</li> <li>• Elbe+ (Abdeckung Netzbereich Hamburg und Umland)</li> <li>• infrest – Infrastruktur eStrasse GmbH (Abdeckung mit Schwerpunkt Netzbereich Berlin, Brandenburg)</li> </ul>	basierend auf Betreiberinformationen	gegeben, falls die Beauskunftung ausschließlich durch den Betreiber erbracht wird	durch Infrastrukturbetreiber
Recherchedienste (Auswahl)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ALIZ GmbH &amp; Co. KG (nur erreichbar über das Betreiberportal der BIL eG)</li> <li>• Genehmigungs-Service Kern GbR</li> <li>• GeoDatenDienst-Portal GDD-IT GmbH</li> <li>• LAO Ingenieurgesellschaft mbH</li> <li>• infrest – Infrastruktur eStrasse GmbH</li> <li>• Tiefbau Service Büro</li> </ul>	basierend auf eigenen Recherchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nicht immer gegeben, da sich manche Dienstleister selbst als Leitungsauskunftsportal/Netzauskunftsportal bezeichnen</li> <li>• gegeben, falls Unternehmensbezeichnung »Recherchedienst« oder »Dienstleister für Einholung von Genehmigungsverfahren«</li> </ul>	durch den Bauanfragenden im Rahmen eines kostenpflichtigen Angebots
(meist kostenfreie) eigene Leitungsauskunfts-Portale der Betreiber	können über Recherchedienste, die den Komplettservice Leitungsauskunft für Dritte übernehmen, angefragt werden	basierend auf Betreiberinformationen	gegeben	durch Infrastrukturbetreiber

**Abb. 01:** Dienstleistungsmodelle zum Einholen der Leitungsauskunft für Bauausführende sowie Beispiele aktueller Dienstleistungsangebote [Quelle: eigene Recherchen]

*Bemerkung: Anhand der beschriebenen Kriterien werden die Unterschiede der einzelnen Dienstleistungsangebote transparent dargestellt. Dienstleister, die Lösungen ausschließlich für Infrastrukturbetreiber anbieten, wie zum Beispiel GIS-Softwarelösungen oder Komplettservices, sind hier nicht berücksichtigt. Neben dem Angebot in Bezug auf die Einholung einer Leitungsauskunft – der Fokus dieser Übersicht – bieten die einzelnen Dienstleister diverse weitere Leistungen für Bauanfragende an.*

Dr. Eva Benz ist seit Anfang 2019 für die Unternehmensentwicklung bei der BIL eG verantwortlich. Als promovierte Wirtschaftsmathematikerin verfügt sie über langjährige Erfahrung in der Energieberatung und Projektleitung. Es gehört zu ihren Aufgaben, neue Anwendungsfelder für das BIL-Portal zu identifizieren und dafür potenziell relevante Märkte zu sondieren. Die BIL eG ist der Auskunftsdienst der Betreibergemeinschaft aller Versorgungssparten. Betreiber von Gas-, Wasser- und Stromleitungen gehören ebenso dazu wie Erzeuger erneuerbarer Energien.

Markus Heinrich ist Partner bei Wolter Hoppenberg, einer bundesweit tätigen Kanzlei mit rund 70 Rechtsanwältinnen und Rechtsanwälten. Schwerpunkte seiner Arbeit sind energie- und infrastrukturelle Themen. Daneben ist er in Gremien zur Erarbeitung von Regelwerk und Rahmenbedingungen aktiv, unter anderem der WI5.4 »Cyber-Sicherheit« und der KEK10.5 »Lastmanagement und Interaktionen mit Energienetzen« der DWA sowie im Projektteam FLXsynErgy im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Ferner ist er als Dozent für verschiedene Studieninstitute und Verbände tätig. Im Nebenamt ist er 2. Vorstand der BIL eG und Justiziar des VST e.V.

Jan Syré ist seit 2015 Leiter Politik & Kommunikation beim Verband Sichere Transport- und Verteilnetze – KRITIS e.V. (VST). Der VST ist ein spartenneutraler Interessenverband von Betreibern von Transport- und Verteilnetzen, unter anderem aus den Bereichen Gas, Strom, Wasser, Abwasser, Fernwärme und Telekommunikation, mit der Zielsetzung, durch Präventionsarbeit und Information die sogenannten Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) und normalen Versorgungsnetzinfrastrukturen vor Eingriffen Dritter (beispielsweise im Rahmen von Bauarbeiten, Unfällen oder anderen durch Unachtsamkeit oder Fahrlässigkeit verursachten Eingriffen) zu schützen, um die Zuverlässigkeit der Versorgungssicherheit in Deutschland und der Europäischen Union (EU) zu erhalten.

## 6.1.2 Erfahrungsbericht zur Erteilung von Leitungsauskünften bei der Netzgesellschaft Düsseldorf mbH

### INTERVIEW – PETER AYMANN



Dipl.- Ing. Peter Aymann ist seit 27 Jahren bei der Netzgesellschaft Düsseldorf beschäftigt und verantwortet die Bereiche der Netzüberwachung und -steuerung sowie der geografischen Dokumentation für die Sparten Strom-, Gas-, Wasser- und Fernwärmeversorgung in der Landeshauptstadt Nordrhein-Westfalens.

#### Herr Aymann, können Sie einen kurzen Überblick über die Aufgaben geben, für die Sie als Stadtwerk- und Verteilnetzbetreiber zuständig sind?

Aymann: Die Netzgesellschaft Düsseldorf mbH ist zuständig für den Netzbetrieb von Strom, Gas, Wasser und Fernwärme und Beleuchtungsnetzen in der Landeshauptstadt Düsseldorf. Sie bedient das komplette Leistungsspektrum von Grundsatzplanung, Ausführungsplanung, Bau und technischem Betrieb von Strom-, Gas-, Wasser-, Fernwärme und Beleuchtungsnetzen im Versorgungsgebiet. Sie leistet mit ihren hoch spezialisierten und kompetenten Mitarbeitern einen optimalen Netz- und Anlagenbau sowie eine hohe Versorgungszuverlässigkeit. Als städtischer Verteilnetzbetreiber erhält die Netzgesellschaft Düsseldorf mbH eine Vielzahl von Planungs- und Bauanfragen Dritter. Im Jahr 2021 waren es mehr als 6.200. In den vorausgegangenen Jahren erhöhte sich das Anfragevolumen Jahr für Jahr um rund 15 bis 20 Prozent. Die Steigerung resultiert aus der Dichte der Anfragen im Gesamtmarkt, die kontinuierlich gestiegen ist. Für den Netzbetreiber hat die Leitungs- und Versorgungssicherheit höchste Priorität. Somit nehmen Präventionsmaßnahmen, wie beispielsweise die Leitungsauskunft zur Vermeidung von Schäden durch Einwirkung Dritter, eine Schlüsselrolle

ein. Das stark gestiegene Anfrageaufkommen und die Notwendigkeit zur manuellen Beantwortung führen zu einer sehr personal- und zeitintensiven Bearbeitung.

#### Wie können wir uns den Prozess zur Erbringung einer Leitungsauskunft bei Ihnen im Haus vorstellen? Welche Abteilung ist dafür verantwortlich?

Die Leitungsauskunft wird in einer Unterabteilung der Abteilung »Netzführung und Geodaten« erbracht. Neben der Erteilung der Leitungsauskunft umfasst die Tätigkeit der Gruppe »Leitungsauskunft« die Durchführung in- und externer Umlaufverfahren im Auftrag der Netzgesellschaft sowie die innerbetriebliche Bereitstellung des tagesaktuellen Planwerkes für alle Bereiche. Die Abteilung »Netzführung und Geodaten« hat neben der Leitungsauskunft noch drei weitere Bereiche: GIS Dokumentation, 24/7 Netzleitstelle sowie Störmeldestelle für Strom, Gas, Wasser, Fernwärme und Straßenbeleuchtung. Das Team, das für die Leitungsauskunft zuständig ist, umfasst sechs Personen. Zwei Mitarbeiter kümmern sich ausschließlich um die Leitungsauskunft. Ein Geoinformatiker ist zuständig für die Digitalisierungsprojekte.

### Über welche Kanäle nimmt Ihr Unternehmen die Anfragen zur Einholung einer Leitungsauskunft entgegen?

Aktuell gibt es mehrere Kanäle, die die Anfragenden zur Einholung einer Leitungsauskunft nutzen können: Anfragen kommen herein über unser eigenes Online-Auskunftsportal, das wir seit 2012 im Einsatz haben, und über das BIL-Portal, dem wir uns seit 2019 angeschlossen haben. Anfragen per E-Mail, Telefon oder Abholung der Unterlagen vor Ort werden immer weniger. Eine Leitungsauskunftsstelle, an der ein Papierplan an den Auskunftssuchenden übergeben wird, wird seit Beginn der Corona-Pandemie nicht mehr betrieben. Die Portallösungen erlauben uns, den Fachprozess für die Bearbeitung der Anfragen in einem zentralen Auskunftssystem umzusetzen. Hiermit steht eine durchgängige Lösung zur Verfügung, um den Prozess der Planauskunft browserbasiert über eine Internetlösung abzuwickeln und zu archivieren. Innerhalb des Prozesses wird die Planwerkserstellung inklusive der zugehörigen Anschreiben und Dokumente durchgängig dokumentiert.

### Stellen wir uns vor, eine Anfrage zur Einholung einer Leitungsauskunft geht bei Ihnen ein. Was passiert dann genau? Welche Dokumente werden an den Anfragenden verschickt? Wie lange dauert das?

Unser Fachprozess »Bauanfragen« für die Bearbeitung der Anfrage ist unabhängig vom Eingangskanal. Bei jeder Anfrage wird von einem Teammitglied eine manuelle Sichtprüfung gemacht. Erst nach Freigabe des Auftrags, also bei Feststellung der Betroffenheit, wird in der Auskunftsoftware ein Vorgang in der Datenbank angelegt. Dort wird der Auskunftsbereich festgelegt und darüber ein Plotrahmen gelegt. Innerhalb von wenigen Augenblicken wird dann voll automatisch die Leitungsauskunft fertiggestellt. Leitungspläne, ein Übersichtsplan, eine Schutzanweisung für erdverlegte Versorgungsanlagen, gegebenenfalls

noch Hinweise für besonders schützenswerte Leitungen (zum Beispiel Gas-Hochdruckleitungen) und ein Kurzschreiben werden in das entsprechende Portal hochgeladen oder per E-Mail versendet. Falls kürzlich getätigte Leitungsumlegungen noch nicht im GIS erfasst und somit nicht in den Leitungsplänen dokumentiert sind, wird der Leitungsauskunft eine Interimsdokumentation beigelegt. Für ortsunkundige Tiefbauunternehmen kann im Einzelfall auf Nachfrage eine Baustellenbegehung mit einem Mitarbeiter der Vermessungsabteilung erfolgen. Wenn die Anfrage digital und vor 12 Uhr eingeht, wird in der Regel die Auskunft noch am selben Arbeitstag erstellt.

### Verstehe ich das richtig, dass der Prozess bei Ihnen im Haus aufgrund zweier Portale noch nicht vollautomatisiert und somit medienbruchfrei läuft?

Aymanns: Ja, das ist richtig. Der Gesamtprozess ist aktuell noch teilautomatisiert, das heißt, die Erstellung der Leitungsauskunft erfolgt zwar vollautomatisiert, doch diese wird dann manuell per E-Mail oder per Portal-Upload versendet. Eine Vollautomatisierung des Prozesses, also der Einsatz einer Schnittstelle zwischen unserer Auskunftsoftware und dem BIL-Portal ist in Arbeit. Wir haben den Anspruch, dass die Geschäftsabläufe bei uns im Haus möglichst effizient und standardisiert ausgeführt werden, deshalb sollen auch Bauanfragen, die an das BIL-Portal gestellt werden, zukünftig automatisch in den etablierten Prozess in unser Leitungsauskunftssystem integriert werden. Beide IT-Systeme werden miteinander digital und medienbruchfrei vernetzt.

### Wie stellen Sie sicher, dass Ihr Fachprozess »Bauanfragen« konform mit den aktuell geltenden Regelwerken ist?

Aymanns: Unser Leitungsausknftsprozess wird unter Berücksichtigung der relevanten Regelwerke praktiziert. Wir stellen sicher, dass die Inhalte aus der aktu-

ellen Fassung des Merkblatts zur Metasystematik Leitungsauskunft (DVGW-Hinweis GW 115) umgesetzt werden, welche die empfehlenswerten Parameter zur Formulierung einer Bauanfrage zum Nachweis des berechtigten Interesses definiert. Die Vorgabe gestattet uns die Beantwortung ohne Rückfrage beim Anfragenden. Im Zuge der Auswahl einer geeigneten Auskunftsplattform erfolgte die Prüfung hinsichtlich eines digitalen Beweissicherungsverfahrens zu externen Auskunftsvorgängen (DVGW-Arbeitsblatt GW 118 bzw. VDE-AR N 4203 »Übertragungsrisiko«). Diese Eigenschaften ergeben sich durch die Nutzung digitaler Portale, die alle Marktteilnehmenden hierzu einbindet und einen höheren Grad an Handlungssicherheit für den Netzbetreiber darstellt. Hierbei hilft uns der BIL-immanente WEB-Service des Auskunftsprozesses über das BIL-Portal. Er versendet keine Netzinformationen per E-Mail, sondern informiert lediglich die Auskunftssuchenden über die Bereitstellung einer Netzauskunft in dem Portal, die heruntergeladen werden kann. Durch diese Systematik geht das Übermittlungsrisiko auf die Auskunftssuchenden und Empfänger der Netzauskunft über. Flankierende Formulierungen in den Nutzungsbedingungen der Portalteilnehmenden weisen auf diesen Aspekt hin.

Somit ist sichergestellt, dass die Informationen die Empfänger erreichen und dies für alle Beteiligten im Auskunftsprozess gut sichtbar dokumentiert wird.

#### **Welche Empfehlung würden Sie anderen Betreibern geben basierend auf den Erfahrungen im Umgang mit Leitungsauskünften in Ihrem Haus?**

Aymanns: Die Erreichbarkeit über Leitungsauskunftsportale ist für uns ein Muss. Vor allem professionelle Tiefbauunternehmen nutzen die Online-Angebote. Der Weg über E-Mail wird eher von Privatpersonen gewählt für einmalige Anfragen. Und wir stellen fest, dass Anfragende eine klare Präferenz für das BIL-Betreiberportal haben gegenüber individuellen Portallösungen, die die Betreiber ihnen anbieten, da sie dadurch eben nicht nur einen, sondern gleich mehrere Betreiber direkt und rechtssicher erreichen können. Doch letztlich muss jeder Betreiber für sich entscheiden, welcher Weg der für ihn praktikabelste ist. Wichtig ist einzig und allein, dass die Infrastruktur so sicher wie möglich vor Eingriffen Dritter geschützt wird.

### 6.1.3 Standardisierung von Auskunftsportalen und Metasystemportalen, Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) – VDE

Die Netzdokumentation spielt in den Versorgungsunternehmen eine sehr wichtige Rolle. Neben der Frage der internen Verwendung für vielfältige Aufgaben, wie die Netzplanung und den Netzbetrieb, ist sie unabdingbar für die Beauskunftung von Leitungen an Dritte. Die Versorgungsunternehmen haben ein erhebliches Eigeninteresse am Bestand und Schutz ihrer Versorgungseinrichtungen. Der Schutz dieser dient unter anderem der sicheren Versorgung der Kunden und der Vermeidung von Personen- und Sachschäden. Deshalb ist eine der Hauptaufgaben von Netzdokumentation, jederzeit die Versorgungseinrichtungen schnell und zuverlässig auffinden zu können, damit der Betrieb der Versorgungseinrichtungen sowie die jederzeitige Versorgung der Kunden sichergestellt sind. Aus diesem Grund werden Kabel, Freileitungen und Anlagen eingemessen und in entsprechenden Bestands- und Übersichtsplanwerken dokumentiert.

Die Art der Netzdokumentation ist als einschlägige und allgemein anerkannte Regel der Technik (unter anderem VDE-AR-N 4201, »Netzdokumentation« oder in der VDE-AR-N 4203, »Erteilung von Netzauskünften in Versorgungsunternehmen«) festgeschrieben. Der Bauausführende ist seinerseits verpflichtet, sich unmittelbar vor Baubeginn die notwendige Gewissheit über die Lage von Versorgungseinrichtungen zu verschaffen und die Versorgungseinrichtungen für die Dauer der Bauausführung zu schützen. Die Verpflichtung zur Erkundigung aufseiten der Bauausführenden ergibt sich aus gefestigter Rechtsprechung sowie beispielsweise den Vorschriften zur Unfallverhütung. Der Netzbetreiber stellt dabei dem Bauausführenden kostenfrei alle notwendigen Informationen zeitnah zur Verfügung. Dabei handelt es sich neben dem reinen Plan auch um notwendige Informationen zum Schutz der Leitungen und zum Verhalten im Bereich von in Betrieb befindlichen elektrischen Anlagen. Die Art der Auskunftserteilung ist in der VDE-AR-N 4203 klar definiert. Dabei können sowohl elektronische Verfahren als auch die Abgabe von Papierdokumenten zum Einsatz kommen. Welchen Weg der Netzbetreiber wählt, liegt in seinem Ermessen und wird auch durch interne Abläufe bestimmt.

Unabhängig davon haben mittlerweile viele Netzbetreiber für die Netzdokumentation Geografische Informationssysteme im Einsatz. Diese Systeme bieten unter anderem die



Olaf Alm



Volker Patzwaldt

Voraussetzung für die Beauskunftung über Onlineplattformen. Die Grundlage für diesen Weg wurde bereits im April 2017 mit dem Inkrafttreten der Anwendungsregel VDE-AR-N 4203 gelegt. Dort sind die Anforderungen an eine solche Auskunftserteilung klar geregelt. In den vergangenen Jahren haben sich deshalb viele Versorgungsunternehmen dazu entschlossen, die Netzauskunft über Onlineplattformen im Internet bereitzustellen. Ziel ist es dabei, die Bearbeitung und Erteilung von Netzauskünften für alle Parteien effizienter zu gestalten.

Neben dieser Entwicklung haben sich am Markt neue Verfahren und Dienstleistungen zur Anfrage von Netzauskünften etabliert. Ergänzend zu den Auskunftsportalen der Versorgungsunternehmen sind kommerzielle Metasystemportale entstanden, die den Anfragenden im Auskunftsprozess unterstützen sollen. Für diese Portale hat VDE FNN übergreifende Regeln zur digitalen Steuerung der Anfragen im Zusammenspiel zwischen den verschiedenen Portallösungen entwickelt.

Der VDE-FNN-Hinweis »Metasystematik zur Netzauskunft« (S 115) beschreibt die Mindestanforderungen an eine standardisierte Auskunftsanfrage über Metasystemportallösungen sowie deren dortige digitale Weiterverarbeitung. Dies beinhaltet neben der Ermittlung der Zuständigkeiten auch die Möglichkeit, Auskunftsanfragen an die zuständigen Stellen in einem einheitlich definierten Datenformat weiterzuleiten. Eine weitere gesetzliche Regelung ist nicht notwendig. Mit der vorliegenden S 115 kommt der VDE FNN seiner Verantwortung als technischer Regelsetzer nach. Zu beachten ist, dass die Teilnahme an einer solchen Metasystemportallösung dem jeweiligen Versorgungsunternehmen im Rahmen seiner eigenen Prozessdefinition freigestellt wird. Neben der Frage der grundsätzlichen Teilnahme gibt es im VDE-FNN-Hinweis »Metasystematik zur Netzauskunft« (S 115) unterschiedliche Arten der Zusammenarbeit der beteiligten Partner.

Mit welchem Metasystemportalbetreiber der Netzbetreiber zusammenarbeitet liegt in seinem Ermessen. Bei der Entscheidung einer solchen Teilnahme sind neben der Art der eigenen Dokumentation auch die Frage des eigenen Versorgungsgebietes und der sonstigen regionalen Besonderheiten zu berücksichtigen. Im Fall einer Teilnahme ist es jedoch unerlässlich, die Bedingungen für die Zusammenarbeit in einer Vereinbarung zwischen dem Versorgungsunternehmen und dem Metasystemportalbetreiber festzuschreiben. Dazu ist auf Basis des VDE-FNN-Hinweises »Metasystematik zur Netzauskunft« (S 115) die Art der Zusammenarbeit zu definieren und in einem Vertrag zu fixieren.

Am Ende ist es unabhängig von aller eingesetzten Technologie notwendig, dass sich die Bauausführenden grundsätzlich eine Netzauskunft einholen und die darin beschriebenen Auflagen einhalten sowie die Anforderungen erfüllen. Personen- und Sachschäden können so zuverlässig vermieden werden. Diesem Schutzgedanken folgend unterstützen die Netzbetreiber die Bauausführenden gern bei dieser Aufgabe.

**Projektgruppe Geoinformation, VDE FNN**

Die Projektgruppe Geoinformation ist bei VDE FNN für die Themenbereiche Netzdokumentation und Geoinformationssysteme sowie die Erarbeitung des zugehörigen Regelwerks zuständig. In ihren Verantwortungsbereich fallen zum Beispiel die VDE-AR-N 4201 und die VDE-AR-N 4203, die gemeinsam die Mindeststandards für das Erstellen von Netzdokumentationen und die Übermittlung von Geoinformationsdaten durch Netzbetreiber an Dritte regeln.

Gemeinsam veröffentlicht die Projektgruppe, die aus folgenden Mitgliedern besteht, diesen Beitrag:

- Olaf Alm, EAM Netz GmbH (Vorsitz),
- Dr. Ralf Friedland, Stromnetz Berlin GmbH,
- Thomas Kindervater, EWE NETZ GmbH,
- Dr. Tobias Krauss, Netze BW GmbH,
- Szilárd Ladányi, N-ERGIE Netz GmbH,
- Markus Lermen, energis-Netzgesellschaft mbH,
- Christine Michalek, VDE FNN,
- Olaf Nattenberg, Westnetz GmbH,
- Volker Patzwaldt, MVV Netze GmbH (stellv. Vorsitz),
- Ulrich Schmidt, Rheinische NETZGesellschaft mbH,
- Dr. Silvia Schukraft, Pfalzwerke Netz AG und
- Hans-Georg Urbin, OsthessenNetz GmbH.

**Über VDE FNN**

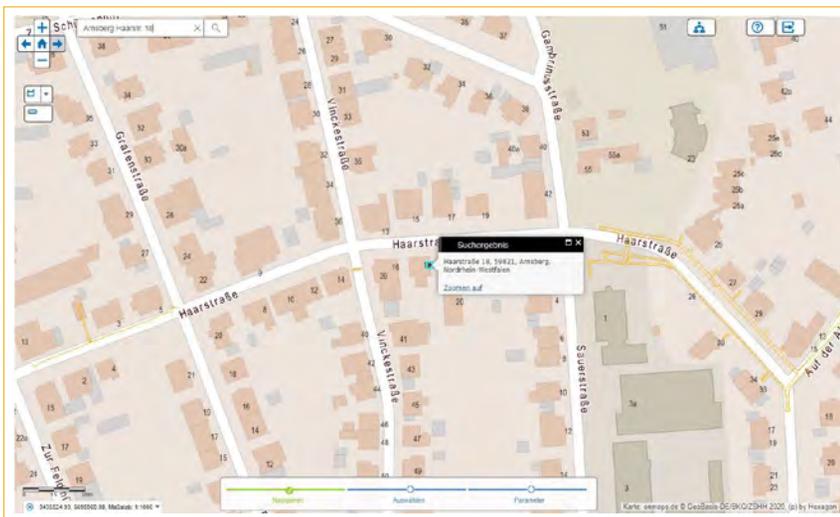
Das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN) entwickelt die Stromnetze vorausschauend weiter. Ziel ist der jederzeit sichere Systembetrieb mit 80 Prozent erneuerbaren Energien. VDE FNN macht innovative Technologien praxistauglich und gibt Antworten auf netztechnische Herausforderungen von morgen. Hier arbeiten verschiedene Fachkreise mit unterschiedlichen Interessen gemeinsam an Lösungen. Mitglieder sind über 470 Hersteller, Netzbetreiber, Versorger, Anlagenbetreiber, Behörden und wissenschaftliche Einrichtungen.

## 6.1.4 Das Westnetz Auskunftsportale – eine Erfolgsgeschichte



Olaf Nattenberg

Die Westnetz GmbH ist der größte Verteilnetzbetreiber Deutschlands. Sie verfügt über mehr als 170.000 Kilometer Nieder-, Mittel- und Hochspannungsleitungen und mehr als 23.500 Kilometer Gasleitungen. Rund 7,5 Millionen Kunden werden mit Strom, Gas, aber auch mit Wasser und Fernwärme versorgt. Das Netzgebiet erstreckt sich vom Emsland im Norden bis in den Hunsrück im Süden. Aufgrund der großen räumlichen Ausdehnung des Versorgungsgebiets und der hohen Netzabdeckung in den Mittelgebirgen und im ländlichen Raum haben die Westnetz und ihre Vorgängergesellschaften schon früh eine Online-Netzauskunft unterhalten.



**Abb. 01:** Erfolgreiche Navigation an die grobe Lokation einer möglichen Baustelle oder Planungsmaßnahme [Foto: Westnetz]

### Leitungsauskunft

In Deutschland muss jede Firma und jede Privatperson, die eine Baumaßnahme plant oder durchführt, eine sogenannte Leitungs- oder Netzauskunft einholen. Auf den regionalen Versorger ist zuzugehen, um dort die entsprechenden Unterlagen anzufordern. Die Versorgungsunternehmen sind verpflichtet, Anfragenden kurzfristig eine entsprechende Netzauskunft zur Verfügung zu stellen. Geschah dies früher oft noch persönlich an den

Betriebsstellen der Unternehmen und in analoger Form, haben die Energieversorger in den vergangenen 10 bis 15 Jahren verstärkt Onlineportallösungen eingeführt, die sich auch bei den Auskunftssuchenden großer Beliebtheit erfreuen.

Hintergrund der Leitungsauskunft ist natürlich die Sicherung des Assets. Eine Beschädigung durch eine Straßen- oder Tiefbaumaßnahme soll, um die Versorgungssicherheit weiterhin zu gewährleisten, unter allen Umständen vermieden werden. Im Falle eines Schadens ist es für den Versorger von Bedeutung, festzustellen, wer im Bereich der Leitung tätig war, um gegebenenfalls anschließende Maßnahmen in Richtung Schadenersatzforderungen durchführen zu können.

Aufgrund historischer Gegebenheiten kann es in Ausnahmefällen immer einmal vorkommen, dass Leitungen nicht oder falsch dargestellt sind. Hier bietet die Netzauskunft im Falle eines Rechtsstreits eine Sicherheit für die dort arbeitende Firma.



**Abb. 02:** Definition der Ausdehnung der Maßnahme, automatische Erstellung der relevanten Blattsschnitte [Foto: Westnetz]

### Online-Bauauskunft Westnetz

Die »Online-Bauauskunft der Westnetz GmbH« ist ein geografisches Onlineportal, das Anfragenden eine Leitungsauskunft in Echtzeit bereitstellt. Berechtigte Interessenten haben, nachdem sie sich einmalig registriert haben, die Möglichkeit, die benötigten Planunterlagen herunterzuladen. Nach Eingabe einer Adresse zoomt das System an die entsprechende Lokation. Weiter kann der relevante Bereich, in dem die geplante Maß-

nahme stattfinden wird, näher festgelegt werden. Die Ausgabe der Unterlagen erfolgt in DIN A3 oder DIN A4, je nach Wunsch, und kann durchaus mehrere Blätter beinhalten. Die Netzauskunft geschieht nach Sparten getrennt, es wird also für jede Sparte eine eigene Karte erstellt. Dem Thema Glasfaser (FTTx) kommt mittlerweile eine immer größere Bedeutung zu. FTTx wird bei der Westnetz neben Strom, Gas, Wasser, Fernwärme als eigene Sparte betrachtet und somit separat ausgegeben. Darüber hinaus erhält der Anfragende weitere Dokumente, wie die Zeichenerklärungen, die Schutzanweisung, die Niederschrift und die Nutzungsanweisung.

**Zusammenfassung**



Karte: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG/ZS...

**Statische Dokumente**

- Niederschrift\_Extern.pdf
- Nutzungsvereinbarung.pdf
- Schutzanweisung.pdf
- Zeichenerklaerung\_Strom\_Ftx.pdf
- Zeichenerklaerung\_Gas.pdf
- Zeichenerklaerung\_Wasser.pdf
- Zeichenerklaerung\_Waerme.pdf

Anfrageparameter	Wert
Empfänger E-Mail	olaf.nattenberg@westnetz.de
Grund der Anfrage	Planung
Verwendungszweck	Planung Hochbau
Beginn der Bauarbeiten	2022-08-05
Ausgewählte Adresse	Arnsberg, Haarstraße 18

**Möchten Sie die Anfrage senden?**

**Abb. 03:** Übersicht der relevanten Daten und der dem Anfragenden bereitgestellten Unterlagen [Foto: Westnetz]

### User und Auskünfte

Die Westnetz Online-Bauauskunft verzeichnet mehr als 30.000 Nutzer, von denen 9.500 als aktive User gelten. Dies sind alle Anwender, die sich in den letzten 180 Tagen am Portal angemeldet haben. Da die Zugänge personalisiert sind, kommt es durchaus vor, dass von einer Baufirma mehrere Nutzer zugelassen sind. Rund 14.000 unterschiedliche Firmen sind in der Datenbank gespeichert. Auch für Privatpersonen ist das Auskunftportal nutzbar, wobei es sich hierbei meist um einmalige Anfragen handelt. Die Entwicklung der User-Anzahl und auch die der Auskünfte ist in den vergangenen Jahren sehr stark gestiegen. Nach Inbetriebnahme der derzeitigen Online-Bauauskunft auf der darunterliegenden ESRI-Plattform sind im Jahr 2019 etwa 140.000 Auskünfte herausgegeben worden. Die Anzahl wuchs ständig. Ein Jahr später lag sie Ende Dezember 2020 bei mehr als 200.000 Stück. Aktuell wurden bis Ende Juli 2022 bereits mehr als 110.000 Auskünfte erteilt. Da das Portal 24/7 bereitsteht, werden Anfragen zu jeder Tages- und Nachtzeit und natürlich auch am Wochenende maschinell bearbeitet. Somit sind auch kurzfristig gestellte Anfragen möglich.

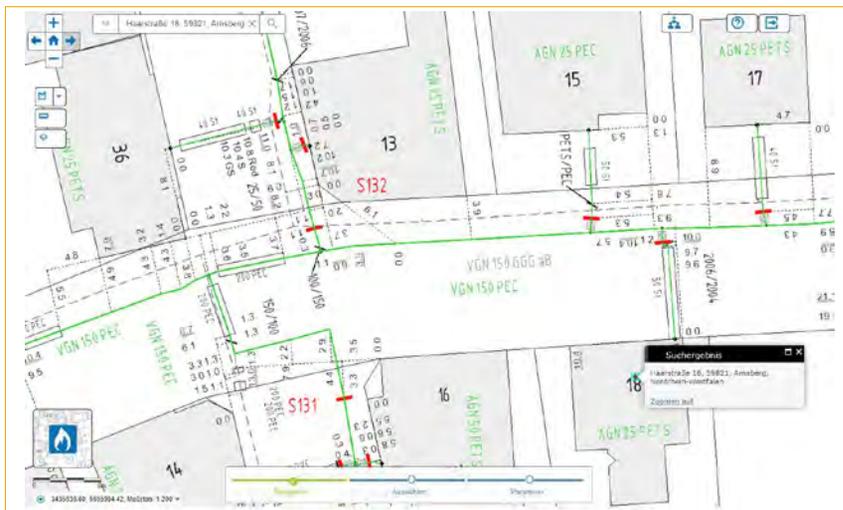


Abb. 04: Betriebsmitteldarstellung, hier Planauszug Gas [Foto: Westnetz]

### Rechtssicherheit

Um als Versorgungsunternehmen die Rechtssicherheit zu gewährleisten, werden alle Anfragen in der dahinterliegenden Datenbank gespeichert. Wer? Wann? Wo? Was? Und natürlich archiviert das System die ausgegebenen Unterlagen. So lässt sich im Falle eines Schadens rekonstruieren, ob der Verursacher Unterlagen heruntergeladen hat, ob diese zum Zeitpunkt der Maßnahme gültig waren und auch, ob alles korrekt eingezeichnet war.

**Resümee**

Die Westnetz Online-Bauauskunft ist ein wichtiges Instrumentarium, um Anfragenden eine schnelle, valide und rechtssichere Auskunft zu geben – und ein vollständig digitaler Prozess. Da die Westnetz als Netzbetreiber in der Region und den dort tätigen Firmen bekannt sind, wird die Online-Bauauskunft sehr stark frequentiert und wahrgenommen. Die lästige Fahrt zu Betriebsstelle, um sich dort die Unterlagen abzuholen, entfällt für die Firmen komplett. Auch die Rund-um-die-Uhr-Verfügbarkeit des Portals hat die Akzeptanz gesteigert. Für die Westnetz bedeutet die Online-Auskunft Reduktion internen Aufwands und einen deutlichen Effizienzgewinn. Eine Win-win-Situation für alle Beteiligten.

Olaf Nattenberg leitet seit 2018 die Abteilung »Netzdokumentation« bei der Westnetz GmbH. Seit 15 Jahren ist er im Konzern tätig. Vorher war er im GIS-Dienstleistungsbereich bei verschiedenen Firmen verantwortlich. Darüber hinaus ist er Mitglied der FNN Projektgruppe Geoinformation im VDE und des Technischen Komitees Netzdokumentation des DVGW. In diesem Zusammenhang war Olaf Nattenberg maßgeblich an der aktuellen Novellierung der VDE-AR-N 4201 und DVGW GW 120 »Netzdokumentation in Versorgungsunternehmen« sowie weiteren Regelwerken beteiligt.

Neben einer regen Vortragstätigkeit und verschiedenen Veröffentlichungen rund um den Themenkomplex Netzdokumentation, Geographische Informationssysteme (GIS) und Auskunftssysteme führt er Revisionen im Bereich der Netzdokumentation bei anderen Versorgungsunternehmen durch.

## 6.2 Kommunikation als Erfolgsfaktor

Nach wie vor wird – insbesondere im Tiefbau – viel gebaut. Dabei handelt es sich sowohl um neue Projekte wie auch um Instandsetzungen, Erneuerungen und Modernisierungen. Die Branche steht dabei unter erheblichem Termin- und Kostendruck. Dadurch steigen auch die Fehlerwahrscheinlichkeit und das Sicherheitsrisiko dieser Bauwerke und Anlagen. Dies gilt es zu vermeiden. Umso wichtiger ist vor diesem Hintergrund die Kommunikation aller am Projekt Beteiligten. Die nächsten Beiträge geben einen Einblick in die Problematik sowie die Entwicklung von Maßnahmen, die helfen, Sicherheit und Qualität weiter voranzubringen.



## 6.2.1 Den Menschen bei der Digitalisierung mehr mitnehmen! Der Tiefbauer als Wissensarbeiter



FOTO: DOMINIK KETZ

Dipl.-Ing. (TH) Markus Becker

Die unterirdische Infrastruktur ist das »Blut- und Nervensystem« unserer Gesellschaft. Funktionierende und leistungsfähige unterirdische Infrastruktur wird in einem Industrieland als selbstverständlich angesehen. Der zum Teil noch unvollständige Glasfaserausbau, der notwendige Stromtrassenausbau für den Ausbau der E-Mobilität und Ereignisse wie die Flutkatastrophen im Jahr 2021 haben das Bild der Selbstverständlichkeit von Infrastruktur stark infrage gestellt. Neben dem Multikrisenmanagement der vergangenen Jahre erscheint die Komplexität des Themas »unterirdische Infrastruktur« zu groß. Die Defizite, die durch falsche oder fehlende Leitungen entstehen, werden

mit immer mehr Unverständnis wahrgenommen. Irgendwie scheint unsere Gesellschaft nicht in der Lage zu sein, die Komplexität der Herausforderungen aufzulösen. Die Idee eines digitalen Zwillings der unterirdischen Infrastruktur scheint eine unerreichbare Vision zu sein. »Die Wahrheit liegt vor der Baggerschaufel« – das galt in den vergangenen Jahrhunderten und so wird es bleiben! Wirklich? Meiner Meinung nach nein!

### Was brauchen wir wirklich?

Wir brauchen sicherlich eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität, um die Vielzahl der Herausforderungen im Tiefbau und den bereits vorhandenen Investitionsstau anzugehen. Wir brauchen digitale Werkzeuge, um zum Beispiel auch den demografisch bedingten Engpässen bei den Personalressourcen etwas entgegenzusetzen. Die Tatsache, dass der öffentliche Untergrund für scheinbar jeden nach eigenen Vorstellungen nutzbar ist, führt auch hier zum Allmende-Prinzip. Hier ist eine gemeinschaftliche Verantwortung für den öffentlichen Untergrund nicht zu erkennen. Wir müssen aber vor allem den Tiefbauakteur in den Fokus nehmen. Die einfache Frage lautet: Was hat der Tiefbauakteur von Veränderung?

Ich glaube, in dieser Frage steckt bereits ein Großteil der Begründung, warum die Baubranche bisher so langsam und so verhältnismäßig wenig von Digitalisierungseffekten Gebrauch macht. Natürlich ist ein Bauprodukt kein Industrieprodukt mit oft gleichartigen Arbeitsprozessen. Es ist an jedem Ort anders, mit anderen Anforderungen, Beteiligten und Zugängen zu Materialien – eben hochkomplex. Und trotzdem bin ich fest überzeugt: Wenn wir es schaffen, diese Baukomplexität unter Mitnahme der Akteure zu erschließen, stecken hier ungemeine Chancen, für eine zukunftsfähige Infrastruktur zu sorgen. Lassen Sie uns einige Lösungsideen näher ansehen.

### Lösungsideen

Die Begriffe rund um die Digitalisierung im Bauwesen sind schon langjährig bekannt. Lean Management oder BIM (Building Information Modeling) sowie Cradle to Cradle (durchgängige und konsequente Kreislaufwirtschaft) sind hier zu nennen. Es gibt noch viele weitere Schlagworte, ich möchte hier vor allem auf BIM im Leitungstiefbau eingehen, wobei einzelne Aspekte auch auf die anderen Ansätze übertragbar sind. Die genannten Konzepte und Methoden stellen einen theoretischen Überbau dar, der den Tiefbaupraktiker im wahrsten Sinne erschlagen kann. Abgesehen davon, dass es Unterschiede in nationalen und internationalen Definitionen gibt, gibt es auch bei den einzelnen Sektoren im Tiefbau (zum Beispiel Straße, Kanal, Wasser) unterschiedliche Herangehensweisen. Das irritiert und bremst die Einführung massiv.

Anzusprechen ist für mich auf jeden Fall das sogenannte »Hollywood-BIM«. Es wird wieder der alte Fehler der Informationstechnik sichtbar, der auch bei den geografischen Informationssystemen (GIS-Anwendungen) gemacht wurde: Mit scheinbar wenig Aufwand kommt man zu »spiegelnden Fassaden« und Häuserschluchten, in denen der Anwender quasi wie selbstverständlich herumfliegt – so wird es zumindest suggeriert. Hierin steckt eine indirekte Botschaft: Wenn du das nicht kannst, kannst du kein BIM! Wobei solche Darstellungen nichts mit der Arbeitsproduktivitätssteigerung am Bau zu tun haben. Digitalisierung hilft vor allem der Außendarstellung, aber nicht dir im Tagesgeschäft! Ich habe in vielen Projekten die Verweigerung und die indirekten falschen Botschaften gehört und erlebt. Es kostet einen riesigen Aufwand, die Beteiligten dann noch zu überzeugen, sich auf das Thema BIM einzulassen. Wir brauchen Informationsmanager, denen es gelingt, weitere Akteure für BIM zu begeistern und diese dann zu schulen. Der Schlüssel hierfür ist relativ einfach: Wertschätzung!



Abb. 01: BIM bedeutet Fachgespräche mit den Projektbeteiligten [Foto: Dominik Ketz]

Ich beginne immer damit, dass ich den Bauherren, Tiefbauplanern und Tiefbaufirmen vor Augen führe, welche Informationen sie bereits haben und bewirtschaften. Die Botschaft lautet also, dass sich jeder Akteur beim Planen und Bauen schon mit Informationsmanagement beschäftigt, ob digital oder nicht! Die BIM-Idee lautet also eigentlich: Wenn ich das vorhandene Informationsmanagement Schritt für Schritt verbessere, dann erhöhen wir sehr schnell die Arbeitsproduktivität. Der BIM- oder Informationsmanager bekommt das Vertrauen der Akteure, wenn er beweist, dass er durch gutes Informationsmanagement spätestens alle ein bis zwei Monate eine echte Verbesserung ins Tagesgeschäft der Anwender bringt. Wer so das Vertrauen gewonnen hat, kann die Akteure auch dafür gewinnen, sich mit den Elementen der BIM-Methodik weiter zu beschäftigen. Dann wird erkennbar, dass Rollenklarheit im Bauprojekt, Klarheit für Genauigkeitsanforderungen und weitere Elemente besonders gut eingesetzt werden können, wenn es Standards gibt.

### **Standards im Bereich der unterirdischen Infrastruktur**

Gute Standards beschleunigen Prozesse jeglicher Art. Das hat die Branche in den vergangenen Jahrzehnten in Bezug auf Qualität, Kosten und Terminsteuerung vorangebracht. In der letzten Zeit werden auch Bemühungen der Sektorenverbände sichtbar, zusammenzuarbeiten und Standards anzugleichen. Wie aber bringt man jetzt Wertschätzung von Tiefbauakteuren und Informationstechnik zusammen? Das wurde 2020 erstmals in der DIN SPEC 91419 angegangen. Innerhalb von acht Monaten hat ein Konsortium aus Vertretern von Netzeigentümern, Tiefbauingenieuren, Tiefbauunternehmen, Universitäten, Bausoftwarehäusern und Fachanwälten einen Standard geschaffen; keine Norm (das wäre eine DIN), sondern einen Standard. Dieser Standard macht erstmals sichtbar, von welcher Person die Information der unterirdischen Infrastruktur stammt. Und das Ganze selbstverständlich datenschutzkonform. Die DIN SPEC 91419 verbindet Fachinformationen von unterirdischer Infrastruktur mit Ortskoordinaten und Personen-daten. So wird endlich sichtbar, wer an der offenen Baugrube die Zusammenhänge hergestellt und die Komplexität erschlossen hat. Die Weiterverarbeitung erfolgt in Informationspunkten, -linien und -flächen.

Der Baggerfahrer, Bauabrechner, Tiefbauplaner wird zum BIM-Autor, da er am Modell des Anlagenguts mitarbeitet und diese Information wertschätzend in die digitale Welt über die Sichtbarkeit seiner Person auf einer Plattform mitgenommen wird. Jetzt versteht der Mitarbeiter im Tiefbau, welche Rolle er in der Informationstechnik hat. Das ist mein Verständnis von Digitalisierung. Datengold an der offenen Baugrube erkennen, es einfach erfassen und auf Plattformen nach Standards teilen. Der Autor Wolf Lotter nennt das den Übergang zum Wissensarbeiter.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Lotter, W.: Zusammenhänge. Wie wir lernen, die Welt wieder zu verstehen. Hamburg: Edition Körber, 2020



**Abb. 02:** Datengold an der offenen Baugrube erkennen [Foto: Dominik Ketz]

Mit diesem Standard erfolgt die Sichtbarkeit der lokalen Expertise. Die erste Plattform, die diesen Standard nutzt, ist [www.localexpert24.de](http://www.localexpert24.de) – eine Plattform der Berthold Becker Büro für Ingenieur- und Tiefbau GmbH aus Bad Neuenahr-Ahrweiler. Bis Januar 2023 wurden auf der Plattform mehr als 12.000 Baupunkte von über 500 lokalen Experten und Organisationen in Deutschland erfasst. Durch diese ortsbezogenen wichtigen Zusatzinformationen von unterirdischer Infrastruktur werden Bauprojekte reibungsärmer, ressourcenschonender und wirtschaftlicher ausgeführt. In einem Whitepaper<sup>3</sup> wird die Einsparung auf 50 Millionen Euro im Jahr abgeschätzt.

### **Erfahrungen aus Pilotprojekten**

In mehreren Pilotprojekten wachsen gerade die Erfahrungen. Wenn wir die Mitarbeiter durch die Wertschätzung gewonnen haben, entsteht Baufreude und diese erzeugt einen wunderbaren Sog für die nächsten BIM-Anwendungsfälle. Wie die ersten Piloten zeigen, ist es wichtig, dass die Bauherren die Steigerungen der Arbeitsproduktivität durch die BIM-Methodik messbar einfordern und vorangehen. Bauherren brauchen gute und am besten im Tiefbau erfahrene BIM-Manager. Wir sind zurzeit mit mehreren Kommunen und Werken zu BIM-Pilotprojekten und Schulungen im Austausch. Informationstechnik darf den Anwendern nicht vermitteln, dass sie einfach ersetzbar sind – im kommunalen Tiefbau wird so schnell kein Roboter nachts den Rohrbruch sanieren. Die Kollegen, die nachts raus müssen, sind aber froh, wenn sie den lokalen Experten finden, der vorher

<sup>3</sup> <https://localexpert24.de/home/images/downloads/220112-Whitepaper-localexpert24.pdf> [abgerufen am: 03.02.2023]

hier gearbeitet und vielleicht ein Foto hinterlassen hat. Das ist gemeint mit reibungsärmerem Bauen mithilfe von Informationstechnik.

Wenn der Mensch als Wissensarbeiter eine klare Rolle hat und der Mehrwert ankommt, dann kann Informationstechnik der Hebel sein, der die Herausforderungen der Zukunft stemmen hilft. Lassen Sie uns in diesem Sinne die Tiefbauakteure wertschätzend mitnehmen in die Mehrwert schaffende Transformation unserer Arbeitswelt im kommunalen und privaten Leitungstiefbau.

Dipl.-Ing. Markus Becker sorgt mit seiner Infrastrukturmansschaft für zukunftsfähige Infrastruktur – insbesondere in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen – und führt das nachhaltig wachsende Familienunternehmen in zweiter Generation. In mehr als 3.000 kommunalen und industriellen Infrastrukturprojekten mit einem jährlichen Bauvolumen von rund 30 Millionen Euro sind er und sein Team direkt im täglichen Planen und Bauen verwurzelt. Als strategischer Berater für Entscheider im kommunalen Umfeld gestaltet er aktiv das Bild einer zukunftsfähigen Infrastruktur in seiner Heimatregion und überregional.

## 6.2.2 Wie hoch ist die Gefahr eines Strom-Blackouts in Deutschland?

Die Versorgung mit Strom, Gas und Kraftstoffen ist ein zentraler Baustein für das Funktionieren unserer modernen Gesellschaft. Der Energieverbrauch in Deutschland ist in den vergangenen 30 Jahren nahezu konstant geblieben: Steigender Konsum hält den Verbrauch hoch, zugleich wird Energie immer effizienter genutzt und teilweise eingespart.<sup>4</sup>

Doch was passiert, wenn der Strom ausfällt? Deutschland ist Netto-Stromexportland und die Versorgung hierzulande gehört zu den sichersten in Europa bzw. weltweit. Trotzdem ist das Szenario Stromausfall regelmäßig Thema in den Medien; nicht zuletzt durch die derzeitige politische Lage, die, ausgelöst durch den Überfall Russlands auf die Ukraine, den öffentlichen Fokus auf die Sicherheit der Energieversorgung lenkt. Wie groß ist das Risiko eines großflächigen Stromausfalls und was wird getan, um dieses Risiko zu verhindern?



Daniel Kolb

### Was ist ein Blackout?

Als Blackout wird ein großflächiger, länger anhaltender Stromausfall – also ein kompletter Versorgungszusammenbruch – bezeichnet, der eine große Anzahl von Menschen gleichzeitig betrifft. Ein großflächiger Stromausfall entsteht, wenn das Stromnetz aus dem Gleichgewicht gerät. Denn: In das Stromnetz muss immer exakt so viel Strom eingespeist werden wie entnommen wird. Wird mehr Strom aus dem Netz entnommen als ankommt, greifen zunächst Sicherheitsmechanismen, die das Netz stabilisieren. Dasselbe passiert, wenn zu viel Strom ins Netz eingespeist wird, dem zu wenig Verbrauch gegenübersteht. Kommt es jedoch unerwartet zu starken Schwankungen, kann das Netz zusammenbrechen. Großflächige langanhaltende Stromausfälle hat es in Deutschland bislang noch nicht gegeben. Dagegen können kurzzeitige Stromausfälle immer wieder auftreten. Diese sind jedoch lokal begrenzt und dauern in der Regel nur wenige Minuten oder Stunden. Haushalte in Deutschland mussten im Jahr 2021 im Durchschnitt 12 Minuten und 45 Sekunden ohne Strom auskommen.<sup>5</sup>

4 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/stromausfall-blackout-2129818> [abgerufen am: 18.01.2023]

5 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/241414/umfrage/stromversorgungsunterbrechungen-in-deutschland/> [abgerufen am: 27.03.2023]

### Ursachen für Blackouts

Problematisch wird es, wenn etwa wichtige Hochspannungsleitungen beschädigt oder zerstört werden. Anlass können etwa Unwetter wie Stürme, Gewitter oder extremer Schneefall sein. Werden Hochspannungsleitungen durch Extremwetterereignisse beschädigt oder zerstört, kann ein längerer und flächendeckender Stromausfall die Folge sein. Aber auch punktuell zu hohe Verbräuche können zu einem größeren Stromausfall führen, wenn etwa zu viele Haushalte Elektroheizungen oder Heizlüfter nutzen, um in der aktuellen Situation Gas zu sparen.

In Deutschland sind vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) für das Höchstspannungsnetz verantwortlich: 50Hertz, Amprion, TenneT und TransnetBW. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hatten im Sommer letzten Jahres die vier ÜNB in einer Sonderanalyse die Sicherheit des Stromnetzes für den Winter 2022/23 unter verschärften äußeren Bedingungen untersucht. Ergebnis: Eine stundenweise krisenhafte Situation im Stromsystem im Winter 2022/23 sei zwar sehr unwahrscheinlich, könne jedoch aktuell auch nicht vollständig ausgeschlossen werden<sup>6</sup>.

Die Sonderanalyse zeigte, dass in bestimmten Regionen Europas in einigen Szenarien die Nachfrage ohne zusätzliche Maßnahmen nicht vollständig hätte gedeckt werden können. Konkret: Im sehr kritischen Szenario und dem Extremszenario hätten solche Situationen für sehr kurze Zeiträume, das heißt wenige Stunden im Jahr, auch in Deutschland auftreten können. Eine Reihe von Maßnahmen sollte verhindern, dass es zu kurzzeitigen Lastunterdeckungen bzw. Stromausfällen aufgrund von Netz-Stresssituationen kommt. Die empfohlenen Maßnahmen wurden zum größten Teil durch Politik, Regulierung und die ÜNB umgesetzt, zum Beispiel die Nutzung von Kraftwerksreserven und die Wieder- bzw. Weiternutzung von Kohlekraftwerken. Weitere Maßnahmen werden auch mit Blick auf den nächsten Winter derzeit vorbereitet oder sollen mit einer dritten Novelle des Energiesicherungsgesetzes (EnSiG 3.0) umgesetzt werden – unter anderem die zusätzliche Stromproduktion in Biogasanlagen, Maßnahmen zur Höherauslastung der Stromnetze oder die Verbesserung der Transportkapazitäten.

---

6 <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/09/20220905-stresstest-zum-stromsystem.html> [abgerufen am: 18.01.2023]

**ENTSO-E – der europäische Verbund der Übertragungsnetzbetreiber**

Das European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) ist ein europäischer Verband, in dem derzeit 39 ÜNB aus 35 europäischen Ländern Mitglieder sind<sup>7</sup>. Die Ukraine hatte am 27. Februar 2022 – wenige Tage nach dem Beginn des russischen Überfalls – um Notanschluss an das europäische Stromnetz gebeten, um die Versorgungssicherheit und einen möglichen Notfallbetrieb ihrer Kernkraftwerke zu garantieren. Die EU-Mitgliedstaaten einigten sich noch am selben Tag auf den Anschluss der Ukraine an das europäische Verbundnetz. Die Stromnetze der Ukraine und der Republik Moldau hatten sich zu Kriegsbeginn vom russischen Stromnetz abgekoppelt.

ENTSO-E erarbeitet die Regeln für den Betrieb des europäischen Netzes, die sogenannten Netzcodes. Die Netzcodes legen verbindlich fest, wie und wann ein Netzbetreiber einspeisende Kraftwerke abregeln darf, um Spannung und Frequenz im Stromnetz stabil zu halten. Dies gibt den Netzbetreibern die Möglichkeit, ihren Energiemix im Leitungsnetz – vom Windpark bis zum Kohlekraftwerk – den eigenen Bedürfnissen anzupassen. Im Zusammenspiel mit den regionalen Partnern innerhalb der Regelzonen haben sie so die direkte Kontrolle über die Auslastung der Energieerzeuger und somit auch über die Rentabilität alternativer und konventioneller Energien. Der Austausch von Strommengen zwischen den Mitgliedern ist beträchtlich und schwankt stark. Neben dem Betrieb der Netze befasst sich ENTSO-E auch mit Regeln und Weiterentwicklungen zum sicheren Betrieb von Netzen und Kraftwerken, der Planung und Abstimmung von Erweiterungen, Verbesserungen der Netze sowie der Dokumentation und Planung der Austauschvorgänge.

**Schnellerer Ausbau von erneuerbaren Energien notwendig**

Laut Netzentwicklungsplan Strom der vier deutschen ÜNB<sup>8</sup> wird die Ausbaurate der EE-Kapazitäten gegenüber dem Referenzjahr 2020 etwa verfünffacht werden müssen, um das Ziel eines klimaneutralen Deutschlands bis 2045 zu erreichen und das Netz trotzdem stabil halten zu können. Dafür sind inländische Wasserstoffproduktion und Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie die wichtigsten Grundpfeiler. Für das Jahr 2045 wird – je nach Szenario – rund 520 bzw. 620 Gigawatt (GW) installierte Leistung aus erneuerbaren Energien angenommen, davon knapp zwei Drittel aus Photovoltaik. Zudem prognostizieren die ÜNB für eine klimaneutrale Zukunft Deutschlands eine Verdopplung des Brutto-Stromverbrauchs auf rund 1.000 Terawattstunden (TWh) im Jahr 2045 – ein Kraftakt für Politik und Wirtschaft.

---

<sup>7</sup> <https://www.entsoe.eu> [abgerufen am: 20.01.2023]

<sup>8</sup> <https://www.netzentwicklungsplan.de> [abgerufen am: 20.02.2023]

**Die Integration der europäischen Elektrizitätssysteme – Electricity Balancing Guideline**

Strom wird heute grenzüberschreitend an den Strombörsen gehandelt, die Sicherung der Netzstabilität ist jedoch unverändert eine nationale Angelegenheit. Die ÜNB der Mitgliedstaaten von ENTSO-E haben Mechanismen entwickelt, die das Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage gewährleisten sollen. Die Regularien sind jedoch von Land zu Land unterschiedlich und enden nicht selten an den Landesgrenzen – eine gemeinsame, grenzüberschreitende Abstimmung findet nur in Einzelfällen statt. Deshalb hat die Europäische Kommission 2017 die »Electricity Balancing Guideline« (EB-GL) auf den Weg gebracht. Diese soll eine kostengünstigere und wettbewerbsfähigere Beschaffung von Regelenergie ermöglichen. Ziel sind verbindliche Regeln für den Austausch von Regelenergie zur Stabilisierung des Stromnetzes zwischen den einzelnen europäischen Mitgliedsstaaten – wie alle Vorhaben der EU ein langfristiges Projekt. Die EB-GL schafft verbindliche Rahmenbedingungen für die Harmonisierung der Beschaffung von Systemdienstleistungen, die grenzüberschreitende Saldierung von Ungleichgewichten sowie die Rolle der ÜNB, Bilanzgruppenverantwortlichen und Regelenergieanbieter. Damit alle Mitgliedsstaaten die Vorteile harmonisierter Regelenergiemärkte nutzen können, ist die erfolgreiche Umsetzung der Electricity Balancing Guideline von entscheidender Bedeutung. Dafür müssen sich alle ÜNB und ihre nationalen Regulierungsbehörden auf gemeinsame Regeln und Protokolle für den Datenaustausch einigen. Die ÜNB, die auf europäischer Ebene unter dem ENTSO-E zusammengeschlossen sind, haben in diesem Bereich bereits viel Arbeit zur Umsetzung der EB-GL geleistet. Die übrigen Marktparteien, die innerhalb des harmonisierten Rahmens Regelleistungen erbringen müssen, sind in den Prozess einbezogen. Übertragungsnetzbetreiber, Verteilungsnetzbetreiber, Stromerzeuger, Stromhändler und Verbraucher müssen gemeinsame Regeln und ein verbindliches Vertragswerk für den Energiemarkt schaffen – eine herausfordernde, aber enorm wichtige Aufgabe, denn kein deutsches ohne europäisches Stromnetz. Mit der Electricity Balancing Guideline schafft die EU ein verbindliches Regelwerk für die Beschaffung von Regelenergie in der Europäischen Energieunion, um den Regelenergiemarkt von einer nationalen zu einer gesamteuropäischen Angelegenheit zu machen. Gelingt die Umsetzung, führt dies zu einer effizienteren Beschaffung, einer zuverlässigeren Regelenergiebereitstellung und in der Folge zu niedrigeren Kosten für die Endverbraucher. Nicht zuletzt bereitet die EG-BL das europäische Energiesystem auf eine Zukunft vor, in der erneuerbare Energien das Rückgrat der Energieversorgung bilden.

**Problemfall fehlende Netzkapazität**

Ein Beispiel dafür, wie schnell das deutsche Netz auf Lieferungen aus dem Ausland angewiesen sein kann, zeigt das Beispiel Mitte Januar 2023, als im Südwesten ein großer Redispatchbedarf bestand, der nur mit Hilfe aus dem Ausland gedeckt werden konnte. Der Grund war nicht zu wenig, sondern zu viel Strom und die fehlende Netzkapazität. Reservekraftwerke mussten eingesetzt und große Mengen Strom importiert werden. Was war passiert? In Norddeutschland wurde in diesem Zeitraum Windenergie mit bis zu 50 Gigawatt erzeugt und eingespeist. Weil die Netze für diese große Energiemenge nicht ausgelegt sind, reichte die Übertragungskapazität in den Südwesten nicht aus. Zudem hatten wegen des sehr viel günstigeren Windstroms aus Norddeutschland regionale Energieversorger ihre Kraftwerke wegen der schlechteren Profitabilität heruntergefahren. Die Folge: ein Engpass. Um den Bedarf in Baden-Württemberg kurzfristig ausreichend decken zu können, musste von anderen Anbietern zusätzlich Strom erzeugt und aus dem Ausland importiert werden – sogenannte Redispatch-Maßnahmen.

Diese Eingriffe in die Erzeugungsleistung von Kraftwerken schützen Leitungsabschnitte vor einer Überlastung. Um den möglichen Stromengpass Mitte Januar im Südwesten zu verhindern, sind nach Angaben des Netzbetreibers TransnetBW rund 3.000 Megawatt (MW) eingesetzt worden. Davon kamen 1.400 MW aus Kraftwerken, die ohnehin am Markt sind und hochgefahren wurden. Reservekraftwerke lieferten etwa 800 MW, 740 MW wurden aus der Schweiz importiert. Die Krux dabei: Deutschlandweit stellte sich die Situation an dem betreffenden Tag gänzlich anders dar. Die Daten der Bundesnetzagentur<sup>9</sup> zeigen bei der Erzeugung von Windstrom (onshore und offshore zusammen) 36.385 MWh. Damit wurde mehr als doppelt so viel Strom aus Wind erzeugt, wie alle konventionellen Energieträger mit 14.213 MWh zusammen geliefert haben. Die Überschüsse waren entsprechend groß und es wurden zeitgleich zu der Strommangel-lage im Südwesten erhebliche Mengen sehr preiswerten Windstroms in die Nachbarländer exportiert, während im Süden Strom teuer hinzugekauft werden musste.

Dieses Beispiel zeigt, wie immens wichtig der Ausbau der Transportkapazitäten ist. Der Netzversorger TransnetBW hat für solche, oben beschriebene Situationen die App »StromGedacht«<sup>10</sup> entwickelt. Diese dient der Sensibilisierung von Verbrauchern und soll bei angespannten Situationen im Stromnetz präventiv unterstützen. Die App informiert mit bis zu zwei Tagen Vorlauf über Situationen, in denen der Strom knapp werden könnte. So können private Verbraucher, die rund ein Viertel des deutschen Stromverbrauchs verursachen, ihren Verbrauch anpassen und helfen, das Netz zu entlasten sowie Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen. Auch im oben beschriebenen Fall wurde die Ampel mehrfach auf »Orange« gesetzt und Nutzer wurden gebeten, ihren Stromver-

<sup>9</sup> <https://www.smard.de/home> [abgerufen am: 23.01.2023]

<sup>10</sup> <https://www.stromgedacht.de> [abgerufen am: 27.03.2023]

brauch zu reduzieren. Je mehr Nutzer die App verwenden und im Bedarfsfall einen kleinen Beitrag leisten, indem sie ihren Verbrauch zeitweilig reduzieren, desto wirksamer sind diese Maßnahmen. Diese sind nicht neu: So werden zum Beispiel in Kalifornien seit mehr als 20 Jahren bei angespannten Netzsituationen sogenannte Flex Alerts ausgerufen, die die Bevölkerung zu einer Verschiebung des Stromverbrauchs aufrufen. In Europa nutzt Frankreich ein ähnliches System: Seit Oktober 2022 können sich dort Verbraucher auf einer speziellen Internetseite über den aktuellen Stromverbrauch im Land informieren, auch eine App ist verfügbar.<sup>11</sup>

### Technische Struktur des europäischen Stromnetzes

Das europäische Verbundsystem ist ein europaweit verbundenes Stromnetz aus Hoch- und Höchstspannungsleitungen zur Verteilung von elektrischer Energie. So sind die nationalen Stromnetze in Europa durch grenzüberschreitende Leitungen, sogenannte Interkonnektoren, miteinander verbunden. Diese bilden die physikalische Basis für den Stromtransport über nationale Grenzen hinweg. Das System besteht aus mehreren Ebenen: An oberster Stelle steht das Übertragungsnetz mit 380/220 Kilovolt (kV), hier werden große Strommengen europaweit verteilt. Es folgen das überregionale Verteilnetz mit mehrheitlich 110 kV, das regionale Verteilnetz mit mehrheitlich 20 kV und schließlich das Ortsnetz mit 0,4 kV. Gibt es Probleme in den unteren drei Ebenen, können diese fast immer problemlos überbrückt werden. Ausnahmen können besondere Notfälle darstellen, die sehr selten vorkommen, wie etwa der große Stromausfall in Berlin Köpenick im Februar 2019. Damals war im gesamten Stadtteil der Strom ausgefallen, nachdem bei Bauarbeiten zwei 110-kV-Leitungen komplett durchtrennt worden waren. Die Reparatur der Leitungen dauerte mehr als 31 Stunden, in denen die Bewohner den Strom-Ausnahmestand durchlebten.

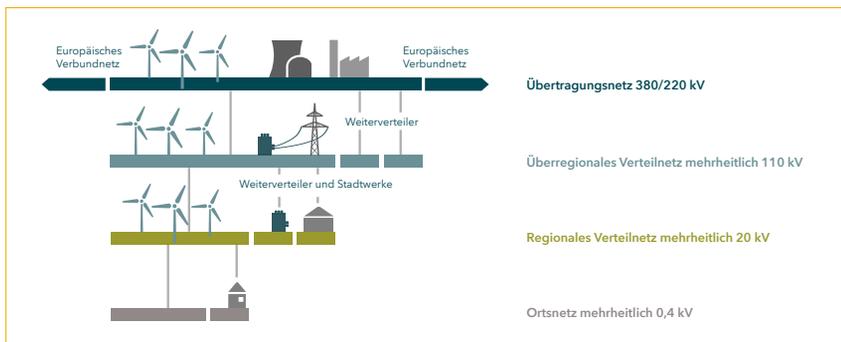


Abb. 01: Struktur des Versorgungssystems [Quelle: TransnetBW GmbH]

<sup>11</sup> <https://www.monecowatt.fr> [abgerufen am: 27.03.2023]

### Aufgaben der Systemführung

Für die Stabilität des Stromnetzes sind vielfältige und präzise gesteuerte Prozesse notwendig. Diese sorgen für die Einhaltung des Leistungsgleichgewichts zwischen Erzeugung und Verbrauch unter Berücksichtigung des Leistungsaustausches mit anderen Übertragungsnetzen (Frequenz) sowie die Einhaltung der zulässigen Betriebsparameter (Strom und Spannung). Zudem steuert die Betriebsplanung Vorschauprozesse und verantwortet die Abstimmung im europäischen Netzverbund. Die Netzführung trägt die Verantwortung für das Netz im Echtzeitbetrieb, den Schaltbetrieb und die Überwachung des Netzzustands. Die Systembilanz sorgt für die Sicherstellung des Systemgleichgewichts und ist zuständig für den Regelleistungseinsatz sowie Markteingriffe.



Abb. 02: Aufgaben der Systemführung [Quelle: TransnetBW GmbH]

### Wie kommt es zu einem Blackout? Welche Folgen hat er?

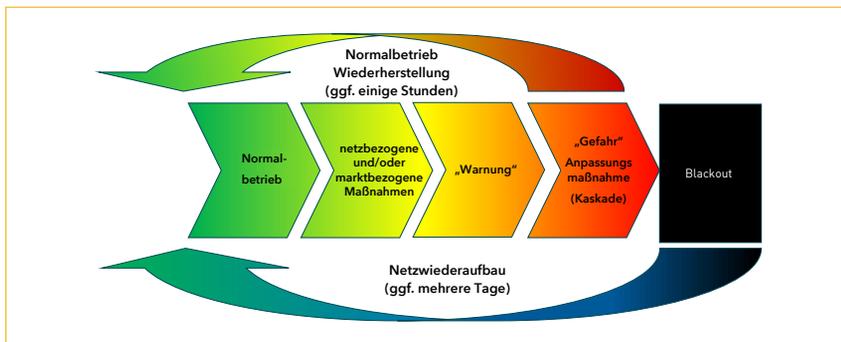
Damit es zu einem Blackout im Stromnetz kommt, muss eine Verkettung von Ereignissen und kritischen Randbedingungen zusammenkommen. Dies kann passieren, wenn eine Störung auf kritische Randbedingungen und Betriebsparameter, die sich nicht mehr im Sollbereich bewegen, trifft. Sind dann keine ausreichenden Reserven vorhanden und eingeleitete Gegenmaßnahmen nicht ausreichend, kann es zu einem großflächigen Stromausfall kommen. Die Folgen eines Blackouts sind vielfältig und haben gravierende Auswirkungen auf das öffentliche Leben. So fallen etwa sämtliche Kommunikationsnetze aus: Weder Internet noch Fernsehen funktionieren, Mobilfunknetze und das Telefonfestnetz funktionieren nicht. Der Ausfall von Ampeln, Beleuchtungen sowie der Ausfall des strombetriebenen Schienenverkehrs bringt den öffentlichen Verkehr zum Erliegen. Heizungen, Tankstellen und die Wasserversorgung funktionieren nicht mehr. An Bankautomaten lässt sich kein Geld mehr abheben, Zahlungen per EC-Karte und Einkäufe im Einzelhandel sind ohne funktionierende Kassensysteme nicht mehr möglich. In Kranken-

häusern gewährleisten Notstromaggregate den Betrieb lebensnotwendiger Geräte. Je länger der Blackout dauert, desto größer werden die Probleme in allen Gesellschaftsbereichen.

Dauert ein Blackout länger als 48 Stunden, wird die Lage kritisch. Es beginnen ernsthafte hygienische Probleme in Krankenhäusern (Notstromaggregate können in der Regel nur rund 24 Stunden überbrücken), in Altenheimen und auf den Straßen, da Müll- und Wasserentsorgung nicht mehr gewährleistet werden können. Die Seuchengefahr steigt. Nach und nach werden Medikamente und Lebensmittelreserven knapp, Notstromaggregate können aufgrund von Treibstoffmangel keinen Strom mehr erzeugen. Mit jedem weiteren Tag ohne Strom bricht das verlässliche Funktionieren der gesellschaftlichen Infrastrukturen mehr und mehr zusammen.

### Vorsorgemaßnahmen der Netzbetreiber

Mit zahlreichen Vorsorgemaßnahmen der Netzbetreiber soll ein Blackout-Szenario bereits frühzeitig erkannt und verhindert werden. So regeln Konzepte das gemeinsame Vorgehen, es gibt zudem regelmäßige Simulationstrainings und Schulungen. Diese Konzepte werden zudem regelmäßigen Tests unterzogen und aktualisiert. Der Absicherung dienen redundante und abgekoppelte Systeme, Netzwerke und Ersatzstandorte. Es gibt eine ausfallsichere Kommunikation über Satelliten und eigene Kommunikationsmittel. Weitere Vorsorgemaßnahmen sind unter anderem eine Notstromversorgung für 72 Stunden, die personelle Besetzung von Umspannwerken sowie deren Ausstattung mit Ruheräumen und einer Grundversorgung mit Wasser und Nahrungsmitteln.



**Abb. 03:** Mechanismen der Systemverantwortung [Quelle: TransnetBW GmbH]

Die Maßnahmen im Problemfall sind klar geregelt: Ist der Normalbetrieb nicht mehr möglich, greifen netzbezogene bzw. marktbezogene Maßnahmen, danach erfolgt eine »Warnung«, anschließend »Gefahr« – diese Stufen lösen wiederum kaskadierende Anpassungs-

maßnahmen zwischen den Netzbetreibern aus. Dazu zählt die Steuerung des vorhandenen Stroms, etwa durch geregeltes Ausschalten einzelner Netzteile. Diese ist abhängig vom zuständigen Netzbetreiber und dient unter anderem der Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit oder anderer wichtiger Infrastrukturbereiche. Die Sicherheit für das Allgemeinwesen hat hier Priorität. Hierfür können einzelne Bezirke bzw. Anlagen kurzfristig geplant und zeitlich begrenzt abgeschaltet werden. Wird das Stromnetz mit diesen gesteuerten Abschaltungen stabilisiert, beginnt die Phase der Wiederherstellung, die gegebenenfalls einige Stunden dauern kann, bis der Normalbetrieb wieder gewährleistet ist. Kommt es trotz dieser umfangreichen Schutzmaßnahmen und -möglichkeiten zu einem Blackout, beginnt im Anschluss der Netzwiederaufbau, der gegebenenfalls mehrere Tage in Anspruch nehmen kann.

### Phasen des Netz- und Versorgungswiederaufbaus

Die Strategien des Netz- und Versorgungswiederaufbaus richten sich nach dem Störungstyp: So kommt bei einem Netzzusammenbruch mit anstehender ENTSO-E-Spannung (intakte Nachbarnetze sind vorhanden und eine Spannungsvorgabe über mindestens ein intaktes Nachbarnetz ist möglich) die sogenannte Top-down-Strategie zum Einsatz. Bei einem Netzzusammenbruch ohne anstehende ENTSO-E-Spannung (die Nachbarnetze sind ebenfalls zusammengebrochen oder nicht ausreichend belastbar) ist der Netzwiederaufbau nur aus eigener Kraft möglich. Zu so einem Vorfall ist es bislang in Europa noch nicht gekommen.

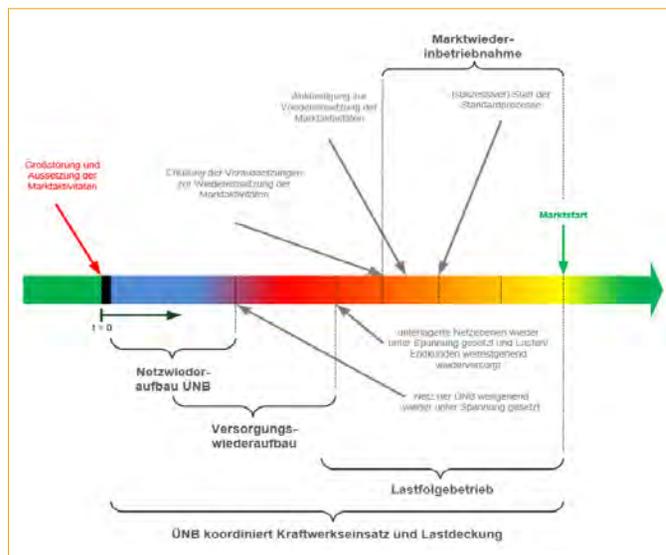


Abb. 04: Phasen des Netzwiederaufbaus (NWA) [Quelle: TransnetBW GmbH]

Bei der Top-down-Strategie kann das Stromnetz mithilfe von Nachbar-ÜNB durch eine zügige Lastaufnahme wieder aufgebaut werden. Die Voraussetzung dafür ist, dass ein anderes stabiles Netz vorhanden und so eine Leistungsaufnahme von außen möglich ist. Bei der Bottom-up-Strategie ist der Netzbetreiber auf sich allein gestellt. Das Stromnetz muss mit schwarzstartfähigen Einheiten langsam hochgefahren werden. Dafür ist das Starten zusätzlicher Kraftwerkseinheiten (Reservekraftwerke) notwendig. Das so entstehende Netz ist zunächst sehr labil und die Lastaufnahme kann nur nach und nach in sehr kleinen Schritten erfolgen. Priorität hat dabei die Bildung von Hochfahrnetzen, es folgen die Sicherstellung der eigenen Handlungsfähigkeit des Stromversorgers und dann erst wieder der Aufbau der Infrastruktur sowie das Hochfahren zusätzlicher Erzeugungsleistungen. Für den Aufbau der einzelnen Teilnetze sind von »oben« nach »unten« immer mehr Schaltungen notwendig.

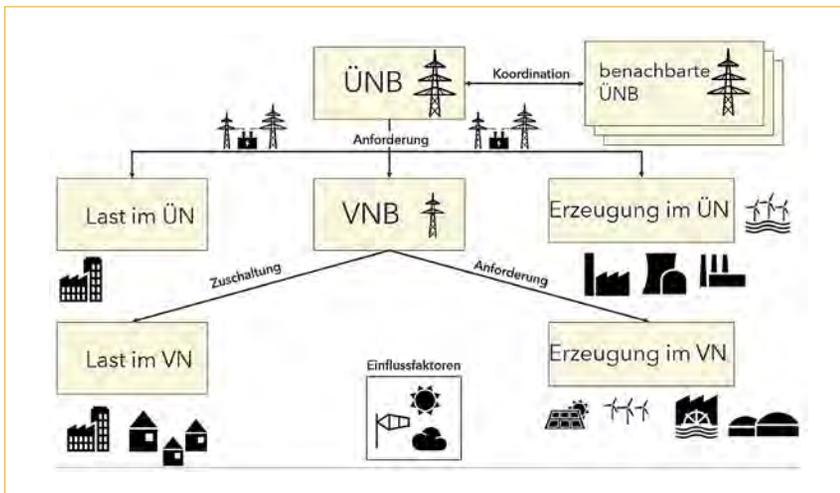


Abb. 05: Aufbau Teilnetze [Quelle: TransnetBW GmbH]

### Herausforderungen der Zukunft

Das europäische Stromverbundnetz steht vor großen Herausforderungen: Die Energiewende und die damit verbundene Entkarbonisierung schaffen einen zunehmenden Bedarf an Flexibilität und großräumigem Ausgleich innerhalb der europäischen Netze. In einem von volatiler Erzeugung geprägten Stromsystem müssen sowohl Erzeugung als auch Verbrauch sehr flexibel sein. Die Herausforderung besteht darin, zusätzliche Flexibilitätspotenziale zu erschließen und zu nutzen. Zudem ist der Ausbau von grenzüberschreitenden Übertragungskapazitäten über die bisherigen Planungen hinaus erforderlich. Großes Augenmerk muss zudem auf die Sicherheit und den Schutz der Anlagen, etwa zum Schutz vor Cyberangriffen sowie Terrorakten, gerichtet werden.

**Fazit**

Ein Blackout lässt sich auch in Deutschland, einem Land mit einem der sichersten Stromnetze weltweit, nicht ausschließen. Das Risiko hat sich jedoch gegenüber den vergangenen Jahren nicht verändert. Die deutschen Netzbetreiber haben ein sehr leistungsfähiges Notfallmanagement etabliert, um die Netze stabil zu halten bzw. im Notfall auch rasch wieder aufzubauen. Im Winter 2022/23 haben sich die intensiven Vorbereitungen und die gelebte Zusammenarbeit bewährt – die Stromversorgung war zu jeder Zeit sichergestellt. Aber auch der Winter 2023/24 wird wieder eine Herausforderung werden und die Vorbereitungen laufen.

Daniel Kolb hat Elektrotechnik und Informationstechnik an der Uni Stuttgart studiert. Seit 2011 ist er bei der TransnetBW im Bereich der Systemführung tätig und betreut seit 2019 unter anderem die Netzwiederaufbaupläne für Baden-Württemberg. Zudem ist er in nationalen und internationalen Arbeitsgruppen der Übertragungsnetzbetreiber zum Thema Netzwiederaufbau und auch in weiteren Themenfeldern im Bereich des Network Code Electricity Emergency and Restoration (NC ER) und des System Defence Plan tätig. Das Stromübertragungsnetz in Deutschland besteht aus vier Regionen, sogenannten Regelzonen. TransnetBW ist zuständig für den sicheren Betrieb des Übertragungsnetzes in Baden-Württemberg.

### 6.3 Erfahrungen zur Folgenabschätzung

Der Klimawandel als eine der größten Herausforderungen unserer Zeit hat auch Auswirkungen auf das Planen und Bauen im Bereich der öffentlichen Infrastruktur. Um insbesondere eine dauerhaft sichere und verlässliche unterirdische Infrastruktur zu gewährleisten, muss auch das Planen, Bauen und Betreiben im Tiefbaubereich an die neuen Anforderungen angepasst werden. Diese betreffen beispielsweise die Art des Bauens, die Wahl von Baumaterialien oder die Anpassung von Regelwerken. Die folgenden Beiträge zeigen die Herausforderungen auf und beschreiben mögliche Lösungsansätze.



### 6.3.1 Klimafolgenanpassung durch gute Planung und Umsetzung

Der Klimawandel erfordert eine Anpassung der Art und Weise, in der wir unsere Bauwerke und Städte planen und bewirtschaften. Die Ereignisse der letzten Jahre und die Vorhersagen der Klimaforscher lassen daran keinen Zweifel mehr. Es ist nicht möglich, sich dieser bautechnischen Tatsache zu entziehen. Glücklicherweise ist die Expertise für resilientes Bauen bereits vorhanden. Um Bauwerke beispielsweise an Extremwetterereignisse angepasst zu bauen, bietet die Bauwirtschaft bereits heute Lösungen an, die durch entsprechende Planung in die Tat umgesetzt werden können.



**Prof. Dr. Steffen Warmbold**

Das Risiko von klimabedingten Schäden kann als Kombination von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenpotenzial definiert werden. Der Klimawandel lässt die Eintrittswahrscheinlichkeit von Wetterextremen, wie Starkregen- und Hochwasserereignissen, steigen. Um also das Risiko in Zukunft gleich zu halten, muss die potenzielle Schadenhöhe reduziert werden. Beispielsweise sollten Ansammlungen von materiellen Vermögenswerten in gefährdeten Bereichen vermieden werden. Derzeit werden allerdings gefährdete Bereiche, beispielsweise entlang von Gewässern und Abflusslinien, vermehrt in Siedlungs-, Gewerbe- oder Industrieflächen umgewandelt. Ohne vorbeugende bauliche Maßnahmen führt dies zu einer Erhöhung beider Faktoren des Risikos, sowohl eine klimabedingte erhöhte Eintrittswahrscheinlichkeit als auch ein erhöhtes Schadenpotenzial.



**Dr. Clemens Kremer**

Ein klimaresistenter Umbau beziehungsweise Wiederaufbau der von klimawandelbedingten Katastrophen betroffenen Regionen erfordert mittelfristig einen übergreifenden Masterplan, mit dem exponierte Regionen geschützt werden können. Ein Ansteigen von Werten in Gefährdungsbereichen ist kritisch zu bewerten und sollte unbedingt von entsprechenden Schutzmaßnahmen begleitet werden.

Die Regelwerke, die für Hochwasser und Starkregen relevant sind, beziehen ihre Bemessungsziele aus der Vergangenheit und spiegeln nicht mehr die geänderten Jährlichkeiten von Extremwetterereignissen wider. Um auch in diesem sich ständig ändernden Klimasystem noch eine große Resilienz zu gewährleisten, müssen die Bemessungsziele angepasst werden. Nur so können sie sinnvolle Antworten auf zukünftige

Entwicklungen geben. Hervorzuheben ist aber auch, dass insbesondere kritische Infrastruktur auch Schutz jenseits der Bemessungsziele benötigt. Hier müssen bei der Zulassung und Finanzierung entsprechende Regelungen gefunden werden.

Resilientes Bauen erfordert Flächenmanagement und an lokale Gefährdungssituationen angepasste Flächennutzung. Die zunehmende Versiegelung und Bebauung von Flächen erhöht die Anfälligkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Daneben müssen auch zunehmende Hitzewellen und Trockenheit berücksichtigt werden. Naturraumstrukturen müssen angepasst und neu erzeugt werden. Gewässer brauchen Raum und entsiegelte Flächen, die im Notfall schadenbegrenzend wirken können. Dadurch verbessert sich auch der Luftaustausch und die Kühlung, was Hitzeinseln vorbeugt. Außerdem sind Naturraumstrukturen Habitate für resiliente Ökosysteme und tragen zu nachhaltiger Biodiversität bei.

Im urbanen Raum können Siedlungsflächen umgestaltet und einer resilienten Mehrfachnutzung zugeführt werden. Beispielsweise können entsiegelte Spielplätze und Parkanlagen als Überlaufbecken für Flüsse fungieren. Eine Nachverdichtung in weniger gefährdeten Gebieten kann das Schadenpotenzial weiter reduzieren.

Eine Klimaanpassung darf allerdings nicht an bürokratischen Hürden scheitern. Einerseits müssen langfristige Richtungsstellungen dementsprechend ausgelegt werden, andererseits muss Raum für kurzfristige Maßnahmen eröffnet werden. Sowohl das Planungs- als auch das Baurecht müssen dementsprechend gestaltet werden. Genehmigungsverfahren müssen planbar bleiben. Die Ämter müssen mit ausreichend qualifiziertem Personal ausgestattet werden, um diese Aufgaben bewältigen zu können.

Beim Vergaberecht muss bei Planungs- und Bauleistungen ein stärkerer Fokus auf qualitative Kriterien gelegt werden. Ein Preiswettbewerb konterkariert hier die Ziele des resilienten Bauens. Das Potenzial für eine Baukostenreduzierung ist ja gerade in der Planungsphase am größten und so stellen sich Einsparungen hier auch als nicht wirtschaftlich dar. Um die Aufgaben der Klimaanpassung zu lösen, brauchen wir kreative und wirtschaftliche Lösungen. Diese ergeben sich aus einer durchdachten Konzeption und Planung der Architektur- und Ingenieurbüros.

Auch bei der Vergabe der Bauleistungen sollte der Mindestpreis nicht das entscheidende Kriterium für den Zuschlag sein. Qualifikation, Qualität und Zuverlässigkeit sind unerlässlich, um resiliente Bauprojekte zeitgerecht umzusetzen. Die fachliche Expertise der Bauwirtschaft sollte auch partnerschaftlich und rechtzeitig in den Planungsprozess und die Lösungsfindung einfließen. Wenn alle Beteiligten an einem Strang ziehen, können Innovationspotenziale voll genutzt werden.

Professor Dr. Steffen Warmbold begleitet seit 2020 die Querschnittsthemen Digitalisierung, Nachhaltigkeit und demografische Fragestellungen als stellvertretender Hauptgeschäftsführer beim Verband Beratender Ingenieure (VBI). Neben Stationen bei planen-bauen 4.0 – Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betriebens mbH, der hochschule21, dem BPPP und der Pöyry Deutschland GmbH promovierte er an der Technische Universität Bergakademie, Freiberg.

Dr. Clemens Kremer ist seit vier Jahren beim Verband Beratender Ingenieure (VBI) als Referent tätig und betreut dort die Fachgruppen Energie, Technische Gebäude-Ausstattung (TGA), Akustik und Bauphysik sowie den Arbeitskreis Klimaschutz. Er studierte Physik in Heidelberg und promovierte in Glasgow als Ingenieur.

### 6.3.2 Erfahrungsbericht der Projektgruppe zur aktuellen Entwicklung von Bauschäden ausgewählter Mitgliedsunternehmen, Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) im VDE



Olaf Alm

Elektrische Versorgungseinrichtungen sind in der Regel unterirdisch verlegt. Diese Anlagen teilen sich die dafür notwendigen Flächen in den Verkehrsräumen gemeinsam mit Einrichtungen der Gas- und Wasserversorgung sowie der Telekommunikationsbranche. Deshalb kommt es naturgemäß bei der Verlegung von einzelnen Anlagen zu einer möglichen Beeinträchtigung der bereits vorhandenen Kabel und Rohre. Um hier Schäden oder Einschränkungen zu vermeiden, sind umfangreiche Sicherungsmaßnahmen notwendig. Neben diesen möglichen Gefahrenquellen aus der Verlegung von Versorgungsanlagen ergeben sich weitere potenzielle Gefahren bei allgemeinen Tiefbau- oder Straßenbaumaßnahmen.



Volker Patzwaldt

#### Erkundungspflicht

Die erste und zugleich wichtigste Maßnahme ist die Erkundung des Bauausführenden in der Planungsphase und direkt vor Baubeginn nach vorhandenen Anlagen im Baufeld. Aus diesem Grund werden erdverlegte Leitungen und Anlagen eingemessen und in entsprechenden Bestands- und Übersichtsplanwerken dokumentiert. Eine Notwendigkeit der

Versorgungsunternehmen zu einer geeigneten Netzdokumentation ergibt sich aus den einschlägigen und allgemein anerkannten Regeln der Technik (zum Beispiel VDE-AR-N 4201 »Netzdokumentation in Versorgungsunternehmen«). Diese sehen vor, dass die Versorgungsunternehmen ihre Leitungen einmessen, Bestandspläne erstellen und aktuell halten.

Diese Bestandspläne sind die Voraussetzung für eine rechtssichere Netzauskunft und damit für die Mitwirkung eines Versorgungsunternehmens im Zuge von Bau- und Planungsmaßnahmen. Aufgrund des vorhandenen öffentlichen Interesses werden durch Versorgungsunternehmen Auskünfte gegenüber Dritten über die Lage und den Verlauf ihrer Leitungen erteilt.

**Unterstützung der Bauausführenden durch die Versorgungsunternehmen**

Neben der Information über die Lage der Anlagen liefert das Versorgungsunternehmen mit der Netzauskunft auch umfangreiche Verhaltenshinweise für die Bauausführenden. Bei Einhaltung dieser und der Berücksichtigung der Leitungslage sind Beschädigungen nahezu ausgeschlossen.

Um die Qualität der Arbeiten weiter zu steigern und Beschädigungen zu verhindern, haben die Verbände eine Schulungsinitiative für Bauausführende geschaffen. Grundlage dafür ist der VDE-FNN-Hinweis S 129 »Sicherheit bei Arbeiten im Bereich von Netzanlagen – Ausführende, Aufsichtspersonen und Arbeitsvorbereitende: Anforderungen und Qualifikation«. Gemäß diesem Hinweis sind geschulte Firmen und deren Mitarbeiter in der Lage, die Gefahren, die von elektrischen Anlagen ausgehen, zu erkennen und sich regelkonform auf der Baustelle zu verhalten. Für Unternehmen, die im Auftrag eines Versorgungsunternehmens arbeiten, ist die Qualifikation der Geräteführer nach der S 129 Pflicht. Diese Verpflichtung ergibt sich aus dem Arbeitsblatt VDE-AR-N 4220 »Bauunternehmen im Leitungstiefbau – Mindestanforderungen« (identisch mit AGFW FW 600 und GW 381).

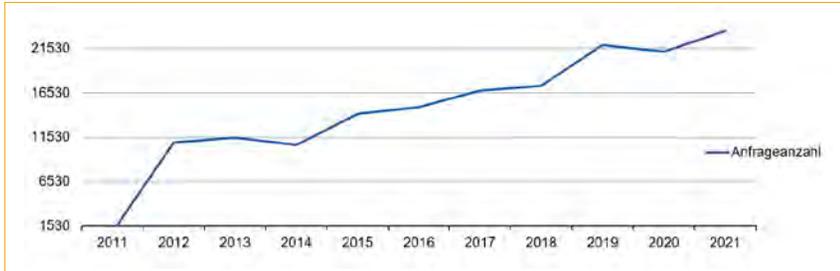
Auf der Grundlage dieser geschilderten Maßnahmen und der Anstrengungen der Versorgungsunternehmen sind nach Inkrafttreten dieser Maßnahmen die Leitungsschäden ständig rückgängig gewesen. Dies kann als Erfolg der guten Zusammenarbeit der Versorgungsunternehmen und der Bauindustrie gewertet werden.

Außerhalb der Zuständigkeit der Netzbetreiber sind die Forderungen nach einer Schulung der Geräteführer nicht verpflichtend, vor allem nicht im Bereich von privaten Tiefbauarbeiten oder bei der Verlegung von Telekommunikations-Infrastrukturen. Dies führt oftmals, aufgrund einer Unkenntnis von technischen Regeln und Normen, zu einer Beschädigung der Infrastruktur.

Dadurch hat sich der Trend abnehmender Leitungsschäden in den letzten Jahren massiv umgekehrt. Eine Ursache dafür ist aus Sicht der Versorger die massiv gestiegenen Aktivitäten im Bereich des Breitbandausbaus. Das politische Ziel einer Versorgung der Bevölkerung bis 2030 mit einem Anschluss hoher Bandbreite hat naturgemäß zu einer deutlichen Zunahme der Tiefbauaktivitäten geführt. Dies ist auch an der Zunahme der Planungsauskünfte ersichtlich.

### Entwicklung Planauskünfte

Ein städtischer Verteilnetzbetreiber berichtet, dass die Anzahl der Anfragen in den letzten Jahren mit steigender Tendenz verlief:



**Abb. 01:** Anzahl der Netzanfragen [Quelle: Stromnetz Berlin GmbH]

Ein regionaler Flächennetzbetreiber bestätigt ebenfalls eine steigende Anzahl der Anfragen zur Netzauskunft in den vergangenen Jahren. Die folgende Auswertung zeigt insbesondere die Anfragen, die über die Online-Netzauskunft gestellt wurden:



**Abb. 02:** Anfragen über die Online-Netzauskunft [Quelle: Pfalzwerke Netz AG]

Hierbei gilt es festzuhalten, dass der Anteil von Anfragen, die in Bereichen aktueller Baustellen des Netzbetreibers (Sperrflächen) gestellt werden, durch einen Projektleiter manuell bearbeitet werden müssen. Das ist ein Prozess, der durch die Metasystemportale (siehe hierzu Artikel 6.1.3., Seite 161) nicht nachgestellt werden kann. Außerdem muss ein Teil der Anfragen händisch durch GIS-Mitarbeiter erstellt werden. Dieser Fall tritt ein, wenn zum Beispiel die angefragte Fläche so groß ist, dass sie nicht automatisiert über die Online-Netzauskunft beantwortet wird. Bei derartigen Anfragen muss geprüft werden, ob kritische Infrastruktur enthalten ist und ob der Anfragende wirklich berechtigt ist, eine flächenmäßig so große Anfrage zu stellen.

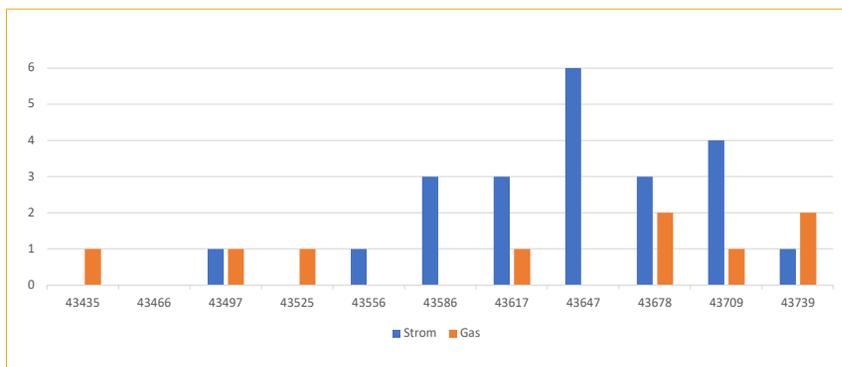
### Praxis auf der Baustelle

Oftmals kommen Bauunternehmen zum Einsatz, die die geltenden Regeln nur eingeschränkt oder nicht anwenden. Dieser Trend wird durch den massiven Ausbau der Breitband-Infrastruktur verstärkt. Die Ausführung der Arbeiten entspricht teilweise nicht der gängigen Baupraxis und ist aufgrund mehrerer Gesichtspunkte kritisch. Diese beauftragten Firmen beachten in vielen Fällen nicht die zwingend einzuhaltenden Vorgaben der Versorgungsunternehmen zur Einholung einer Netzauskunft. Es kommt dadurch nicht nur zu unzulässigen Überdeckungen und Näherungen an bereits vorhandene Leitungen, sondern auch zu einer ungewöhnlich hohen Anzahl von Leitungsbeschädigungen. Diese führen zu gefährlichen Situationen für die an der Baustelle eingesetzten Arbeiter sowie zur Gefährdung der Versorgungssicherheit im betroffenen Netzgebiet.

Die Art und Weise der Meldungen und Mitteilungen der eingesetzten Firmen über verursachte Störungen und Beschädigungen bzw. deren Verhalten bei Hinweisen und Gesprächen auf Baustellen durch Mitarbeiter der Versorgungsunternehmen deutet teilweise auf wenig Verständnis bzw. Sensibilität für unabdingbare Sicherheitsaspekte hin. Diese Probleme werden oftmals durch vorhandene Sprachbarrieren verschärft. So stiegen in den letzten Jahren die Störungen an Strom- und Gasleitungen stark an.

### Beispiel 1

Beispielhaft aufgeführt sind im Folgenden die Schäden eines einzelnen Bauunternehmens innerhalb eines halben Jahres in einem Breitband-Ausbaubereich:



**Abb. 03:** Leitungsbeschädigungen »Firma A« [Quelle: EAM Netz GmbH]

In diesem Beispiel handelt es sich um in Summe 32 Schadenfälle der Netzinfrastruktur im Zeitraum eines halben Jahres, teilweise mit Gasaustritt (bei neun Schadenfällen). Alle wurden von einem Unternehmen verursacht. Trotz massiver Bauüberwachung ist es hier nicht gelungen, einen Rückgang der Schadenquote zu erreichen.

Oftmals versuchen die Versorgungsunternehmen über die betreffenden Gemeinden, in deren Gebiet ausgebaut wird, oder über den Breitband-Netzbetreiber eine Verbesserung der Situation zu erreichen. Leider ist auch bei den Breitband-Netzbetreibern bzw. deren Auftragnehmern häufig eine fehlende Sensibilität festzustellen.

### **Beispiel 2**

Trotz der Möglichkeit der Metasystemportalnutzung (siehe hierzu Artikel auf Seite 161 – Seite 163) im betroffenen Versorgungsgebiet hat ein städtischer Netzbetreiber festgestellt, dass bei 85 Prozent aller Schäden an Kabeln eine Regelverletzung des Prozesses bzw. eine Nichteinhaltung der VDE-AR-N 4203 (»Erteilung von Netzauskünften in Versorgungsunternehmen«) ursächlich war. Entweder wurde keine Auskunft eingeholt oder der Plan befand sich nicht auf der Baustelle. Nur bei 15 Prozent der Fälle ist es zum Leitungsschaden gekommen, obwohl ein Plan angefragt und ein Plan vor Ort auf der Baustelle vorhanden war. Diese Quote ist bei einer Betrachtungsmenge von rund 1.700 Schäden in 3,5 Jahren konstant.

### **Beispiel 3**

Auch wenn im Prozess alles perfekt läuft, kann es durch menschliches Versagen auf der Baustelle zu Leitungsbeschädigungen kommen. Diese haben in der Folge einen erheblichen Einfluss auf die Versorgungsqualität und damit auf den System Average Interruption Duration Index (SAIDI)<sup>12</sup>. Dies wird anhand einer Großstörung in Berlin Köpenick mit rund 30.000 betroffenen Kunden erläutert. Für etwa 32 Stunden führte ein zweifacher Fehler auf der 110-kV-Ebene zur Spannungslosigkeit. Verursacht wurde dieser durch eine Horizontalbohrung, die zwei parallel liegende 110-kV-Ring-Systeme beschädigte. Die Kabelsysteme lagen auf den Zentimeter genau an den Stellen, die in der Netzauskunft dokumentiert waren. Damit war dem Bauunternehmen die Lage der Kabelsysteme bekannt. Die nächste Abbildung zeigt die maßgeblich durch diese Störung verursachten Auswirkungen auf den SAIDI:

---

<sup>12</sup> Die Anzahl von Störungsmeldungen mit Versorgungsunterbrechungen wird sowohl in der Sparte Strom als auch in der Sparte Gas mit dem sogenannten SAIDI EnWG gemessen. SAIDI EnWG bedeutet hierbei per Definition, dass ausschließlich ungeplante Versorgungsunterbrechungen mit einer Dauer von mehr als drei Minuten herangezogen werden. Der SAIDI ist eine Kennzahl für die Versorgungsqualität und damit auch ein Indiz für die Kundenzufriedenheit.

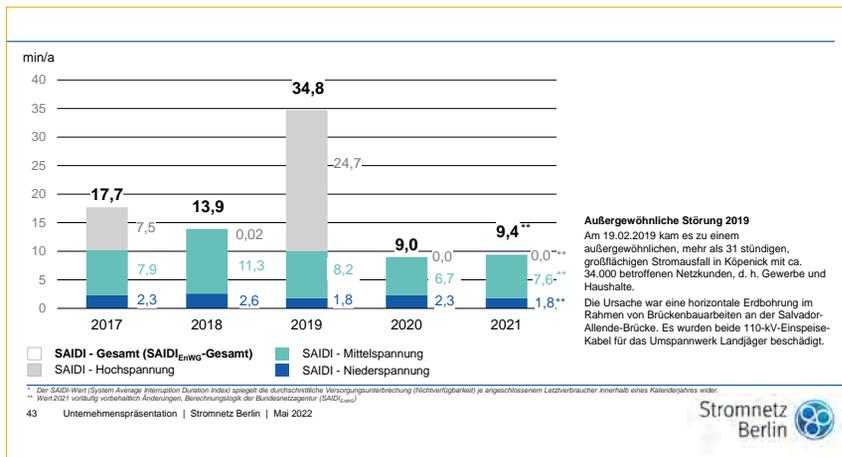


Abb. 04: Nichtverfügbarkeit des Berliner Verteilungsnetzes (SAIDI) [Quelle: Stromnetz Berlin]

## Fazit

Netzbetreiber haben in den vergangenen Jahren vielfältige Anstrengungen, wie Schulungen, Bereitstellung von Auskunftsportalen sowie Beschleunigung und Standardisierung von Informationsflüssen, umgesetzt. Trotz dieser Anstrengungen der Netzbetreiber und der am Prozess Beteiligten kommt es immer wieder zu Schäden an Versorgungsleitungen. Diese Schäden entstehen, weil Auskünfte nicht eingeholt werden, Pläne auf der Baustelle nicht vorliegen oder nicht beachtet werden und gängige Regelwerke zur Einweisung oder Bauausführung keine Anwendung finden. Der Prozess der Netzauskunft ist etabliert und funktioniert sehr gut. Jedoch: Auch zentrale Plattformen lösen das Problem der Leitungsbeschädigungen nicht, wenn vor Ort nicht regelkonform gearbeitet wird.

## Projektgruppe Geoinformation, VDE FNN

Die Projektgruppe Geoinformation ist bei VDE FNN für die Themenbereiche Netzdokumentation und Geoinformationssysteme sowie die Erarbeitung des zugehörigen Regelwerks zuständig. In ihren Verantwortungsbereich fallen zum Beispiel die VDE-AR-N 4201 und die VDE-AR-N 4203, die gemeinsam die Mindeststandards für das Erstellen von Netzdokumentationen und die Übermittlung von Geoinformationsdaten durch Netzbetreiber an Dritte regeln.

Gemeinsam veröffentlicht die Projektgruppe, die aus folgenden Mitgliedern besteht, diesen Beitrag:

- Olaf Alm, EAM Netz GmbH (Vorsitz),
- Dr. Ralf Friedland, Stromnetz Berlin GmbH,
- Thomas Kindervater, EWE NETZ GmbH,

- Dr. Tobias Krauss, Netze BW GmbH,
- Szilárd Ladányi, N-ERGIE Netz GmbH,
- Markus Lermen, energis-Netzgesellschaft mbH,
- Christine Michalek, VDE FNN,
- Olaf Nattenberg, Westnetz GmbH,
- Volker Patzwaldt, MVV Netze GmbH (stellv. Vorsitz),
- Ulrich Schmidt, Rheinische NETZGesellschaft mbH,
- Dr. Silvia Schukraft, Pfalzwerke Netz AG und
- Hans-Georg Urbin, OsthessenNetz GmbH.

### **Über VDE FNN**

Das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN) entwickelt die Stromnetze vorausschauend weiter. Ziel ist der jederzeit sichere Systembetrieb mit 80 Prozent erneuerbaren Energien. VDE FNN macht innovative Technologien praxistauglich und gibt Antworten auf netztechnische Herausforderungen von morgen. Hier arbeiten verschiedene Fachkreise mit unterschiedlichen Interessen gemeinsam an Lösungen. Mitglieder sind über 470 Hersteller, Netzbetreiber, Versorger, Anlagenbetreiber, Behörden und wissenschaftliche Einrichtungen.

### 6.3.3 Zertifiziertes Asset-Management-System konform zur ISO 55001 für die Verteilernetze Strom, Gas, Wasser, Fernwärme der Stadtwerke Ratingen

#### 1.1 Hintergrund und Motivation

Die Energiewende schafft eine Vielzahl an volkswirtschaftlich getriebenen Herausforderungen für die Energiewirtschaft. Der Einfluss erklärter Zukunftsthemen wie Dekarbonisierung, Dezentralisierung, Digitalisierung, Diversifizierung und Demografie auf den Verteilernetzbetrieb ist präsenter denn je. In der Konkretisierung ergeben sich hieraus eine Vielzahl an Richtlinien, Gesetzen und Verordnungen, die teils unmittelbar, teils mittelbar auf Energieversorgungsunternehmen wirken.

Durch die stark angestiegenen Anforderungen sind Entscheidungen und Aktivitäten aus verschiedenen Blickwinkeln zu beleuchten und über die verschiedenen Zeit- und Planungshorizonte transparent und nachhaltig zu fundieren. Dabei sind immer auch die teils gegenläufigen Zielgrößen Kosten, Leistung und Risiko auszutarieren und an Unternehmensleitlinien auszurichten (siehe Abb. 01).



Rainer Schermuly



Dr. Heiko Spitzer



Abb. 01: Komplexität des Umfelds für Energieversorger [Quelle: entelgenio GmbH]

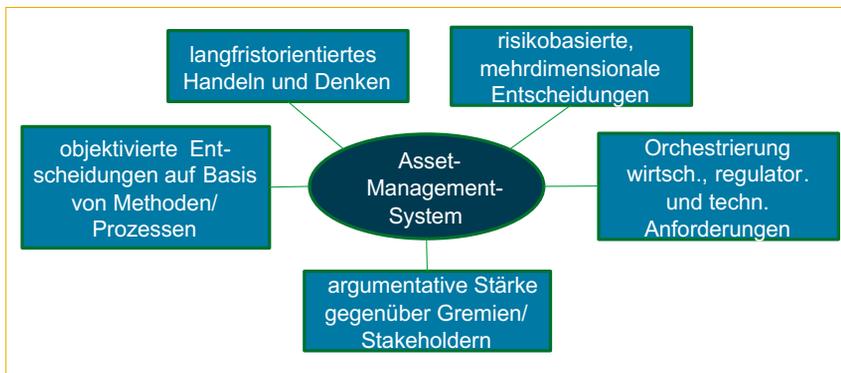
Die Norm DIN ISO 55001 liefert den Rahmen zur Umsetzung eines systematischen und koordinierten Infrastrukturmanagements<sup>13, 14</sup>. Auch für mittelgroße Stadtwerke wie die Stadtwerke Ratingen GmbH (nachfolgend kurz SWR genannt) wird der Aufbau eines normbasierten Infrastrukturmanagements zunehmend wichtiger. Die SWR hat sich im vierten Quartal 2020 auf den Weg gemacht, ein integriertes Asset-Management-System aufzubauen, zu etablieren und zu betreiben. Ende 2022 wurde dann zudem durch den akkreditierten TÜV Süd die Zertifizierung nach DIN ISO 55001 bestätigt und dies über alle Sparten Strom, Gas, Wasser und Fernwärme sowie für die Rollen Asset Owner, Asset Manager und Asset Service.

## 1.2 Welchen Nutzen bringt die Norm?

Den Kern der Norm bildet ein schlüssiges Asset-Management-System (AMS), das auf folgenden Grundsätzen beruht:

- Nutzen wird aus den Assets generiert.
- Ziele bestimmen das Handeln des Asset-Managements (AM).
- Die Geschäftsführung stützt das Handeln des Asset-Managers.
- Das AM realisiert die geforderte Qualität der Assets.

Das AMS verbindet die Zielsetzung des Infrastrukturbetreibers mit der operativen Tätigkeit. Der Strategische Asset-Management-Plan (SAMP) beschreibt dabei den Rahmen und legt fest, wie die Ziele des AM erreicht werden.



**Abb. 02:** Nutzen/Vorteile des AMS konform der Norm [Quelle: entellgenio GmbH]

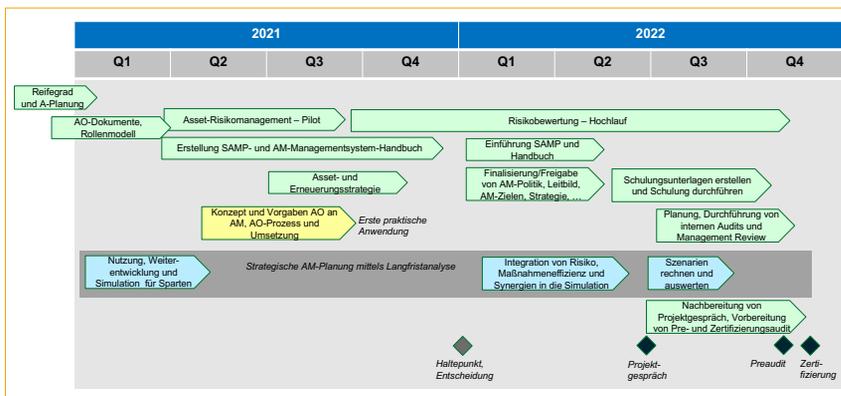
<sup>13</sup> BSI Group: »BS ISO 55001:2014 Asset Management«, ausgegeben am 10. Februar 2014

<sup>14</sup> Balzer, G.; Schorn, C.: Asset Management für Infrastrukturanlagen – Energie und Wasser. 2. Aufl. Darmstadt/Stuttgart: Springer Vieweg, 2014

**1.3 Der Weg bis zur Zertifizierung nach DIN ISO 55001**

Für die SWR war es wichtig, dass der Weg zur Zertifizierung in einem geordneten Prozess unter Nutzung von Projektmanagementmethoden stattfindet<sup>15</sup>. Hierzu wurden Meilensteine und Haltepunkte zur Überprüfung des Standes und zur Kurskorrektur über die Projektlaufzeit gesetzt. Dabei sind wesentliche Schritte zur Anwendung gekommen.

- Reifegradbestimmung:  
Dieser Schritt liefert ein Zielbild für ein AMS und zeigt mittels einer Lückenanalyse zu den Anforderungen der ISO-Norm den Reifegrad des aktuellen AMS auf.
- Ausführungsplanung:  
Der Maßnahmenplan wird operationalisiert und in detaillierte Aufgaben/Maßnahmen mit Zeit- und Kapazitätenplanung (intern/extern) übersetzt.
- Bearbeitung konkreter Themen:  
Auf Basis der Ausführungsplanung werden konkrete Themen in den Bereichen Management/Organisation, technisch/wirtschaftliche Themen und normkonforme Dokumentation in einem arbeitsteiligen Prozess mithilfe externer Dienstleister bearbeitet.
- Auditierung:  
Hierunter fallen die Vorbereitung, Durchführung, Dokumentation von internen und externen Audits und von Management Reviews gemäß den Anforderungen der Norm.
- Projektmanagement:  
Das Projektmanagement bis zur Zertifizierung ist Teil eines strukturierten Begleitprozesses und sichert die zielgenaue Abarbeitung der Maßnahmen.



**Abb. 03:** Aufgaben und Zeitplan auf dem Weg zur Zertifizierung 2020–2022 [Quelle: entellgenio GmbH]

15 IAM – Institute of Asset Management, Bristol/England: The Big Picture – The Asset Management Journey/What is Asset Management? URL: <https://theiam.org/knowledge-library/the-big-picture/> [abgerufen am: 19.03.2023]

Nach und nach werden auf diesem Weg die Vorteile eines normgerechten Infrastrukturmanagements gehoben und auch für den einzelnen Mitarbeiter in seinem Verantwortungsbereich spürbar. Wichtig ist dabei, dass dies von Anfang an aus dem laufenden Geschäft heraus erfolgt. Das AMS ist nunmehr etabliert und von den Mitarbeitern akzeptiert, weil die Rollen bzw. Verantwortlichkeiten, die Abhängigkeiten und Transparenz (Worauf zahlt mein Beitrag ein?) sichtbar sind. Das AMS bedarf jetzt der weiteren Pflege, Verbesserung und evolutionären Entwicklung. Die SWR sind nunmehr in der Lage, das Dreiecksverhältnis von Einsatz (Kosten), Qualität und Risiko zu quantifizieren und in den Kontext zeitlicher Entwicklung und Zielerreichung zu stellen. In Bezug auf die Argumentation gegenüber Stakeholdern zur Ableitung von notwendigen Budgets für die Assets konnte bereits eine signifikante Qualitätssteigerung und Akzeptanz erreicht werden. Damit sind die SWR auf einem transparenten Pfad für den sicheren und qualitätsgerechten Betrieb und Ausbau der Infrastruktur.

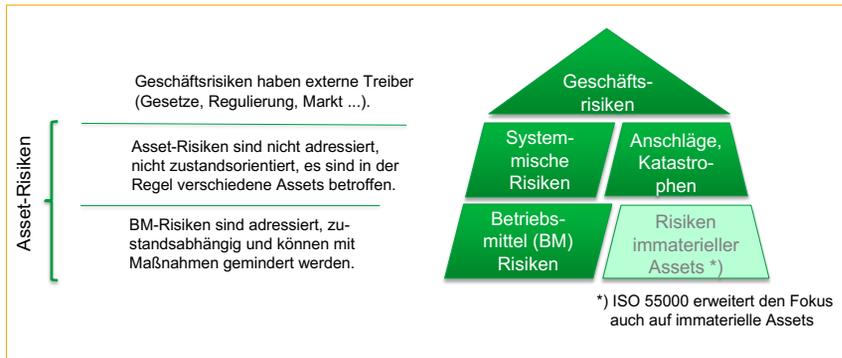
#### 1.4 Asset-Chancen/Risikomanagement

Risiken aus der Informationstechnik sind in Form von Geschäftsrisiken nach gesetzlichen Vorgaben zur Unterhaltung eines Managementsystems nach ISO/IEC 27000 bei den SWR existent. Davon zu unterscheiden sind die Asset-Risiken (siehe Abb. 04).

Das evolutionär angelegte Asset-Chancen-/Risikomanagement<sup>16</sup> der SWR verfolgt verschiedene Zielstellungen:

- Im Anwendungsbereich stehen die Asset-Bestandsrisiken sowie die globaleren systemischen Risiken.
- Konsequenzen aus einem Ereignis werden monetär bewertet. Die Berücksichtigung der Erlöse/Netznutzungsentgelte dient der Chancensichtweise.
- Asset-Risiken/Chancen zahlen auf Geschäftswerte ein.
- Mittels Langfristsimulation sind Risikoverläufe in der Zukunft abbildbar.
- Der Vergleich der monetären Risikominderung einer Maßnahme mit den Kosten ergibt die Effizienz der Maßnahmen, zum Beispiel als Steuerungsgröße für Priorisierungen bei begrenzten Budgets.

<sup>16</sup> Spitzer, H.; Hopfensitz M.: »Risikomanagement/-bewertung – Ansatz zur Abbildung von Risiken bei kritischen Infrastrukturen«, gwf Gas + Energie, Vulkan-Verlag, 2020. 32 ff.



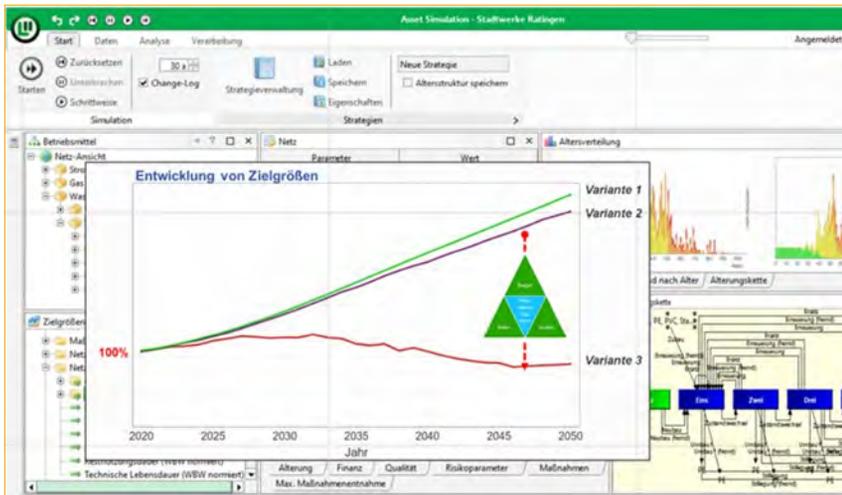
**Abb. 04:** Unterscheidung Asset-Risiken und Geschäftsrisiken der SWR (vereinfacht) [Quelle: entellgenio GmbH]

Das Asset-Chancen-/Risikomanagement unterstützt die Limitierung von Risiken aus der Asset-Owner-Perspektive, objektiviert Managemententscheidungen und qualifiziert Aussagen zur Risikoentwicklung gegenüber Aufsichtsgremien und anderen Stakeholdern.

### 1.5 Langzeitanalysen und Synergien

Die Asset-Planung im Kontext von Investitionen in die Asset-Struktur (Capex) hat unterschiedliche zeitliche Horizonte. Neben der Kurzfristsicht sind Planungszeiträume von 5 bis 10 Jahren üblich, mittels Langfristsimulation ist auch die Langzeitplanung über 30 Jahre abgedeckt<sup>17</sup>. Zielstellung ist die Synchronisierung aller Planungen auf die langfristige Perspektive. Die SWR sind dazu in der Lage, fundiert verschiedene Szenarien durchzurechnen und zu bewerten (siehe Abb. 05).

<sup>17</sup> Spitzer, H.; Marwitz, S.: Strategisches Asset-Management im Rahmen der Digitalisierung – Positionierung, Nutzen, Praxisbeispiel. In: Dolesky, O. D. (Hrsg.): Realisierung Utility 4.0, Band 1. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2019



**Abb. 05:** Entwicklung von Zielgrößen, Auszug aus Variantenbetrachtungen bei den SWR [Quelle: entellgenio GmbH]

Damit können die SWR fundierte und nachhaltige Asset- bzw. Erneuerungsstrategien entwickeln, die

- auf die Asset-Management-Ziele einzahlen,
- Synergien durch spartenübergreifende Betrachtung und Bündelung von Maßnahmen berücksichtigen und
- die Risiken im Rahmen von darstellbaren und umsetzbaren Budgets managen.

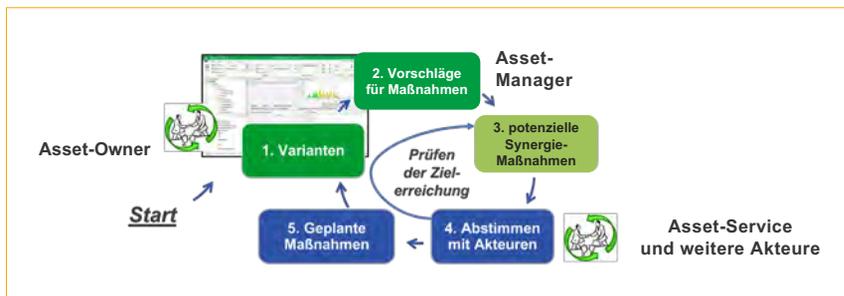
### 1.6 Beispiel Infrastrukturaufbau und Erneuerung in einem Stadtteil

In einem Bestandsstadtteil werden nahezu ausschließlich Öl- und Nachtspeicherheizungen betrieben. Nach Abstimmung mit den Bürgern wird nun eine zentrale und perspektivisch regenerative Nahwärmeversorgung errichtet. In diesem Zuge sind Vorlauf- und Rücklaufleitungen neu zu verlegen und es besteht die Möglichkeit, Bestandsleitungen der Sparten Wasser und Strom zu erneuern. Die Betriebsmittel dieser Bestandsnetze befinden sich aufgrund unterschiedlicher Nutzungsdauer sowie verschiedener Baujahre in ungleichen Zuständen und stellen somit auch verschiedene Risiken für die Geschäftswerte der SWR dar. Auf Basis dieser Kenntnisse und der Verknüpfung von finanziellen Aspekten sind Maßnahmen effizienzbasierend für das Trinkwasser- und Stromnetz separat voneinander identifiziert und visualisiert worden (siehe Abb. 06).



**Abb. 06:** Maßnahmen des Strom- und Wassernetzes/Ausbau des Glasfasernetzes [Quelle: entellgenio GmbH]

Zusätzlich wird durch die Telekommunikationstochter der KomMITT-Ratingen GmbH im Stadtteil ein Glasfaserausbau umgesetzt. Durch die Weiterentwicklung des Asset-Management-Systems werden diese Maßnahmen allerdings nicht mehr getrennt voneinander geplant, sondern die verschiedenen Netze integriert betrachtet, sodass Synergien identifiziert und genutzt werden können (siehe Abb. 07). Die Vorteile auf die Geschäftswerte, die sich durch das Nutzen von Synergien ergeben, fließen anschließend wieder in die Asset- und Erneuerungsstrategien ein (siehe Abb. 07). Hierdurch entstehen integrierte Erneuerungsstrategien, die die Budgets unter Asset-Risiken- und Chancesichtspunkten bestmöglich einsetzen.



**Abb.07:** Ablauf zur Identifizierung von Synergiepotenzialen [Quelle: entellgenio GmbH]

### 1.7 Zusammenfassung und Ausblick

Eine leistungsfähige Netzinfrastruktur ist die tragende Säule für eine hohe Versorgungssicherheit. Um die mehrdimensionalen Ziele und Interessen optimal aufeinander abzustimmen, ist der Aufbau eines Asset-Management-Systems entsprechend der DIN ISO 55001 erfolgt und die Zertifizierung im Jahr 2022 erreicht worden.

Wird ein Asset-Management-System sukzessive etabliert, ergeben sich über die Zeitachse diverse Mehrwerte:

- Die wesentlichen Unternehmensziele und abgeleitete Geschäftswerte sind bekannt, kommuniziert und messbar.
- Das Asset-Management-System liefert die Werkzeuge für eine integrierte Betrachtung technischer, kaufmännischer und regulatorischer Belange immer mit Fokus auf die Ziele.
- Anforderungen an interne und externe Interessengruppen lassen sich auf Basis von Methoden, Prozessen und Systemen zielführend darstellen, weil diese nachvollziehbar sind.
- Zahlen, Daten, Fakten werden als ein eigenes Kern-Asset verstanden und nicht als notwendiges Übel. Das Datenmanagement erhält eine priorisierte Bedeutung.

Die Wirksamkeit des Asset-Management-Systems wird ständig hinterfragt. Dazu dienen geeignete Kennzahlen zur Leistungsbeurteilung des Systems, interne und externe Audits und ein jährliches Management-Review mit dem Geschäftsführer als Bestandteil eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Die Mitarbeiter und Stakeholder werden über die Ergebnisse und die zukünftige Ausrichtung informiert. Im Jahr 2025 steht das nächste Zertifizierungsaudit an, dazwischen finden jährliche Überprüfungsaudits durch den TÜV SÜD statt.

Rainer Schermuly ist technischer Leiter bei der Stadtwerke Ratingen GmbH und in dieser Funktion unter anderem für die Netzbewirtschaftung in den Sparten Strom, Gas, Wasser und Fernwärme verantwortlich. In diesem Kontext ist auch die Zertifizierung nach DIN ISO 55001 umgesetzt worden. Zudem verantwortet er als technischer Vorstand der Bürgerenergie Ratingen e. G. den Aufbau lokaler regenerativer Energieerzeugungsanlagen unter Berücksichtigung der Interessen Ratinger Genossen. Rainer Schermuly ist Dipl.-Ing. der elektrischen Energietechnik, Fachingenieur für Qualitätsmanagement sowie zertifizierter Regulierungsmanager.

Dr. Heiko Spitzer ist seit 2009 geschäftsführender Gesellschafter der entelligenio GmbH. Die Neuausrichtung von Unternehmensbereichen auf Basis neuer Technologien sowie die Begleitung der anschließenden Umsetzung gehören zu seinen Aufgaben. Er ist Experte bei der Unterstützung nationaler und internationaler Unternehmen bei der Ableitung optimierter Entscheidungen für langlebige Infrastrukturen (unter anderem Strom, Gas, Wasser, Abwasser, Infrastrukturkanäle). Hierbei geht es insbesondere um die Formulierung und Analyse von Szenarien auf Basis von fundierten Berechnungen und Optimierungen für Budget, Qualität und Risiko der Infrastrukturen unter den gegebenen Randbedingungen. Zuvor war er bei einem nationalen Energieversorgungsunternehmen, einer international agierenden Beratung sowie einem führenden Informations- und Kommunikationstechnik-Provider beschäftigt. Seine Dissertation fertigte Dr. Heiko Spitzer zum Thema »Entscheidungsorientierte Kostenrechnung in Elektrizitätsunternehmen« an.





# 7 AUF DEM WEG IN DIE ZUKUNFT

Das folgende Kapitel wagt einen Blick in die Zukunft des Planens und Bauens. Der Ausbau und die Instandhaltung der öffentlichen Infrastruktur zählen zu den großen Herausforderungen unserer Gesellschaft. Die Unternehmen im Tiefbausektor arbeiten tagtäglich in diesem hochsensiblen Bereich und häufig sind die Arbeiten mit großen Risiken verbunden. In diesem Kapitel werden lösungsorientierte Zukunftsstrategien und -konzepte vorgestellt, die Planungs- und Baubeteiligte entwickelt haben, um den Planungs- und Bauprozess sicherer und nachhaltiger zu gestalten. Diese können dazu beitragen, Schäden an den neuralgischen Versorgungsadern zu minimieren.

## 7.1 Neue Materialien und Verfahren

Nicht nur das Bauen hat sich weiterentwickelt, sondern auch die Baumaterialien und Methoden (bzw. Verfahren) wurden und werden an neue bzw. sich stetig ändernde Anforderungen angepasst. So herrschen heute beispielsweise andere Klimabedingungen als noch vor 50 Jahren, das Verkehrsaufkommen hat sich stark erhöht und der Bedarf an Medienleitungen steigt aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung kontinuierlich an. Hinzu kommt der stetige Fortschritt in Wissenschaft und Forschung. Es werden Möglichkeiten und Konzepte entwickelt, die das Planen, Bauen und Instandhalten stark verändern (werden). Über Möglichkeiten und Herausforderungen informieren die folgenden Beiträge.

### 7.1.1 Reprofilierungswerkstoff für Asphaltflächen – moderne Baustoffe im Erhaltungsmanagement



Arnd Laber

Die Belastungen von Verkehrsflächen und des Straßennetzes steigen stetig. Hauptursache ist der Anstieg der Fahrleistung im Personen- und Güterverkehr. Wurde im Personenverkehr in den vergangenen 30 Jahren ein Zuwachs von rund 32 Prozent verzeichnet, stieg der Güterverkehr im gleichen Zeitraum um rund 69 Prozent an<sup>1</sup>. Konventionelle Straßenbefestigungen können, je nach Beanspruchung und Ausführung, zwischen 12 und 25 Jahren genutzt werden; in diesem Zeitraum bedarf es jedoch einer permanenten, wirtschaftlichen Straßenunterhaltung, die grundhafte Ertüchtigungen vermeiden kann.

#### Unterhaltung von Verkehrsflächen

Die Straßenbaulast von Autobahnen und Bundesstraßen obliegt dem Bund, für den überwiegenden Teil der Straßen in Deutschland gehören Bau, Unterhaltung und Betrieb von Straßen und Wegen zu den Pflichten von Städten, Kommunen und Kreisen. Eine Mammutaufgabe angesichts der 830.000 Kilometer des deutschen Straßennetzes.<sup>2</sup> Unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit und der gestellten Anforderungen an ein modernes Straßennetz sowie einer gemeinverträglichen Instandhaltung wird für diese Aufgabe traditionell Asphalt verwendet. Ein Großteil aller Fahrbahndecken des deutschen Straßenverkehrsnetzes besteht aus Asphalt. Das Material ist in der Unterhaltung günstiger als Beton, lässt sich nahezu fugenlos und in kürzerer Zeit einbauen und befahren und ist im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes unter Beachtung einer sortenreinen Zuführung wiederverwertbar.

Auch wenn Asphalt auf Verkehrsflächen heute in puncto Dauerhaftigkeit ein hohes Maß an Verschleißfestigkeit, Verformungs-, Witterungs- und Ermüdungsbeständigkeit aufweist, setzt jedoch die Summe der Einflüsse (zum Beispiel mechanische Belastungen, Temperatur-, Frost- und Tausalzwechsel) dem Gemisch aus Bitumen und Gesteinskörnungen stark zu. Die Dauerhaftigkeit von Asphalt-, Trag-, Binder- und Deckschichten wird darüber hinaus auch durch die Steifigkeit und Materialermüdung des Bitumens beeinflusst.

1 <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#güterverkehr> [abgerufen am: 01.12.2022]

2 BMDV: Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs, Stand: 01.09.2021, Ausgabe Oktober 2021; [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/laengenstatistik-2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/laengenstatistik-2021.pdf?__blob=publicationFile) [abgerufen am: 14.12.2022]

### Ausführung von Schadstellenbeseitigungen

Schlaglöcher, Spurrillen, offene Nähte und Risse in den Asphaltdeckschichten beschäftigen die Autobahn- und Straßenmeistereien sowie kommunale Straßendienste tagtäglich. Deren Aufgabe ist es, die Schadstellen schnellstmöglich und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln zur Erhaltung der Verkehrssicherheit zu beseitigen. Zur Reparatur werden Kalt- oder Heiasphalte eingesetzt. Während Heiasphalten eine längere Haltbarkeit nachgesagt wird, ist der Einbau aufgrund der notwendigen konstant heißen Temperatur der Masse aufwendiger und meist nur mit externen Dienstleistern zu bewerkstelligen. Bei der Verarbeitung muss Heiasphalt eine Temperatur von mindestens 160 °C und Gussasphalt 200 °C aufweisen. Da das Mischgut auf dem Weg vom Asphaltwerk zur Baustelle nicht abkühlen darf, ist eine entsprechend aufwendige Transportkette mit Spezialfahrzeugen notwendig. Für kleinere Reparaturen, wie zum Beispiel Schlaglöcher oder Risse, lohnt sich dieser Aufwand nicht. Kaltasphalte hingegen können, luftdicht verpackt, von den Straßenmeistereien in Behältern gelagert, vorgehalten und bei Bedarf verarbeitet werden.



**Abb. 01:** Beispiel einer Brandschadensanierung an der A 14 [Quelle: Triflex]

### Synthetische Reparaturbaustoffe: Eine neue Generation für Sofortmaßnahmen?

Eine Alternative zu Heiß- und Kaltasphalten bei der Sanierung von Asphaltdeckschichten stellen Ersatzmassen mit synthetischen Bindemitteln, wie zum Beispiel Polymethylmethacrylat (PMMA)-Mörtel, dar. Mit geringem logistischen Aufwand durch passgenaue Materialverfügbarkeit, gleichbleibender Bindemittelqualitt, kurzen Verarbeitungs- und Sperrzeiten, dem Einsatz leichter Technik und einem geringen Personalaufwand bie-

ten diese Reparaturbaustoffe eine wirtschaftliche Lösung. Indem sich PMMA bereits bei Temperaturen ab 0 °C und einer Luftfeuchtigkeit bis 95 Prozent fachgerecht verarbeiten lässt, eröffnet der Werkstoff neue Möglichkeiten für Maßnahmen in Übergangszeiten. So können zum Beispiel Bauzeitenpläne leichter eingehalten werden. Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) nennt PMMA explizit als Werkstoff für die kalte Jahreszeit, wenn aufgrund der niedrigen Temperaturen andere Harze nicht verwendet werden können (vgl. im Hinweisblatt H PMMA »Hinweise für die Herstellung von Abdichtungssystemen aus einer Polymerbitumen-Schweißbahn auf einer Versiegelung, Grundierung oder Kratzspachtelung aus PMMA für Ingenieurbauten aus Beton«). Mit der Möglichkeit der ganzjährigen Verarbeitbarkeit von PMMA-Mörtel lassen sich viele Erhaltungsmaßnahmen auf einfache, wirtschaftliche und nachhaltige Weise durchführen. Dazu gehören unter anderem das Reprofilieren von Spurrillen, Ausbrüchen und Fehlstellen, der Ausgleich von Höhen, das Abdecken von Ermüdungs- und Reflexionsrissen sowie das Verfüllen von Bohrlöchern. Der Einsatz von Ersatzmassen mit synthetischem Bindemittel (PMMA-Mörtel) kann zudem gegenüber einer konventionellen Asphaltausführung signifikant günstiger sein und somit im Erhaltungsmanagement von Verkehrsflächen einen nachhaltigen Beitrag zur dauerhaften Instandhaltung leisten.

### **Ungenügende Straßenerhaltung beeinträchtigt die Verkehrssicherheit**

Nicht durchgeführte oder ungenügende Straßenerhaltung beeinträchtigt nicht nur die Verkehrssicherheit durch Schlaglöcher, offene Nähte, Risse und Absackungen, diese können in der Folge zudem zu schnellerem Verschleiß der Verkehrsflächen führen, sodass gegebenenfalls eine grundlegende Erneuerung frühzeitiger erforderlich wird. Oberstes Ziel der Straßenerhaltung sollte somit die rechtzeitige Einleitung und Durchführung der Erhaltungsmaßnahmen, auch bei widrigen Witterungsverhältnissen sein, um eine um das Vielfache teurere Grunderneuerung und Verkehrsbeeinträchtigungen durch langfristige Sperrungen zu vermeiden.

Die Maßnahmen der Baulichen Erhaltung von Verkehrsflächen in Asphaltbauweise sind aktuell in den ZTV BEA-StB 09/13<sup>3</sup> (»Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen – Asphaltbauweisen«) geregelt und beschrieben. Zwar heißt es dort, dass die Verwendung von heiß zu verarbeitendem Asphaltmischgut grundsätzlich anzustreben ist, in der Praxis ist dies jedoch, aufgrund niedrigerer Temperaturen gerade in den Wintermonaten und Kapazitätseinschränkungen seitens der Asphaltmischwerke, oftmals problematisch. Neben allgemeinen Hinweisen wird hierbei auf die Baustoffe und Baustoffgemische und die ein-

---

<sup>3</sup> FGSV (Hrsg.): ZTV BEA-StB 09/13, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen – Asphaltbauweisen, Technische Regelwerke FGSV-Nr.: 798, Ausgabe: 2009/Fassung 2013

zuhaltenden Grenzwerte und Toleranzen ebenso eingegangen wie auf die Prüfungen und deren Mängelansprüche und Abrechnungen. Grundsätzlich wird in der ZTV BEA-StB und der HRepA<sup>4</sup> für Maßnahmen der Instandhaltung von Verkehrsflächen in Asphaltbauweise ausschließlich auf Baustoffe mit Gesteinskörnungen und bitumenhaltigen Produkten Bezug genommen. Zwar finden neben den Straßenbaubitumen und polymermodifizierten Bitumen auch andere modifizierte Bitumen (Sonderbindemittel) Erwähnung. Alternative bitumen- und lösemittelfreie Bindemittel wie synthetische Bindemittel, zum Beispiel auf Basis von PMMA, sind in den Regelwerken und Wissensdokumenten jedoch aktuell noch nicht berücksichtigt.

### **Geprüfte Qualität soll Vertrauen schaffen**

Laut ZTV BEA-StB<sup>5</sup> gehören zur baulichen Erhaltung die Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung. Als Instandhaltung gelten bauliche Maßnahmen kleineren Umfangs zur Substanzerhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen, die mit geringem Aufwand in der Regel sofort nach dem Auftreten eines örtlich begrenzten Schadens von Hand oder maschinell ausgeführt werden. Um etwa das Verfüllen von Schlaglöchern oder einzelner Risse, Oberflächenbehandlungen einzelner Schadstellen oder auch den Verguss offener Fugen weitestgehend unabhängig von Witterungseinflüssen ausführen zu können, werden zumeist Reparaturasphalte, auch als Kaltmischgut (KMG) bezeichnet, verwendet. Für diese Anwendungsbereiche bieten jedoch auch die Ersatzmassen auf Kunstharzbasis wie PMMA eine wirtschaftliche Alternative. Prüfungen haben ergeben, dass PMMA-Systeme entscheidende Vorteile bieten (siehe nachfolgende Abb. 02).

---

4 H RepA, Hinweise für Reparaturasphalt zur Schadstellenbeseitigung, FGSV-Nr.: 732, Ausgabe: 2019

5 FGSV (Hrsg.): ZTV BEA-StB 09/13, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen – Asphaltbauweisen, Technische Regelwerke FGSV-Nr.: 798, Ausgabe: 2009/Fassung 2013

Technische Eigenschaften	PMMA-Mörtel	Kaltmischgut (KMG)
Widerstand gegen Verformung	✓	✗
Verformungswiderstand bei Wärme/Stempeleindringversuch	✓	✗
Verschleißwiderstand	✓	✗
Messwerte aus dynamischem Spaltzug-Schwellversuch	✓	✗
Nachweis zur Griffigkeit	✓	✗
Temperaturwechselbeständigkeit	✓	✗
Frost-/Tausalzwechsel	✓	✗
kapillare Wasseraufnahme	✓	Nachweis nach HRep zu erbringen
Nachweis erbracht ✓ kein bekannter Nachweis ✗		

**Abb. 02:** PMMA-System im Vergleich mit konventionellen Kaltasphalten

### Vorgehensweise zur Erprobung von PMMA-Mörteln auf Asphaltdeckschichten

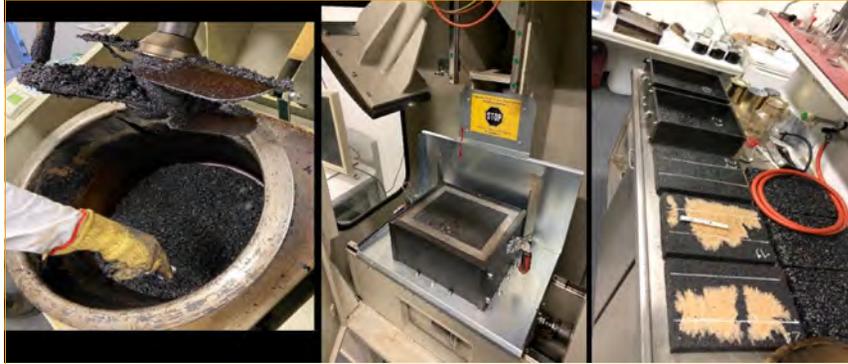
Begründet durch die Erkenntnisse über die Materialermüdung von Bitumen und damit im Zusammenhang mit Asphaltdeckschichten sowie positiven Erfahrungen mit Ersatzmassen auf PMMA-Basis wurde die Fachhochschule Erfurt von der Firma Triflex beauftragt, im Straßenbaulabor zwei Versuchsreihen an mit PMMA-Mörtel beschichteten Asphaltprobekörpern durchzuführen. Darüber hinaus sollten in Anwendung von PMMA-basierten Ersatzmassen Masterkurven ermittelt und eine Dimensionierungsrechnung nach den RDO Asphalt-StB<sup>6</sup> durchgeführt werden. Ziel der Versuche war es, erstmalig die signifikante Steigerung der Ermüdungsresistenz und den Einfluss auf das Dehnungsverhalten einer mit PMMA-Mörtel beschichteten Asphaltdeckschicht nachzuweisen.

In Vorbereitung auf die durchzuführenden dynamischen Spaltzug-Schwellversuche nach TP Asphalt-StB Teil 24<sup>7</sup> wurden zunächst Asphaltprobekörper aus Asphaltbeton AC 11 DS mit Bitumen 70/100 hergestellt. Um eine unter Verkehr abgenutzte Fahrbahnoberfläche zu simulieren, wurde die Oberfläche der abgekühlten Probekörper gesand-

<sup>6</sup> RDO Asphalt, Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht, FGSV-Nr.: 498

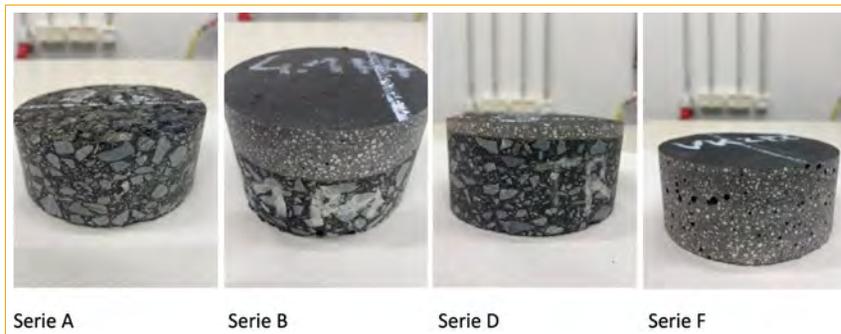
<sup>7</sup> TP Asphalt-StB, Technische Prüfvorschriften für Asphalt, FGSV-Nr.: 756

strahlt und anschließend einseitig oder beidseitig mit PMMA-Mörtel in unterschiedlichen Dicken beschichtet.



**Abb. 03:** Herstellung der Probeplatten; links: Mischgutherstellung, Mitte: Walzsektor-Verdichtungsgerät, rechts: Probeplatten [Quelle: Triflex]

Für die Bewertung der Produkte wurden die einseitig beschichteten Probekörper sowie der Referenzprüfkörper und der Vollkörper berücksichtigt.



**Abb. 04:** Probekörperserien [Quelle: Triflex]

Die Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten wurden an ausgewählten Asphaltprobekörpern mit dem Dynamischen Spaltzug-Schwellversuch nach den TP Asphalt-StB Teil 24 durchgeführt. Dabei wird ein kreiszylindrischer Probekörper mit einer sinusförmigen Druckschwellbelastung angeregt. Über die diametral gegenüberliegenden Lasteinleitungsschienen wird die Druckbelastung bei einer vorgegebenen Belastungsfrequenz (hier 10 Hz) in den Probekörper eingetragen. Durch die Belastung bildet sich ein zweiachsiger Spannungszustand aus. Im Bereich der Lasteinleitung führt die Belastung zu einer Druckbeanspruchung und in der Probekörpermitte durch Umlagerung zu einer

Zugbeanspruchung. Der Widerstand gegen Ermüdung über die indirekte Zugbeanspruchung wird somit im Bereich des Bindemittels (Kohäsionsversagen) oder in der Grenzfläche Bitumen-Gestein untersucht.

### **Ergebnisse der Ermüdungsversuche / Masterkurven**

In den Versuchen konnte gezeigt werden, dass PMMA-Mörtel einen größeren Widerstand gegen Rissbildung besitzt als Asphalt und somit eine höhere Nutzungsdauer bei vergleichbarer Verkehrsstärke aufweist. Die Ergebnisse aus der ersten Versuchsreihe konnten in einer zweiten Versuchsreihe durch deckungsgleiche Verläufe der Ermüdungskurven bestätigt werden. Durch die hohlraumfreie Gestalt des PMMA-Mörtels ist davon auszugehen, dass die überbaute Verkehrsflächenbefestigung durch den PMMA-Mörtel gegen den Zutritt von Wasser geschützt wird und daher die Lebensdauer zusätzlich verlängert wird. Erstmals liegen nun Masterkurven für eine Asphalt/PMMA-Mörtel-Kombination sowie PMMA-Mörtel-Vollkörper vor. Diese zeigen, dass PMMA-Mörtel ein besseres Steifigkeits-Temperaturverhalten als Asphalt und Beton besitzt (resistenter gegen Spurrinnenbildung bei Wärme und weniger Rissanfälligkeit bei Kälte) und somit deutliche mechanische Reserven im gesamten Temperaturbereich liefert. Durch die Kombination der Asphaltbauweise und PMMA-Mörtel verbessern sich die Eigenschaften des gebundenen Oberbaus.

### **Fazit**

Die Gesamtkonstruktion der Straßenbefestigung mit konventionellem Aufbau (Asphalt-, Trag-, Binder- und Deckschicht) ist in Deutschland das Maß der Dinge, um die Funktionalität von stark belasteten Straßen für Jahrzehnte zu gewährleisten. In Anlehnung an das Verfahren der Instandhaltung nach ZTV BEA-StB 09/13, zum Beispiel bei denen Ausbesserungen mit Asphaltmischgut durchgeführt werden, ist jedoch in Erwägung zu ziehen, PMMA-basierte Ersatzmassen als Alternative zum Asphaltmischgut aufzunehmen bzw. die technischen Regelwerke wie die technischen Lieferbedingungen zu ergänzen. Diesbezüglich wäre Teil 2 der ZTV-Asphalt der »richtige« Rahmen für eine Aufnahme der synthetischen Bindemittel. Wie die zuvor beschriebenen Untersuchungen zeigen, könnten PMMA-basierte Ersatzmassen zudem auch bei Verfahren der Instandsetzung nach ZTV BEA-StB 09/13 als Alternative zu konventionellen Dünnen Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise (DSK) für Schichtdicken von 5 bis 20 Millimeter eingesetzt werden. Dies könnte zu einer Optimierung der Standardbauweise führen und als langlebige Ergänzung im Erhaltungsmanagement einen positiven wirtschaftlichen und nachhaltigen Beitrag leisten.

Arnd Laber ist als Betriebswirt (VWA) seit 30 Jahren in leitenden Vertriebsfunktionen in der Bauchemie aktiv. Neben einer langjährigen Erfahrung im Bereich Betoninstandsetzung und Abdichtung befasst er sich seit 2016 intensiv mit der Idee, nachhaltige Ersatzmassen auf PMMA-Basis anforderungsgerecht zur Marktreife zu führen. Über die aktive Teilnahme an zahlreichen Seminarveranstaltungen und im Rahmen von Vorträgen kommuniziert er dieses Thema. Im engen Austausch mit Prüfinstituten und Straßenbaulaboren versucht er Grundlagen zu finden, auf deren Basis ein Anforderungskatalog für solche reaktionsharzgebundenen Ersatzmassen entwickelt werden könnte. Dabei stehen neben den produkttechnischen Möglichkeiten die Wirtschaftlichkeit und damit auch die Nachhaltigkeit solcher Lösungen im Mittelpunkt der Überlegungen.



## 7.1.2 Neue Wege beim Asphaltstraßenbau – Temperaturabsenkung für den Arbeitsschutz

Bei der Heißverarbeitung von Bitumen, dem Bindemittel im Baustoff Asphalt, entstehen Dämpfe und Aerosole. Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), ein Beratungsgremium des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales zu Fragen der Gefahrstoffverordnung, hat im November 2019 einen neuen Arbeitsplatzgrenzwert von  $1,5 \text{ mg/m}^3$  für Dampf und Aerosol aus Bitumen festgelegt, der zunächst bis zum 31.12.2024 ausgesetzt ist. Bis dahin hat die Bauwirtschaft Zeit, die Arbeitsplatzgrenzwerte einzuhalten. Ein Weg dieses Ziel zu erreichen, ist der Einsatz von temperaturabgesenktem Asphalt. Im Interview erklärt Stefan Ehlert, Teamleiter Erd- und Straßenbau der Autobahn GmbH, was die neuen Grenzwerte für den Asphaltstraßenbau bedeuten.

### INTERVIEW – STEFAN EHLERT



Dipl.-Ing. Stefan Ehlert ist seit dem 1. Januar 2021 für die Abteilung Bau im Geschäftsbereich Planung, Bau und Innovation der Zentrale der Autobahn GmbH des Bundes tätig. In seiner aktuellen Position als Teamleiter Erd- und Straßenbau ist er unter anderem für alle Grundsatzfragestellungen der Straßenbautechnik zuständig. Umfassende Berufserfahrung konnte er bei seiner 20-jährigen Tätigkeit im Fachgebiet der Straßenbautechnik in der Straßenbauverwaltung des Landes Nordrhein-Westfalen sammeln.

#### Herr Ehlert, welche Auswirkungen haben die neuen Grenzwerte für die Autobahn GmbH?

Die Autobahn GmbH ist nicht unmittelbar von den Arbeitsplatzgrenzwerten betroffen, da unser Personal nur für die Bauüberwachung zuständig ist. Primär liegt die Verantwortung für den Arbeitsschutz bei den Straßenbauunternehmen, deren Mitarbeiter mit den Asphalteinbaugeräten arbeiten. Gleichwohl beteiligen wir uns aktiv an einer Lösung der Fragestellung durch die Einrichtung verschiedener Erprobungsstrecken, die den Einsatz von temperaturabgesenktem Asphalt vorsehen. Deren Einrichtung wurde mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 9/2021 – »Durchführung von Erprobungsstrecken bei Baumaßnahmen an Bundesfernstraßen zum Einsatz

von temperaturabgesenktem Walzasphalt in Verbindung mit Absaugeinrichtungen am Straßenfertiger« des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) auf den Weg gebracht. In mehreren Niederlassungen der Autobahn GmbH wurden sie schon umgesetzt. Parallel wird das straßenbautechnische Potenzial und die prozesssichere Abwicklung der Bauverträge mit dieser Herstellungsvariante auf den Prüfstand gestellt.

#### Welche Verfahren gibt es zur Temperaturabsenkung?

Die Baustofftechnik zur Temperaturabsenkung beim Asphaltstraßenbau ist nicht neu. In der Vergangen-

heit wurden Zusätze im Asphalt primär dazu genutzt, den Walzasphalt durch Reduzierung der Viskosität des Bitumens bei gleichem Temperaturniveau besser verdichten zu können. Mit den veränderten Arbeitsplatzgrenzwerten gibt es jetzt eine neue Notwendigkeit der Anwendung. Ziel ist es, die Temperatur um mindestens 20 K abzusenken. Dabei kommen verschiedene Produkte zum Einsatz. Die Autobahn GmbH legt Wert darauf, dass die Baufirma in eigener Zuständigkeit die konkrete Wahl des temperaturabgesenkten Produkts vornimmt. Zusätzlich lässt sich mit maschinentechnischen Maßnahmen die Belastung weiter reduzieren: So kommen an den Straßenfertigern Absaugeinrichtungen und bei den Walzen belüftete und klimatisierte Fahrerkabinen zum Einsatz.



Abb. 01 Absaugeinrichtung an einem Straßenfertiger  
[Quelle: Autobahn GmbH]

### Wie kann der Arbeitsschutz beim Einbau von Gussasphalt verbessert werden?

Gussasphalt wird bereits seit 2008 aus Arbeitsschutzgründen temperaturreduziert eingebaut. Mit Hilfe einer Wachsmodifizierung konnte die Temperatur von 250 °C auf maximal 230 °C reduziert werden. Seitdem liegen die Expositionen zwischen 6 und 18 mg/m<sup>3</sup>. Da sich Gussasphalt aktuell baustofftechnisch nicht ohne Weiteres zusätzlich in der Temperatur reduzieren lässt, sollen maschinentechnische Lösungen für einen besseren Arbeitsschutz zum Einsatz kommen. Die Auslassöffnungen der Asphaltkocher, die sogenannten Zapfstellen, können inzwischen mit Fernbedienungen nachgerüstet werden und bringen hoffentlich eine deutliche Verbesserung der Bedingungen an diesem Arbeitsplatz.

### Welche Erfahrungen konnten bisher im Hinblick auf die Qualität und die langfristige Haltbarkeit des temperaturabgesenkten Asphalts gesammelt werden?

In den vergangenen 10 bis 20 Jahren wurden im bundesweiten Straßennetz vereinzelt Streckenabschnitte temperaturabgesenkt hergestellt. Eine abschließende Evaluation der Prozesssicherheit – etwa bezüglich der Verklebung der Asphalt-schichten – und der Haltbarkeit liegt aber bislang nicht vor. Klar ist, dass viele Aspekte der bisherigen Asphaltherstellung inklusive des Langzeitverhaltens, neu bewertet werden müssen. Zur Beantwortung dieser Fragestellung werden die Erprobungsstrecken eingerichtet, die für die Messungen durch die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft zur Verfügung stehen. Wir erhoffen uns von den Strecken in naher Zukunft eindeutige Erkenntnisse.

**Bedeutet eine geringere Temperatur beim Einbau auch weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß?**

In der Regel ja. Der positive Beitrag zu einer besseren CO<sub>2</sub>-Bilanz des Straßenbaus ist aber zunächst ein Nebeneffekt der Temperaturabsenkung aus Gründen des Arbeitsschutzes. Wie viel CO<sub>2</sub> eingespart werden kann, lässt sich aktuell noch nicht sagen. Hier müssen belastbare Auswertungen der herstellenden Branche abgewartet werden. Entscheidend für die Umweltbilanz ist zudem die Frage der Haltbarkeit von temperaturabgesenktem Asphalt.

**Wird Asphalt in Zukunft nur noch temperaturabgesenkt verarbeitet werden?**

Sofern keine Anpassungen an den Arbeitsplatzgrenzwerten mehr vorgenommen werden, die Aussetzungsfrist nicht weiter verlängert wird und keine anderen Lösungsmöglichkeiten im Rahmen des Arbeitsschutzes gefunden werden, ist das denkbar. Letztlich muss sichergestellt sein, dass der unverzichtbare Baustoff Asphalt auch mit den neuen Anforderungen beim Arbeitsschutz weiter verwendbar bleibt. Gemeinsam mit der Bauwirtschaft arbeitet die Autobahn GmbH daran, dieses Ziel zu erreichen.



Abb. 02: Herstellung eines temperaturabgesenkten Asphalts mit Absaugeinrichtung am Straßenfertiger  
[Quelle: Autobahn GmbH]

## 7.1.3 Radiographie im Bauwesen – Ein neues altes Verfahren für die zerstörungsfreie Bauwerksuntersuchung

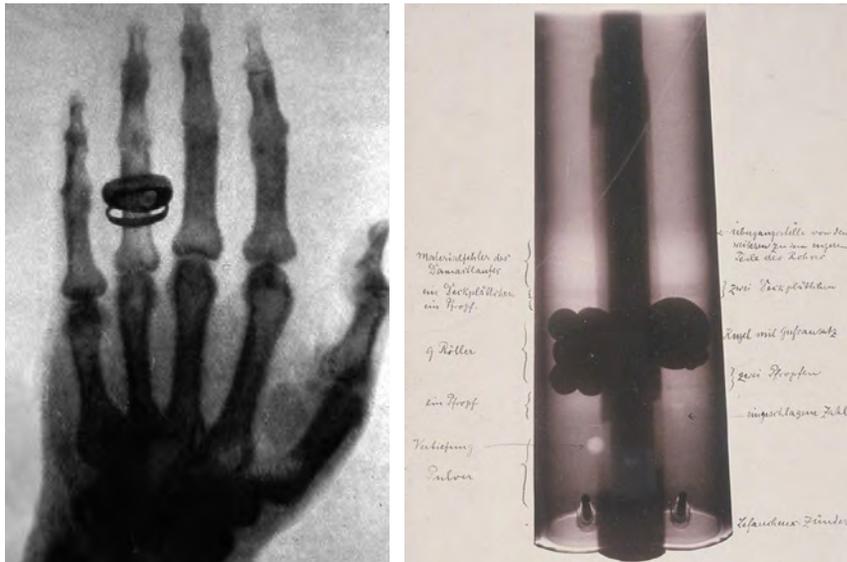
### 1 Einleitung

#### 1.1 Grundlagen der Radiographie

Die Radiographie ist eine der ältesten Methoden der zerstörungsfreien Materialprüfung unter Verwendung komplexer physikalischer Gerätschaften. Im Jahre 1897 veröffentlichte Wilhelm Conrad Röntgen die ersten beobachteten Phänomene über die bis dato unbekannte und von ihm »X-Strahlen« getaufte Art.<sup>8</sup> In seiner Erstveröffentlichung beschreibt er Untersuchungen, die bereits als erste Materialprüfung betrachtet werden können, wenn auch die Radiographie zunächst überwiegend in der Medizin zum Einsatz kam.



Dr.-Ing. Sebastian Schulze, Geschäftsführer der bauray GmbH



**Abb. 01:** Historische Durchstrahlungsbilder von Wilhelm Conrad Röntgen aus dem Jahr 1896; links: Albert Köllikers Hand, rechts: Röntgens Jagdgewehr [Quelle: gemeinfrei; entnommen bei: [https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm\\_Conrad\\_Röntgen](https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_Röntgen), abgerufen am 24.03.2023]

<sup>8</sup> Röntgen, W. C.: Über eine neue Art von Strahlen. Physikalisches Institut der Universität Würzburg, 1897. Ausstellung der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Ausstellungskatalog; »1895 – 2020, Wilhelm Conrad Röntgen«: [https://www.uni-wuerzburg.de/fileadmin/38010200/2021/UNI\\_WU\\_\\_\\_Ro\\_\\_ntgen-Ausstellungskatalog\\_RZ-komprimiert.pdf](https://www.uni-wuerzburg.de/fileadmin/38010200/2021/UNI_WU___Ro__ntgen-Ausstellungskatalog_RZ-komprimiert.pdf) [abgerufen am: 29.03.2023]

In der Material- und der Bauwerksprüfung nutzbare hochenergetische elektromagnetische Strahlung lässt sich auf zwei Wegen erzeugen. Werden in einer Vakuumröhre unter Hochspannung beschleunigte Elektronen abgebremst, spricht man gemeinhin von Röntgenstrahlung. Beim Zerfall natürlicher oder künstlich hergestellter radioaktiver Isotope wird sogenannte Gammastrahlung freigesetzt. Beide Strahlenarten unterscheiden sich nur in der Art der Erzeugung und dem jeweiligen Energiespektrum. Die Strahlenart – hochenergetische elektromagnetische Wellen – ist dieselbe. Bei radioaktiven Stoffen hängen Intensität und Energie vom Typ des Isotops ab; bei Röntgenröhren gilt, dass Energie und Intensität mit der in der Vakuumröhre zur Beschleunigung der Elektronen angelegten Spannung sowie dem Röhrenstrom zusammenhängen.

Röntgenröhren haben den Vorteil, dass die potenzielle Gefährdung der Umwelt durch Strahlenbelastung prinzipiell geringer ist, da nur bei eingeschalteter Röhre Röntgenstrahlung erzeugt wird. Eine ausgeschaltete Röhre birgt keine Gefahr. Isotope hingegen strahlen aufgrund des beständigen Zerfalls permanent und sind daher in Arbeitsbehältern aus Materialien mit hoher Dichte aufzubewahren. Die Vorteile bestehen hier in der autarken (stromlosen) und platzsparenden Einsetzbarkeit.

## 1.2 ZfPBau: Stand der Wissenschaft und Technik

In der zerstörungsfreien Materialprüfung (ZfP) nach DIN EN ISO 9712<sup>9</sup> ist die Radiographie, internationale Kurzform RT für Radiographic Testing, zusammen mit vielen anderen Prüfverfahren längst etabliert. Was diese Norm für die klassische Materialprüfung darstellt, soll für die zerstörungsfreien Prüfverfahren im Bauwesen (ZfPBau) die jüngst in Erstausgabe publizierte DIN 4871<sup>10</sup> werden. Das Ziel dieser Norm ist es, für die Verfahren Radar, Wirbelstrom, Ultraschall, Impakt-Echo und Potenzialfeldmessung eine praxisgerechte Personalqualifikation sicherzustellen.

Der große Unterschied in der Verbreitung und Akzeptanz der Methoden der zerstörungsfreien Materialprüfung und der Bauwerksprüfung ist in deren originären Anwendungsbe-reichen begründet. Während in der Materialprüfung in aller Regel die Qualität von Serienfertigungen überprüft und sichergestellt werden soll (zum Beispiel von Schweißnähten an öl-, gas- oder chemikalienführenden Rohren und an sicherheitsrelevanten Bauteilen von Bahn, Automobilindustrie und Luftfahrt), kommen die Verfahren der Bauwerksprüfung immer noch überwiegend bei Bestandsuntersuchungen zum Einsatz. Einzig die

9 DIN EN ISO 9712:2022-09: Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2021); Deutsche Fassung EN ISO 9712:2022

10 DIN 4871:2022-09: Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau)

Tunnelinnenschalenprüfung gemäß RI-ZFP-TU<sup>11</sup> ist als qualitätsnachweisende und damit sichernde Methode in einem speziellen Bereich des Bauwesens etabliert und beweist dort eindrucksvoll das Potenzial der ZfPBau.

Eine Qualitätssicherung am Neubau wäre jedoch an vielen Stellen sinnvoll und bei einer ganzheitlichen Lebenszyklusbetrachtung auch wirtschaftlich, wird aber, wenn überhaupt, nur sehr sporadisch durchgeführt. Mit der Weiterentwicklung des *Building Information Modeling* (BIM) kann sich dies zukünftig ändern, wenn es um die Dokumentation der tatsächlichen Ausführung geht, Stichwort »digitaler Zwilling«.

Zerstörungsfreie Prüfverfahren kommen im Bauwesen vorwiegend im Bestand bei unklarer Ausführung (verwendete Baustoffe, Bauteilaufbauten und -abmessungen), in Streitfällen oder im Denkmalschutzbereich zum Einsatz. Immer noch aber ist der allgemeine Kenntnisstand zur Leistungsfähigkeit der vorhandenen Verfahren bei den Baubeteiligten gering, sodass allzu häufig unnötige zerstörende Eingriffe zur Feststellung des Ist-Zustandes durchgeführt werden, die sowohl unwirtschaftlich als auch wenig nachhaltig sind.

Mit der DIN 4871 soll das Potenzial von ZfPBau-Verfahren künftig besser ausgeschöpft werden. In der Anwendung liegt für qualitätssichernde Zwecke noch erhebliches Potenzial, insbesondere zur Vermeidung von Spätschäden, welche die Dauerhaftigkeit oder Verkehrssicherheit herabsetzen. Beispielhaft seien hier oberflächlich nicht sichtbare Mängel wie unzureichende Betondeckung der Bewehrung oder Kiesnester und Lunker im Beton zu nennen, aber auch fehlende oder unzureichende Bewehrung.

### 1.3 Die kurze Geschichte der Radiographie im Bauwesen

Zur Radiographie im Bauwesen gibt es in (West-)Deutschland bislang nur wenig Praxiserfahrung und kaum Forschung und Veröffentlichungen.<sup>12, 13, 14</sup> Hingegen gab es in der DDR bereits in den 1960er-Jahren entsprechende Erfahrungen<sup>15</sup>, die jedoch nach der Wende kaum weiterentwickelt wurden.

11 Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.): ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. Teil 7: Tunnelbau, Abschnitt 1 »Geschlossene Bauweisen«, Anhang A »Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU)«. Berlin, 2022

12 Redmer, B.; Likhatchev, A.; Weise, F.; Ewert, U.: Location of Reinforcement in Structures by Different Methods of Gamma-Radiography. In: Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. – DGZfP (Hrsg.): Tagungsband zur Fachtagung Proc. of Int. Symp. Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE) 2003, 16.–19.09.2003 in Berlin; <https://www.ndt.net/article/ndtce03/papers/v020/v020.htm> [abgerufen am: 29.03.2023]

13 Maierhofer, C.; Röllig, M.; Hasenstab, A.; Schönitz, A.: Praktische Anwendung der aktiven Thermografie zur Untersuchung von Stahlbetonbauteilen. In: Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. – DGZfP (Hrsg.): Tagungsband zur Fachtagung Bauwerksdiagnose, 21.–22.02.2008 in Berlin, Poster 13; <https://www.ndt.net/article/bau-zfp2008/Inhalt/p13.pdf> [abgerufen am: 29.03.2023]

14 Kaschmierzeck, K.-D.; Kapphahn, G.; Liesaus, R.: Durchstrahlungsprüfung im Bauwesen – Erfahrungen aus der Praxis. In: Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. – DGZfP (Hrsg.): Tagungsband zur Fachtagung Bauwerksdiagnose 1999, 21.–22.01.1999 in München, Poster 11; [http://www.dgzfp.de/portals/24/pdfs/bbonline/bb\\_66-cd/bb66\\_p11.pdf](http://www.dgzfp.de/portals/24/pdfs/bbonline/bb_66-cd/bb66_p11.pdf) [abgerufen am: 29.03.2023]

15 Pohl, E.: Kerntechnik im Bauwesen. Berlin: VEB Verlag für Bauwesen, 1964

Konsens ist, dass die Radiographie aufgrund der direkten Bildgebung als Referenzverfahren für die Verifizierung von mit anderen ZfPBau-Verfahren (Radar, Ultraschall, Betondeckungsmessung) gewonnenen Volumendaten herangezogen werden kann.<sup>16</sup>

Einer der wenigen Ansätze in der jüngeren Vergangenheit, die praktische Radiographie im Bauwesen zu beschreiben, ist das Merkblatt B1 der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) »Merkblatt für die Durchstrahlungsprüfung von Stahlbeton und Spannbeton«<sup>17</sup>, dessen einzige Ausgabe auf das Jahr 1990 zurückdatiert und aufgrund fehlender Aktualität zurückgezogen wurde. Normen oder sonstige Regelwerke, die über die allgemeingültigen Regelungen zum Strahlenschutz hinaus die Anwendung im Bauwesen beschreiben, existieren (noch) nicht.

In der Erstausgabe der DIN 4871 ist die Radiographie noch nicht enthalten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dieses Verfahren in den vergangenen Jahrzehnten in Deutschland im Bauwesen kaum eingesetzt wurde, was sich in Zukunft aufgrund des erheblichen Potenzials ändern soll.

#### 1.4 Strahlenschutz im Bauwesen

Tatsächlich können Vorgaben des Strahlenschutzes die Umsetzbarkeit einer Durchstrahlungsprüfung erschweren und in Einzelfällen unmöglich machen, insbesondere im innerstädtischen Bereich. Dabei bieten sich gerade bei Neubauten auf noch nicht fertiggestellten Baustellen qualitätssichernde oder ausführungsnachweisende Untersuchungen mit Röntgenprüfung (kurz: RT, von engl. *Radiographic Testing*) an, wenn nach Ende der Baustellentätigkeit untersucht wird, das heißt abends oder am Wochenende. Der Bauablauf wird dann in keiner Form gestört. Und auch an Bestandsbauten abseits von Wohngebäuden kann der gesetzlich und normativ geforderte Strahlenschutz bei genügender Planung problemlos realisiert werden.

Einzuhalten sind in jedem Fall die allgemeingültigen rechtlichen Vorgaben des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) und der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV).<sup>18</sup> So ist zum Beispiel im ortsveränderlichen Einsatz einer Röntgeneinrichtung in der Grobstrukturanalyse/Materialprüfung in der Regel eine Kontrollbereichsgrenze einzuhalten, an der eine gewisse Dosisleistung (40  $\mu\text{Sv/h}$ ) nicht überschritten wird.<sup>19</sup>

<sup>16</sup> Schulze, S.: Untersuchung von Spannbetonkonstruktionen mit bildgebenden Ultraschallecho-Verfahren [Dissertation]. Technische Universität Berlin, 2017

<sup>17</sup> Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (Hrsg.): DGZfP-Merkblatt B1: Merkblatt für die Durchstrahlungsprüfung von Stahlbeton und Spannbeton. Berlin, 1990 (zurückgezogen)

<sup>18</sup> Gesetz (StrlSchG, 2017) und Verordnung (StrlSchV, 2021) zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung

<sup>19</sup> DIN 54113-1:2018-01: Zerstörungsfreie Prüfung – Strahlenschutzregeln für die technische Anwendung von Röntgeneinrichtungen bis 1 MV – Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen für Herstellung, Errichtung und Betrieb

Dieser Wert kann in der Regel durch den vorhandenen baulichen Strahlenschutz (umgebende Mauerwerks- und Stahlbetonbauteile) sowie ggf. ergänzend durch den Einsatz mobiler Strahlenschutzwände erreicht werden. Häufig kann der Kontrollbereich dann auf die Außenhülle des Gebäudes, in dem die Durchstrahlungsprüfung stattfindet, oder im besten Falle gar auf die umgebenden Räume begrenzt werden.

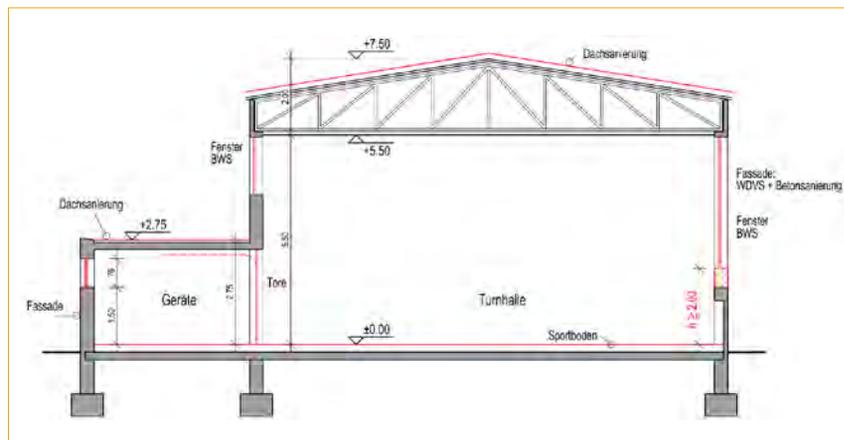
Bei Prüfungen an Bauwerken der Verkehrsinfrastruktur ist für Unbeteiligte eine sogenannte Passagedosis zulässig, die bei fließendem Verkehr mit kurzer Expositionszeit in der Regel eingehalten werden kann.

## 2 Beispiele aus der Praxis

Die folgenden, aktuellen Praxisbeispiele aus dem Bereich Hochbau sollen das Potenzial der Durchstrahlungsprüfung an Stahl- und Spannbeton belegen und Möglichkeiten der Übertragung in die Bereiche Tiefbau- und Infrastrukturprüfung und -bewertung aufzeigen.

### 2.1 Identität eines Binders

Für eine Schulsporthalle in Niedersachsen wurden Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen der Fassade geplant. Gemäß Bestandsunterlagen sollte es sich bei der Halle mit Außenmaßen von etwa  $25\text{ m} \times 12\text{ m} \times 6\text{ m}$  um eine in Rahmenbauweise erstellte Konstruktion mit Stahlbetonpfosten und Fachwerkbindern handeln (Abb. 02). Die Nachrechnung des Bauwerks erfolgte auf Grundlage dieser Annahmen.



**Abb. 02:** Hallenquerschnitt mit Bauteildarstellungen auf Grundlage der Bestandsunterlagen, Darstellung der geplanten Sanierungsmaßnahmen (rot) [Quelle: Arch. Peter Appel, Nordstemmen]

In Vorbereitung der Bauausführung wurde nach Öffnen der Abhangdecke festgestellt, dass anstelle von Fachwerkbindern Stahl- oder Spannbetonbinder verbaut worden waren (Abb. 03). Zu dieser Umplanung waren in den Bestandsunterlagen keinerlei Hinweise zu finden. Typ und Bewehrungsgehalt waren völlig unbekannt. Aufgrund der geringen Spannweite von zwölf Metern waren sowohl Ausführungen mit massiver schlaffer Bewehrung als auch in Spannbetonbauweise mit Spannstahl im Hüllrohr oder Einzellitzen in direktem Verbund denkbar.



**Abb. 03:** Tatsächliche Ausführung des Binders in Stahl- bzw. Spannbetonbauweise [Quelle: bau-ray GmbH]

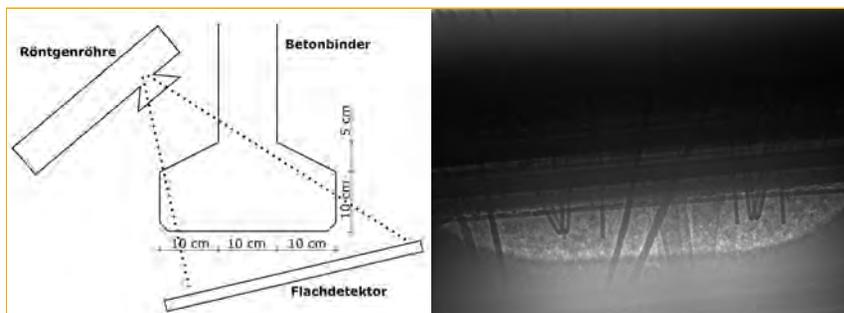
Aufgrund der Randbedingungen – ungünstiger Querschnitt, schlechte Zugänglichkeit, eingebaute Montageschienen – hätten übliche zerstörungsfreie oder minimalinvasive Prüfverfahren (Wirbelstrom, Radar, Ultraschall, Endoskopie) keine ausreichende Aussagegarantie geboten. Ein größerer zerstörender Eingriff in den Binder kam aufgrund des unbekanntes Lastabtrags nicht infrage. Für die zielführende Identifikation des Bauteilaufbaus verblieb somit nur die Radiographie.

Zum Einsatz kamen eine mobile 300-kV-Röntgenröhre und ein digitaler Flachdetektor (Abb. 04). Der Strahlenschutzbereich (Kontrollbereich) konnte durch geeignete Positionierung der Röhre auf die Außenhülle der Halle eingegrenzt werden. Detektor und Röhre wurden per Funk (WiFi) und Kabel von außerhalb des Kontrollbereichs gesteuert und ausgelesen.



**Abb. 04:** Anordnung von Röntgenröhre und Digitaldetektor für die Durchstrahlungsprüfung (exemplarisch) [Quelle: bauray GmbH]

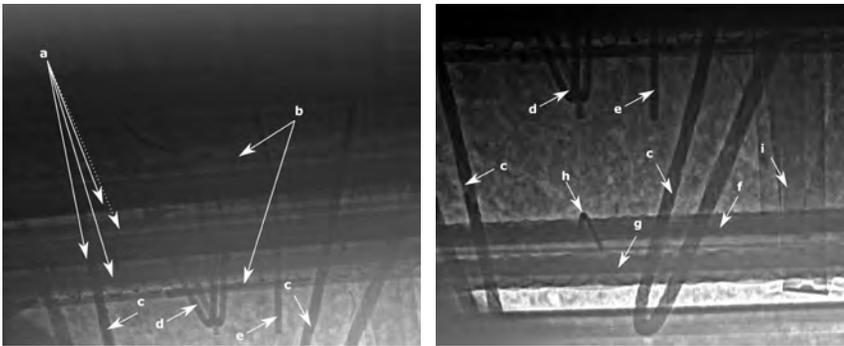
Zwecks besserer Interpretierbarkeit der folgenden Röntgenbilder zeigt die Skizze in Abb. 05 links eine der Anordnungen im Querschnitt. Die Länge des Strahlengangs durch den Beton, die wesentlich ist für die Belichtung des Flachdetektors, variiert aufgrund des Bauteilquerschnitts erheblich zwischen 10 Zentimetern im vorderen und etwa 25 Zentimetern im hinteren Bereich des Untergurts. Um Einbauten im Beton jeweils bestmöglich auszuleuchten und die Verzerrung der Röntgenbilder weitestmöglich gering zu halten, wurden Röntgenröhre und Flachdetektor für verschiedene Aufnahmen unterschiedlich angeordnet. Die Vergrößerung der auf dem Detektor abgebildeten Einbauteile lässt sich dann per Strahlensatz sehr genau berechnen (vgl. auch Praxisbeispiel in Abschnitt 2.2).



**Abb. 05:** Skizze zur Durchstrahlung (links) und zugehöriges digitales Röntgenbild (rechts) [Quelle: bauray GmbH]

Abb. 05 rechts zeigt das Röntgenbild zur skizzierten Anordnung. Schon in der kleinformatigen Darstellung sind Bügelschlösser sowie ein Hüllrohr mit Spannstahl erkennbar. Die Detailansichten in Abb. 06 (unterschiedlich kontrastiert) zeigen weitere identifizierbare Einbauten mit Maßangaben. Identifizierbar und vermessbar sind folgende Bildanzeigen:

- a Spann Stahl, Vollquerschnitt, 4 Stück, je  $\varnothing$  10 mm, auf Röntgenbild überlagert mit hinterer Montageschiene,
- b Hüllwellrohr, Stahl (da geringere Schwärzung im Positivbild, folglich höhere Dichte als umgebender Beton),  $d \approx 45$  mm,
- c horizontale Bügel im Untergurt (stark verzerrte Abbildung), Betonrippenstahl,  $\varnothing$  6 mm,  $a \approx 15$  cm,
- d vertikale Bügel im Steg,  $\varnothing$  4 bis 4,5 mm,  $a \approx 15$  cm, Glatstahl,
- e augenscheinlich Auflagereisen für Hüllrohr, konstruktiv, oder Bügel wie d,
- f, g vordere obere und untere Längsbewehrung im Untergurt,  $\varnothing$  10 mm, Betonrippenstahl, überlagert auf Röntgenbild mit Projektion der vorderen Montageschiene,
- h Bindedraht, ca.  $\varnothing$  2 mm,
- i Flacheisen für Abhängung der Unterdecke (außerhalb des Binders).



**Abb. 06:** Detailansichten Röntgenbilder inklusive Markierung identifizierbarer Bauteile [Quelle: bauray GmbH]

Wie am deutlich sichtbaren Bindedraht (ca. 2 Millimeter Durchmesser) erkennbar, ist die Radiographie für die Identifikation und Vermessung von Stahl in Beton hervorragend geeignet. Obwohl der Drahtquerschnitt nur etwa 1 bis 2 Prozent des Betonquerschnitts in Durchstrahlungsrichtung ausmacht, ist er deutlich zu sehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Schwächung der einen Stoff durchdringenden Strahlung exponentiell mit der Dichte des Stoffs zusammenhängt.<sup>20</sup> Der Draht erzeugt somit einen Kontrast von etwa 10 bis 20 Prozent zum umgebenden Beton und ist damit deutlich identifizier- und vermessbar.

Aufgrund des stark kontrastzeichnenden Dichteunterschieds gelingt auch die Unterscheidung zwischen profiliertem Stahl und Glatstahl (vgl. Abb. 05, rechts). Bei der

<sup>20</sup> Vogt, H.-G.; Vahlbruch, J.-W.: Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes. München: Carl Hanser, 2019

Bügelbewehrung  $\varnothing 6$  mm handelt es sich augenscheinlich um Tor-Rippenstahl<sup>21</sup> mit schräg verlaufenden Rippen. Auch das Hüllrohr ist deutlich erkennbar, wenn auch aufgrund der sehr geringen Wandstärke von weit unter 1 Millimeter (in der Regel etwa 0,2 bis 0,3 Millimeter bei Hüllrohren mit vorliegendem Durchmesser) nur dort, wo die Hüllrohrwandung tangential durchstrahlt wird.

Schließlich kann festgestellt werden, dass das Hüllrohr augenscheinlich voll verpresst ist, da beidseits der Hüllrohrwandung keine Intensitätssprünge erkennbar sind, die auf einen relevanten Dichteunterschied hinweisen würden. Die Differenz der Dichte von Beton und Verpressmörtel ist mit etwa 10 Prozent zu gering für eine Unterscheidung im Röntgenbild; Luft im Hüllrohr hingegen verursacht keinerlei relevante Schwächung der Strahlendosis und würde eine deutlich stärkere Belichtung als der umgebende Beton bewirken. Die Radiographie ermöglichte somit die vollständig zerstörungsfreie Rekonstruktion des Bauteilquerschnitts (Abb. 07) für eine zielführende statische Nachrechnung.

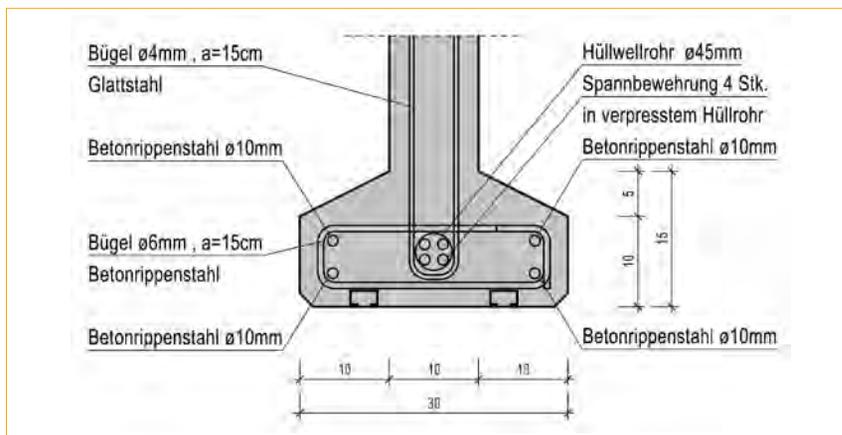


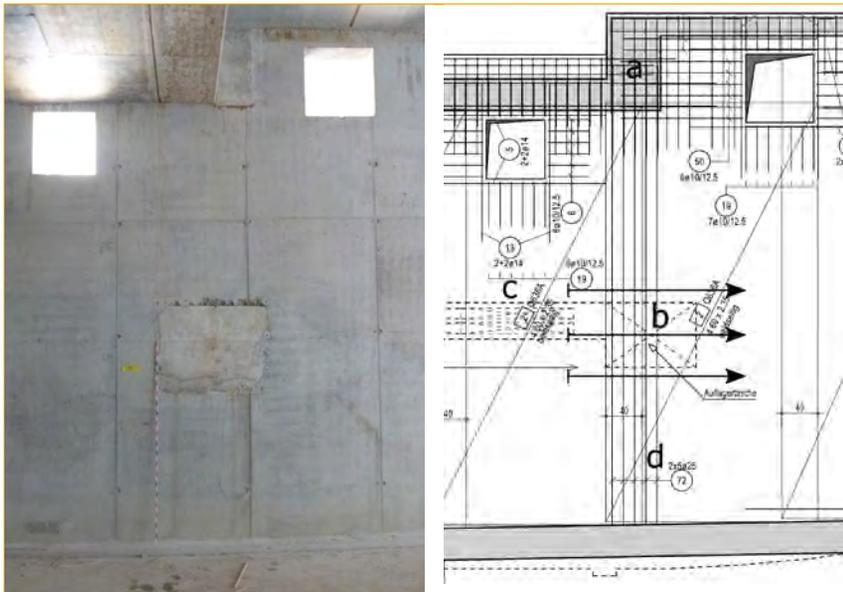
Abb. 07: Rekonstruierter Binderquerschnitt [Quelle: bauray GmbH]

## 2.2 Bewehrungsgehalt einer Stahlbetonwand

Am Neubau eines innerstädtischen Wohn- und Geschäftsensembles wurden diverse Mängel bei der Ausführung der Betonierarbeiten festgestellt und mit klassischen zerstörungsfreien und zerstörungsarmen Prüfverfahren (Betondeckungsmessung, Radar und Ultraschall, minimalinvasive Endoskopie sowie Bohrkernentnahmen) untersucht und bewertet.

21 Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e. V. – DBV (Hrsg.): Merkblätter Bauen im Bestand: Beton und Betonstahl. Berlin, 2016

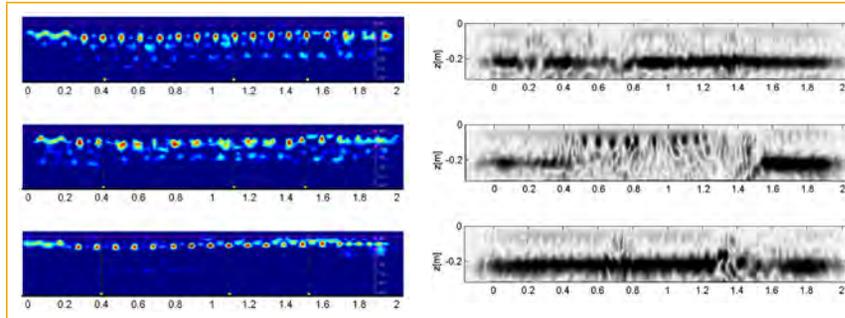
An einer Wand war zudem aufgrund der sichtbaren Schalungsflächen die Bewehrungsführung eines Unterzugs für die Ableitung von Druckkräften durch ein Balkenauflager unklar (Abb. 08). Augenscheinlich wurde zunächst die 22 Zentimeter dicke Wand betoniert und die Auflagertasche des Balkens ausgespart, danach wurde der Balken betoniert. Die fragliche Druckbewehrung, insgesamt zehn Stäbe  $\varnothing 25$  mm (Pos. 72), verläuft auf den Ausführungsplänen durch die Auflagertasche und hätte folglich in der Schalung aufwendig einzeln ausgespart werden müssen, was aufgrund der allgemeinen Ausführungsqualität des Bauvorhabens infrage gestellt wurde.



**Abb. 08:** Wandansicht und zugehöriger Bewehrungsplan: Darin sind (a) der Unterzug, (b) Auflagertasche, (c) Grundbewehrung aus Matten Q 636  $\varnothing 9-10$  mm und (d) Zulagebewehrung  $2 \times 5 \varnothing 25$  mm. Die Pfeile kennzeichnen die Lage der Ultraschall- und Radarmessspuren. [Quelle: bauray GmbH/rechts: AWD Ingenieure, Köln]

Auf der Suche nach der Druckbewehrung kamen zunächst Ultraschall und Radar als bildgebende Verfahren zum Einsatz. Die mit diesen Verfahren erhaltenen Bilder des Wandquerschnitts sind in Abb. 09 dargestellt. Die Verfahrenskombination bietet sich hier – wie auch bei den meisten anderen Aufgabenstellungen zur Rekonstruktion von Bauteilquerschnitten – an, da die Verfahren aufgrund ihrer unterschiedlichen physikalischen

Ansätze<sup>22, 23</sup> unterschiedliche Vor- und Nachteile bei der Untersuchung von Betonbauwerken aufweisen, wie im Folgenden aufgezeigt wird.



**Abb. 09:** Radarbilder (links) und Ultraschallbilder (rechts) als horizontale Wandquerschnitte entlang der Messspuren aus Abb. 08 [Quelle: bauray GmbH]

Die Radargramme in Abb. 09 (aufgenommen mit einer Mittenfrequenz von 1,6–2,0 GHz) zeigen deutlich die Bewehrung sowohl auf der Seite der Messung als auch auf der abgewandten Seite. Das regelmäßige Raster von 15 Zentimetern und die gleichmäßige Tiefenlage sind ein sicheres Indiz für eine Mattenbewehrung; auf den Durchmesser der Stäbe kann hingegen nicht rückgeschlossen werden. Die Ultraschallbilder zeigen deutlich die Wandrückseite, jedoch nur schwach die beiden oberflächennahen Bewehrungslagen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass nur Bewehrung mit geringem Durchmesser vorhanden ist. Eine Aussage über den tatsächlichen Durchmesser ist aber auch mit dem Ultraschallverfahren nicht möglich.

Zwar deuten die Bilder an, dass keine Zulagebewehrung im Wandquerschnitt vorhanden ist; ein sicherer Nachweis konnte mit diesen Verfahren aber noch nicht erbracht werden. Grundsätzlich denkbar wäre auch ein Übersehen der Zulagen bei doppelstabähnlicher Positionierung entlang eines Stabs der Mattenbewehrung. Besonders Radar ist für eine solche Abschattung anfällig. Dagegen hat Ultraschall nahe der Bauteiloberfläche seine Grenzen.

Eine direkt bildgebende Darstellung mittels Radiographie kann einen eindeutigen Nachweis erbringen, ähnlich einer Fotografie. Da es sich bei der Radiographie um eine bauteildurchdringende Untersuchung statt einer Echountersuchung handelt, bei der der

22 Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (Hrsg.): DGZfP-Merkblatt B10: Merkblatt über das Radarverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen. Berlin, 2008

23 Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (Hrsg.): DGZfP-Merkblatt B04: Ultraschallverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen. Berlin, 2008

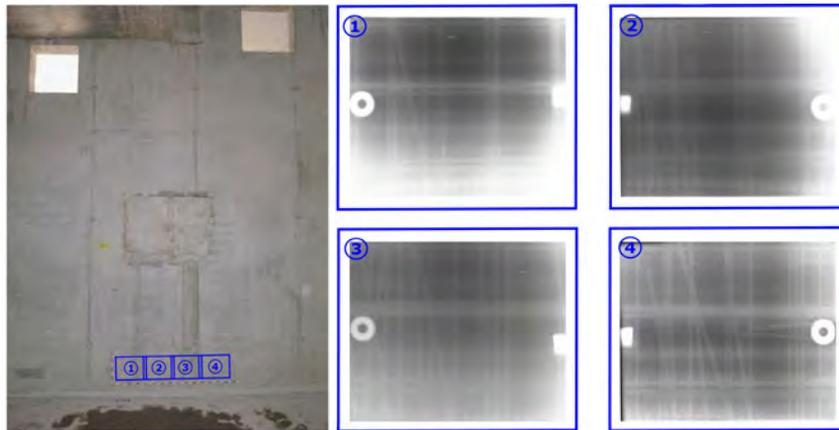
gesamte Bauteilquerschnitt auf dem Röntgenbild dargestellt wird, gilt prinzipiell: Was auf einem Röntgenbild zu sehen bzw. nicht zu sehen ist, befindet sich auch bzw. auch nicht im Bauteil.

Abb. 10 zeigt den Prüfaufbau beidseits der Wand. Röntgenröhre und Detektor haben einen Abstand von etwa 1 Meter, der Detektor liegt an der Rückseite der Wand an. Da es sich hier um einen geometrisch einfachen Prüfaufbau handelt, kann bei bekannter Tiefenlage der Durchmesser der Bewehrung ohne Weiteres sehr genau bestimmt werden.



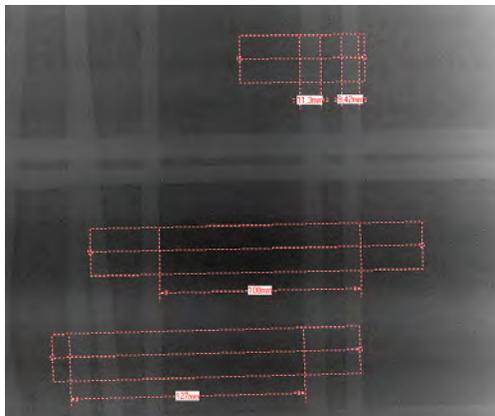
**Abb. 10:** Prüfaufbau mit Röntgenröhre (links) und Detektor (Speicherfolie, rechts) [Quelle: bauray GmbH]

Aufgenommen wurden vier geringfügig überschnittene Röntgenbilder am Wandsockel unterhalb der Auflagertasche des Balkens (Abb. 11). Es ist sofort erkennbar, dass ausschließlich Bewehrung von annähernd gleichem Durchmesser eingebaut ist. Identifizierbar ist die beidseitige Mattenbewehrung im rechteckigen Raster sowie die etwas abgebogene Anschlussbewehrung aus der Sohle. Zulagebewehrung mit größerem Durchmesser ist eindeutig nicht vorhanden.



**Abb. 11:** Radiographien der Stahlbetonwand [Quelle: bauray GmbH]

Abb. 12 zeigt einen Ausschnitt aus Röntgenbild Nr. 2 mit vermaßten Abbildungen von Stabdurchmessern und Stababständen. Strahlerseitige und detektorseitige Bewehrung können aufgrund der unterschiedlichen Vergrößerung eindeutig unterschieden werden. Per Strahlensatz kann auf die wahre Größe rückgerechnet werden (vgl. Skizze in Abschnitt 2.3). Der Stabdurchmesser der vertikalen Bewehrung kann somit zu 9 Millimeter bestimmt werden. Eine Nachmessung der tatsächlichen Betondeckung mit magnetischen Verfahren<sup>24</sup> kann die Genauigkeit bei Bedarf (im vorliegenden Beispiel nicht erforderlich) weiter erhöhen.



**Abb. 12:** Vermaßtes Röntgenbild, hier: Teilbild Nr. 2 aus Bild 11 [Quelle: bauray GmbH]

<sup>24</sup> Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (Hrsg.): DGZfP-Merkblatt B02: Zerstörungsfreie Betondeckungsmessung und Bewehrungsart an Stahl- und Spannbetonbauteilen. Berlin, 2021

Bei den Stababständen gilt dasselbe Vergrößerungsprinzip. Der horizontale Abstand beträgt folglich 10 Zentimeter, der vertikale Abstand 15 Zentimeter<sup>25</sup>. Somit konnte im vorliegenden Praxisbeispiel die Mattenbewehrung eindeutig als Q 636 identifiziert sowie das Fehlen der Druckzulagebewehrung nachgewiesen werden.

### 2.3 Korrosionsfortschritt an Stützenfüßen

Im Sinne einer Machbarkeitsstudie wurden erste Röntgenuntersuchungen an Stützenfüßen aus Stahlbeton durchgeführt, um an den hinsichtlich Depassivierung infolge von Chlorideindringen und Dekarbonatisierung besonders gefährdeten Eckeisen etwaige Querschnittverluste ohne Bauteilöffnung feststellen zu können (Abb. 13). Dies kann insbesondere bei hochbelasteten (gegebenenfalls rechnerisch überbelasteten), augenscheinlich schadhafte Stützen von Interesse sein, bei denen eine weitere Schwächung des Betonquerschnitts möglichst zu vermeiden ist. Nebenbei ist die sichere, exakte Bestimmung von Bewehrungsdurchmessern möglich (vgl. Abschnitt 2.2). Eine Durchstrahlung überdeck ist unabhängig von Länge und Breite der Stütze möglich und bietet sich daher auch für großformatige Bauteile an. Die folgenden Bilder zeigen erste Zwischenergebnisse der laufenden Machbarkeitsstudie zum Zeitpunkt der Beitragserstellung im März 2023.

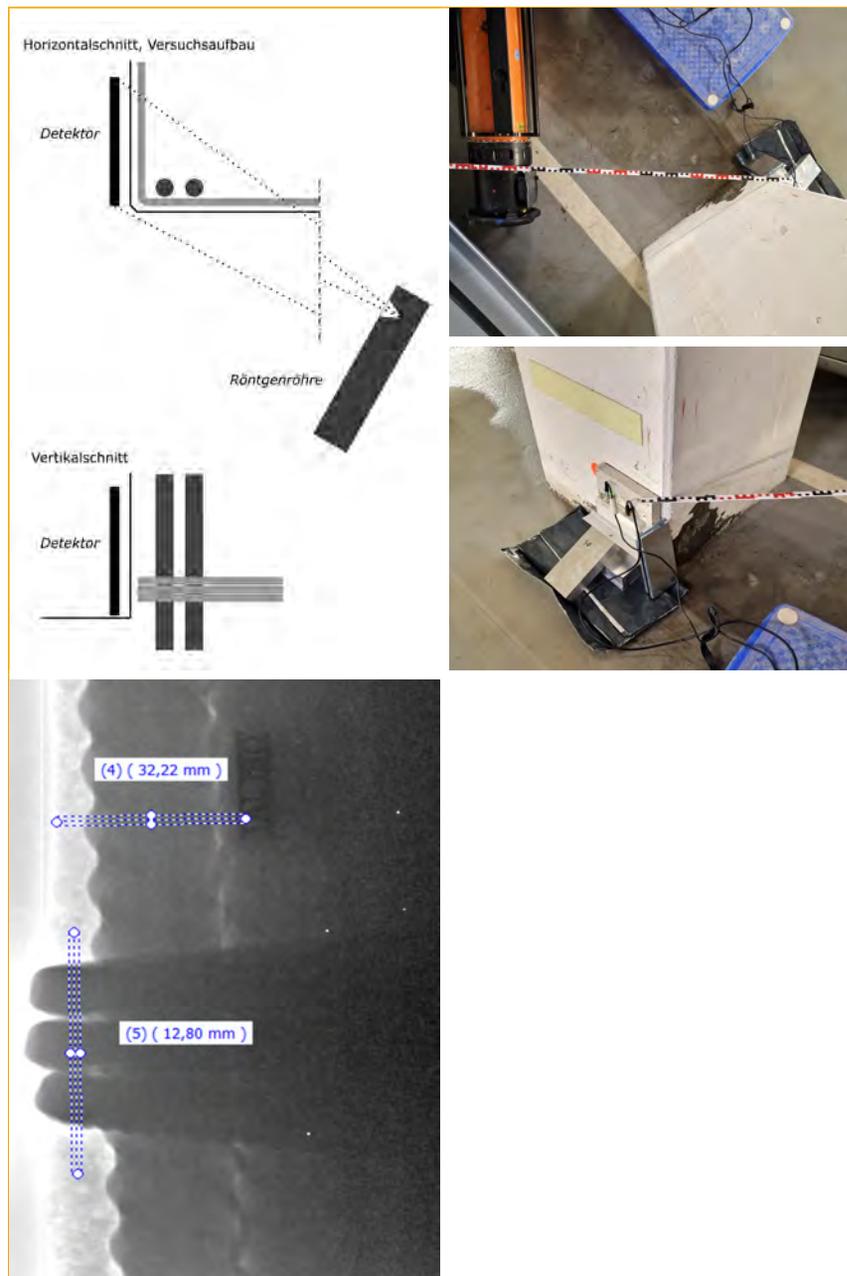
Abb. 13 zeigt den exemplarischen Versuchsaufbau einer solchen Prüfung sowie das Röntgenbild und eine Skizze der abgebildeten Eisen. Im Röntgenbild ist der Fußbereich der Stütze mit vertikalem Eckeisen (Nr. 4), augenscheinlich zusammengeschobenen Bügeln mutmaßlich Bügelschloss und zweiter Bügel, Nr. (5) sowie ein weiteres Vertikaleisen (außenliegende Rippung) erkennbar).

Das Röntgenbild zeigt deutlich das Eckeisen mit augenscheinlich vollständig intaktem Querschnitt über die gesamte abgebildete Höhe. Die Rippung des Vertikaleisens (per Rückrechnung der Bildvergrößerung (Strahlensatz) zu 28 Millimeter Durchmesser bestimmt) ist vollständig erhalten und weist auch im unteren Bereich keine Auffälligkeiten auf, die auf flächigen Korrosionsabtrag oder Lochfraß hindeuten würden. Die Projektion der inneren (rechten) Rippung auf dem Detektor ist geringfügig überlagert mit der äußeren (linken) Rippung des nebenstehenden Vertikaleisens (vgl. Skizze in Abb. 13). Hier sind ebenfalls keine Auffälligkeiten feststellbar. Eine Bauteilöffnung konnte diese zerstörungsfrei erlangten Erkenntnisse bestätigen.

Im Rahmen der Studie sind weitere Untersuchungen an Stützen mit tatsächlich vorhandenen Querschnittsverlusten vorgesehen.

---

<sup>25</sup> Angaben zu den Stababständen können (teilweise) auch den Radar- und Ultraschallmessungen entnommen werden.



**Abb. 13:** Versuchsaufbau für die Durchstrahlung von Stützecken für den Zustandsnachweis des Eckeisens; links: Skizze des Versuchsaufbaus sowie der in Abb. 14 abgebildeten Bewehrung der Ecke; rechts: Prüfaufbau vor Ort, unten: Röntgenbild der Stützecke mit vermaßter Bewehrung [Quelle: bauray GmbH]

### 3 Zusammenfassung/Ausblick

Die Radiographie hat das Potenzial, im Werkzeugkasten der ZfPBau-Methoden einen hohen Stellenwert im Hoch-, Tief- und Infrastrukturbau einzunehmen. Die direkte Bildgebung ermöglicht die Identifikation und exakte Vermaßung von Bewehrung, Spangliedern und Einbauteilen. Im Denkmalschutz, bei gerichtlichen und außergerichtlichen Beweisfragen mit Anspruch an eine hohe Aussagesicherheit und bei erheblich stand-sicherheitsrelevanten oder geschädigten Bauteilen kann die Radiographie alternativlos sein, auch weil sie zusätzlich berührungslos ist.

Um das Verfahren in der ZfPBau zu etablieren, wurde der Unterausschuss »Durchstrahlungsprüfung« der DGZfP reaktiviert. Zunächst soll das Merkblatt B1 neu aufgelegt werden. Eine Aufnahme des Verfahrens in zukünftige Auflagen der DIN 4871 ist bei zunehmender Praxisrelevanz des Verfahrens anzustreben.

Dr.-Ing. Sebastian Schulze ist Geschäftsführender Gesellschafter der bauray GmbH. Nach dem Studium des Bauingenieurwesens in Berlin an der Technischen Universität (TUB) war er als Promotionsstudent an Forschungsvorhaben zur zerstörungsfreien Bauwerksprüfung (ZfPBau) an der Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM) in Berlin beteiligt und promovierte 2017. Seit 2013 ist er Projektleiter für alle zerstörungsfreien und zerstrungsarmen Verfahren der Bauwerksdiagnostik bei Hupfer Ingenieure Bauwerksuntersuchungen GmbH in Hamburg. Sebastian Schulze ist Mitglied der Hamburgischen Ingenieurkammer Bau (HIKB) und Mitglied der Unterausschüsse »Ultraschall« sowie »Ausbildung Bau« des Fachausschusses Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) im Bauwesen der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) sowie Vorsitzender des Unterausschusses »Durchstrahlungsprüfung im Bauwesen« [auch im FA ZfPBau]<sup>26</sup> und Autor diverser Fachveröffentlichungen.

Der Originaltext wurde erstmals in folgendem Beitrag veröffentlicht: Radiographie im Bauwesen. Einsatzmöglichkeiten in der Praxis im Rahmen der ZfPBau, Dr.-Ing. Sebastian Schulze, Beton- und Stahlbetonbau, 117. Jahrgang, Dezember 2022, Ausgabe 12, Sonderdruck © Ernst & Sohn Verlag (2022). Der Originaltext wurde für den vorliegenden Beitrag gekürzt und um weitere Praxisbeispiele ergänzt.

26 <https://www.dgzfp.de/Fachaussch%C3%BCsse/ZfP-im-Bauwesen/UA-Durchstrahlpr%C3%BCfung> [abgerufen am: 29.03.2023]

## 7.2 Sicherheit in der Versorgung

Die stetigen technischen Weiterentwicklungen bieten auch für die öffentliche Infrastruktur verschiedene Vorteile. Die Offenheit gegenüber Innovationen und moderner Technik ist für Planer und Ausführende, aber auch für Betreiber von Versorgungsanlagen ein wichtiger Baustein für eine verlässliche und sichere Infrastruktur. So können diese Anlagen von der Planung bis zum Ende der Nutzungsdauer beispielsweise digital überwacht werden, etwa mithilfe von Drohnen. Mängel können somit frühzeitig erkannt werden, womit auch ein Beitrag zur Schadenvermeidung geleistet wird. Darüber hinaus können selbstfahrende Einschienenbahnen (Monocabs) den Öffentlichen Personennahverkehr in strukturschwachen Regionen ergänzen. Die folgenden Kapitel geben Einblicke, wie modernste Technik auch für eine sicherere Infrastruktur genutzt werden kann.



## 7.2.1 MONOCAB OWL: Die Demokratisierung der Mobilität im ländlichen Raum durch die Nutzung vorhandener Infrastrukturen mit leichten und innovativen Schienenfahrzeugen

FOTO: WE HOW SKY – PETER WEHOWSKY



**Thorsten Försterling**

Vergessener ländlicher Raum? Ungenutzte Bahnstrecken? Karger Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV), Auto unverzichtbar, verlockend mobiles Stadtleben? Ein Teufelskreis, der sich durchbrechen lässt: mit einer besseren Nutzung der vorhandenen Infrastruktur – autonom, effizient, nachhaltig und vor allem sicher. Das ist der Plan des Forschungsvorhabens MONOCAB OWL im Kreis Lippe, Nordrhein-Westfalen (NRW).

FOTO: WE HOW SKY – PETER WEHOWSKY



**Martin Griese**

Wie viele andere ländliche Regionen in Deutschland leidet auch der Kreis Lippe darunter, dass der ÖPNV nicht immer alle Bedürfnisse in Sachen individuelle Mobilität erfüllen kann. Gleichzeitig liegen im ländlichen Raum viele Bahnstrecken brach oder werden nur selten genutzt. Damit das Land nicht den Anschluss verliert, muss es aber mobil bleiben – für mehr Lebensqualität und mehr Wirtschaft. Es braucht eine nachhaltige Lösung, die zudem als Beitrag zur Demokratisierung der Mobilität individuell sowie »on demand«, also auf Zuruf, funktioniert und zur Erhaltung einer sicheren Mobilitätsinfrastruktur beiträgt: verkehrssicher, zuverlässig, barrierefrei.

Diese visionäre Lösung gibt es. Sie kommt aus Lippe und ist schon auf einem guten Weg: mit dem MONOCAB, einem innovativen autonomen Verkehrssystem auf vorhandenen, aber kaum genutzten Bahnstrecken, das die Vorteile von Individual- und öffentlichem Verkehr miteinander verbindet und gleichwertige Lebensverhältnisse von Stadt und Land schaffen soll – Mobilitätsgerechtigkeit sozusagen.

MONOCABs sind kompakte Kabinen, die auf demselben Gleis auf je einer Schiene aneinander vorbeifahren können. Von diesen autonomen, also selbstfahrenden Kabinen sind dann viele gleichzeitig in beiden Richtungen im ständigen Umlauf unterwegs. Sie sollen wie Taxis für die individuelle Fahrt ins Dorf oder in die Stadt bestellt werden können, per App, rund um die Uhr, 365 Tage im Jahr. Quasi als IPNV, dem individuellen Personennahverkehr, als Erweiterung zum ÖPNV und als sichere Ergänzung zum Auto. Denn die

Sicherheit spielt im automatisierten und autonomen Verkehr eine besondere Rolle. Das jeweilige System muss selbstständig in der Lage sein, Gefahrensituationen inner- und außerhalb der Fahrgastbereiche zu erkennen und bestmöglich zu verhindern.



**Abb. 01:** Entwurf der Kabine [TH OWL 2021 © © Design Team Monocab: Prof. Ulrich Nether, Prof. Hans Sachs, Carolina Meirelles, Maximilian Müh]

Die grundsätzliche technische Machbarkeit der MONOCABs steht nicht infrage, da ein erstes selbststabilisierendes Einschienenfahrzeug bereits 1906 von Louis Brennan realisiert und erfolgreich erprobt wurde<sup>27</sup>. Damals hat sich das Konzept aufgrund der begrenzten technischen Möglichkeiten und der Anforderungen an die Mobilität nicht durchgesetzt. Die Idee, das mehr als 100 Jahre alte Konzept eines kreiselstabilisierten Fahrzeugs neu aufzugreifen und weiterzuentwickeln, hat Dipl.-Ing. Thorsten Försterling mit dem Verein Landeseisenbahn Lippe e.V. bei der Bewerbung um den Deutschen Mobilitätspreis »Open Innovation« 2018<sup>28</sup> eingebracht und wurde ausgezeichnet. Aus der Idee ist inzwischen ein Forschungsvorhaben der Technischen Hochschule OWL, der Fachhochschule Bielefeld, des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB-INA) und des Vereins Landeseisenbahn Lippe e.V. geworden.

Das innovative Projekt bedient sich dabei der vorhandenen Infrastruktur: Auf dem bahnbetrieblich stillgelegten Streckenabschnitt zwischen Bösingfeld und Rinteln werden derzeit zwei Testfelder eingerichtet, auf denen bereits die ersten Demonstratoren gefahren sind. So wird eine gut 100 Jahre alte Infrastruktur, die eine hohe Wertschätzung unter den meisten Anwohnern genießt, für den sicheren autonomen IPNV (Individueller Personennahverkehr) durch kleine und leichte Schienenfahrzeuge ertüchtigt und für die Zukunft erhalten. Geplant ist, später auch andere stillgelegte Strecken für den Testbetrieb zu ertüchtigen. Anfragen dafür gibt es bereits, ebenso für andere Nutzungen wie

<sup>27</sup> <http://www.catskillarchive.com/> [abgerufen am: 21.11.2022]

<sup>28</sup> <https://land-der-ideen.de/wettbewerbe/deutscher-mobilitaetspreis/preistraeger/open-innovation-2018/countrycab> [abgerufen am: 22.11.2022]

etwa eine Campusbahn, Werksverkehre, Baustellenverkehr bei Gleisbauarbeiten oder Kleingütertransporte.

Die Reaktivierung von ländlichen Bahnstrecken wird vielerorts diskutiert. Das Vorhaben MONOCAB OWL dient dabei als Musterbeispiel für die Aufwertung und Neubelebung ländlicher Infrastruktur. Zugleich geht es darum, einen Beitrag für die Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung und der Europäischen Union (EU) zu leisten und die Gleichstellung der Lebensverhältnisse in Stadt und Land zu fördern. Zudem sollen NRW und die Region Nordlippe als Innovationsstandort und Wiederbeleber des Ländlichen gestärkt werden. Damit das Land nicht den Anschluss verliert, muss es mobil bleiben: für mehr Lebensqualität und mehr Wirtschaft – ganz im Sinne der regionalen Innovationsstrategie »Vernetzte Mobilität und Logistik« des Landes Nordrhein-Westfalen (2021 – 2027)<sup>29</sup>. Die Projektförderung für das MONOCAB erfolgt im Rahmen der Umsetzung des operationellen Programms des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in Nordrhein-Westfalen für den Zeitraum 2014 bis 2020 mit einer Kofinanzierung durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.



**Abb. 02:** Testfeldertüchtigung – Schleifen der Gleise durch die Alberts Fischer GmbH  
[Foto: Thorsten Försterling]

Die technische Besonderheit der MONOCABs gegenüber anderen Schienenfahrzeugen besteht in der selbsttätigen Vertikalstabilisierung auf einer konventionellen Schiene, ohne dass eine mechanische Abstützung erfolgt. Wie bei den ersten Einschienenfahr-

<sup>29</sup> Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Regionale Innovationsstrategie des Landes Nordrhein-Westfalen. [https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/21-0924\\_mwide\\_broschuere\\_regionale\\_innovationsstrategie\\_des\\_landes\\_nrw-web2.pdf](https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/21-0924_mwide_broschuere_regionale_innovationsstrategie_des_landes_nrw-web2.pdf) [abgerufen am: 18.11.2022]

zeugen vor mehr als 100 Jahren sind aktive Kreisel das Herzstück des Stabilisierungssystems. Kreisel können technisch als Sensoren, also zur Erfassung einer Drehbewegung, oder als Aktoren eingesetzt werden. Als Sensoren werden heute keine echten physikalischen Kreisel mehr eingesetzt, sondern mikromechanische Sensoren (IMU), die auch im MONOCAB die Fahrzeuglage und -bewegung erfassen.

Im MONOCAB dienen zwei je 250 Kilogramm schwere »echte« Kreisel, die mit 4800 Umdrehungen pro Minute rotieren, als Aktoren. Mit ihnen kann durch eine erzwungene Drehung um die Präzessionsachse ein Drehmoment um die Rollachse des Fahrzeugs erzeugt werden. Aufgrund der ermittelten Fahrzeuglage bewirkt eine digitale Regelung ein Ausbalancieren des MONOCABs, wobei Störungen aufgrund von Windböen, Gleislagefehlern oder Bewegungen der Passagiere ausgeglichen werden. Da das Kreiselsystem kein permanentes Ausgleichsdrehmoment erzeugen kann, verfügen die MONOCABs zur Kompensation stationärer Störungen, wie permanenter Seitenwind oder einseitige Beladung, über eine verschiebbare Masse. Dieser etwa 600 Kilogramm schwere Block kann mittels eines elektrischen Antriebs innerhalb des Unterbodens circa 70 Zentimeter quer zur Fahrtrichtung so verschoben werden, sodass der Schwerpunkt des Fahrzeugs immer über der Schienenmitte liegt. Für das Parken und für Notfälle verfügen die MONOCABs zusätzlich über eine ausfahrbare mechanische Abstützung.

Der Abstand der Schienenmitten beträgt auf deutschen Gleisen etwa 150 Zentimeter. Bei einem Sicherheitsabstand von 50 Zentimetern zwischen zwei entgegenkommenden Fahrzeugen für den Betrieb in beide Fahrtrichtungen dürfen die MONOCABs somit nur 50 Zentimeter zur Gleismitte ragen. Um die geplanten Nutzungsszenarien zu bedienen, wurden die MONOCABs asymmetrisch mit einer Gesamtbreite von 120 Zentimeter aufgebaut, wobei das Fahrzeug 50 Zentimeter zur Gleisinnenseite, aber 70 Zentimeter zur Gleisaußenseite ragt. Um einen möglichst niedrigen Schwerpunkt zu erreichen, befinden sich die schweren Fahrzeugkomponenten (Kreisel, Verschiebemasse, Batterie, Fahrwerk, Antriebe) zusammen mit den übrigen technischen Komponenten in einem rund 40 Zentimeter hohen Technikbauraum unterhalb der Passagierkabine. Da der Massenschwerpunkt des MONOCAB trotz des asymmetrischen Aufbaus über der Schiene liegen muss, wurden die schweren Komponenten so im Technikbauraum platziert, dass sich für das Gesamtfahrzeug ein statischer Ausgleich ergibt.



**Abb. 03:** Rendering [TH OWL 2021 © © Design Team Monocab: Prof. Ulrich Nether, Prof. Hans Sachs, Carolina Meirelles, Maximilian Müh]

Für ein sicheres autonomes Fahren der MONOCABs sind Sensoren zur Umfeld- und Objekterkennung erforderlich. Dies umfasst zum Beispiel die Erkennung eines vorausfahrenden MONOCABs, aber auch Menschen und Tiere, die sich im Gleisbereich befinden. Eine sichere Erkennung und Unterscheidung wird durch eine Fusion mehrerer Sensoren (mindestens Radarsensoren und Kameras) gewährleistet. Wird ein Hindernis erkannt, hält das MONOCAB an und informiert automatisch eine zentrale Leitwarte. Abhängig von der Situation werden dann weitere Schritte eingeleitet. Neben der Kommunikation zur Leitwarte kommunizieren die Fahrzeuge auch untereinander, um zum Beispiel ein effizientes Folgeverfahren mehrerer MONOCABs (Platooning) zu ermöglichen. Im Gegensatz zum selbstfahrenden Kraftfahrzeug entfallen nicht nur Lenkeingriffe, sondern auch weitere Umfellsensoren und damit verbundene kostenintensive Auswerteelektroniken.

Die Vision für gutes Leben auf dem Land ist mit MONOCAB OWL in greifbare Nähe gerückt. Der ländliche Raum braucht Innovationen, die wirklich alle vorhandenen Infrastrukturen sicher nutzen – und diese damit sicherstellen. Alte, vermeintlich unwirtschaftliche eingleisige Bahnstrecken können durch bedarfsgerechte und autonome Fahrzeugkonzepte die Mobilität auf dem Land verbessern: als Möglichkeitsräume für eine nachhaltige und demokratische Mobilität – und als Weg zu den Ideen von morgen. Wenn keine Züge mehr aufs Land fahren, fahren dort eben MONOCABs – so gut wie das eigene Auto: made in NRW, tested in OWL.

Dipl.-Ing. Thorsten Försterling ist Mitarbeiter von alberts.architekten BDA – Büro für Soziale Architektur, wo er als Innovationsmanager arbeitet. Er war Sanierungsmanager für das Klimaquartier Sennestadt und ist bei der Smart Railway gUG (haftungsbeschränkt) mit der Umsetzung des Vorhabens MONOCAB OWL betraut. Ehrenamtlich ist er bei der Landeseisenbahn Lippe e.V. aktiv. Er wurde vielfach ausgezeichnet, unter anderem mit dem Deutschen Mobilitätspreis 2018 – Open Innovation für seine MONOCAB-Idee, dem OWL-Kulturförderpreis, dem Kulturförderpreis der deutschen Wirtschaft oder dem KfW Award Leben.

Martin Griese studierte Elektrotechnik im Bachelor-Studium und schloss das Master-Studium Mechatronische Systeme an der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe (TH OWL) im Jahr 2013 ab. Seitdem ist Martin Griese an der TH OWL als wissenschaftlicher Mitarbeiter angestellt. Mit dem Ziel der Promotion fokussiert sich Martin Griese auf den Bereich der Systemtheorie, darunter insbesondere Modellierung, Regelungstechnik und Optimierung. Im Rahmen des Projekts MONOCAB OWL ist Martin Griese für die Stabilisierung und Modellierung verantwortlich und leitet die zugehörigen Arbeitsgruppen.

## 7.2.2 Mit schnellem Blick von oben: So helfen Drohnen, Schäden an Trassen zu beheben



Oliver Lichtenstein

Bauarbeiten in unmittelbarer Nähe von Stromtrassen, Gas- und Wasserleitungen sind ein häufiger Grund für Schäden an der Infrastruktur. Dies hat nicht immer allein mit unvorsichtigem Verhalten auf der Baustelle zu tun. Auch die Tatsache, dass es in Deutschland keine zentrale Stelle gibt, bei der sich zuverlässige Daten über die Lage von Versorgungsnetzen abrufen lassen, führt in der Folge immer wieder zu Problemen.

Die genaue Feststellung einer Schadenursache und die Behebung des Problems können aufwendig sein. Beim zuständigen Energieversorger trifft zunächst einmal eine Schadenmeldung ein. Wie das Problem an der zumeist kilometerlangen Trasse genau aussieht, weiß zu diesem Zeitpunkt noch niemand. Also macht sich ein Serviceteam mit dem Auto auf den Weg, mitunter sogar ein Helikopter.



Mitja Wittersheim

An dieser Stelle kann moderne Technik helfen, Schäden schneller zu identifizieren. So können zum Beispiel Drohnen bei der Ortung von Schäden durch Trasseneingriffe eingesetzt werden: Das »fliegende Auge« fliegt innerhalb von Minuten eine festgelegte Strecke ab und klärt Probleme

auf. Der wichtigste Vorteil: Energieversorger und Bauunternehmen sind mit dem Einsatz unbemannter Systeme viel schneller am Ort des Geschehens als beim Einsatz per Auto oder Hubschrauber. Ein weiterer Vorteil ist, dass so gut wie kein Personal benötigt wird. Einmal programmiert, fliegt die Drohne im Fall der Fälle weitgehend automatisiert, führt vor Ort ihre Aufgaben aus und kommt wieder zurück zum Einsatzort. Der seit 2021 geltende neue Rechtsrahmen macht es deutlich einfacher, die unbemannten Systeme auch außerhalb des Sichtkontakts zu fliegen. Ein begleitender Pilot, der die Drohne ständig im Auge hat, muss nicht mehr vor Ort sein.



**Abb. 01:** Bei Inspektion und Überwachung großer Flächen können Drohnen wertvolle Helfer sein. [Foto: René Grygiere]

Spezialisierte Dienstleister bieten rund um die neue Technologie komplette Leistungspakete (»Drone as a Service«) an, die es Auftraggebern ermöglichen, auch ohne eigenes Drohnen-Know-how unbemannte Systeme einzusetzen. Die Spezialisten übernehmen alle wichtigen Aufgaben: von der Einsatzplanung und der Abstimmung mit den Behörden über die Auswahl von Hard- und Software bis hin zur Durchführung der Flüge und der Auswertung der erhobenen Daten. Für Auftraggeber entfallen dann nicht nur die Kosten für die Anschaffung von Drohnen und die Schulung des Personals, sondern auch die zumeist bürokratischen Genehmigungsverfahren. Steht die Drohne lokal vor Ort bereit, können Einsätze binnen Minuten nach dem Eintreffen einer Schadenmeldung starten.



**Abb. 02:** Die neue Gesetzeslage ermöglicht es, Drohnen ohne direkten Sichtkontakt von ganz unterschiedlichen Orten aus zu steuern. [Foto: Ole Freier]

Neben den neuen gesetzlichen Möglichkeiten hat sich auch die Technologie erheblich weiterentwickelt: bei der Drohne selbst, aber auch bei der Sensorik, mit der sie ausgestattet wird. So können Drohnen-Modelle wie die »Beagle M«, die zur Inspektion von Stromtrassen im Einsatz ist, Strecken von bis zu 150 Kilometern abfliegen, ohne zwischendurch aufzuladen. Ausgestattet mit hochauflösenden Kameras liefern die Drohnen Bilder, die in der Qualität bis zu 48-mal besser sind als herkömmliche Satellitenfotos. Und besonders wichtig für die Prüfung von Schäden an Versorgungsleitungen: Flugsysteme, die mit Infrarot-Thermografie ausgestattet sind, können Baufeuchtemessungen durchführen. Gleiches gilt für den Einsatz mit elektro-akustischen Sensoren.

Die Westnetz GmbH hat als einer der ersten Energieversorger europaweit unbemannte Systeme für die Inspektion von Stromtrassen regelhaft im Einsatz. Die unbemannten Systeme prüfen eine 40 Kilometer lange Hochspannungstrasse in Gerolstein (Eifel). Im Mittelpunkt steht dabei die schnelle Behebung von Fehlern. Geht eine Fehlermeldung im System von Westnetz ein, fliegt die Drohne zum entsprechenden Abschnitt der Stromleitung und macht dort hochpräzise Aufnahmen. So können Fehler, wie etwa ein Fremdkörper in der Leitung, schnell identifiziert und behoben werden. Der Drohnenflug findet weitgehend automatisch entlang eines vorher festgelegten Ablaufs statt. Das unbemannte System fliegt in einer Geschwindigkeit von bis zu 150 Kilometern pro Stunde selbständig zum Einsatzort, macht dort die Bildaufnahmen und kommt wieder zurück. Die Steuerung und Überwachung wird durch das Hamburger Unternehmen Beagle Systems vorgenommen, das Drohnen für Langstreckeneinsätze entwickelt und fliegt. »Da wir keinen Drohnenpiloten an den Einsatzort schicken müssen, können die Flüge sehr schnell und flexibel vorgenommen werden«, so Oliver Lichtenstein, einer der Gründer von Beagle Systems. Drohneneinsätze im gewerblichen Bereich werden in Deutschland

derzeit fast ausschließlich noch von Piloten durchgeführt, die das unbemannte System vom Boden aus steuern. Für den Einsatz bei Westnetz wurden deshalb vorab entsprechende behördliche Genehmigungen eingeholt, um Inspektionsflüge über unbewohntem Gelände auch außerhalb des Sichtkontakts durchzuführen.



**Abb. 03:** Auf einem eigenen kleinen Hangar wird die Drohne in der Nähe des Einsatzorts geparkt und ist jederzeit schnell verfügbar. [Foto: Beagle Systems]

Neben dem »akuten« Einsatz lassen sich Flüge auch präventiv durchführen, beispielsweise um Sanierungsbedarfe frühzeitig zu erkennen. So werden Drohnen zu einem Hilfsmittel mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten, sowohl in der Bauwirtschaft als auch bei der Überwachung kritischer Infrastrukturanlagen.

Oliver Lichtenstein ist Geschäftsführer der Beagle Systems GmbH. Beagle Systems ist spezialisiert auf die Durchführung von Langstreckenflügen per Drohne, beispielsweise zur Überwachung von Infrastrukturanlagen wie Stromnetzen und Leitungen.

Mitja Wittersheim ist Wirtschaftsingenieur und Chief Operating Officer bei der Beagle Systems GmbH, die neben dem Eigenbau sämtlicher Drohnen für die oft sehr spezifischen Aufgaben auch deren Einsatz als Dienstleistung anbietet.

## 7.2.3 Schutz von Gastransportleitungen



Jörg Himmerich

Gastransportleitungen dienen dem Transport großer Mengen von Energie über große Distanzen. Um dies effizient durchführen zu können, weisen Gastransportleitungen eine entsprechend hohe Druckstufe auf. In der Regel handelt es sich hierbei um sogenannte Gashochdruckleitungen, die mit einem Auslegungsdruck von mehr als 16 bar betrieben werden. Diese umgangssprachlich auch als »Pipelines« bezeichneten Gastransportleitungen werden in der Regel außerhalb der Bebauung über freies Feld und Flur verlegt. Raumordnerische Aspekte machen es jedoch unumgänglich, dass solche Leitungen auch mit einer gewissen Nähe zu Bebauungen verlegt werden bzw. Infrastruktur in Form von Straßen, Bahnstrecken oder Gewässern queren müssen.

Für die Planung und Errichtung macht das DVGW-Arbeitsblatt G 463<sup>30</sup> entsprechende Vorgaben. Für betriebliche Aspekte können die Vorgaben dem DVGW-Arbeitsblatt G 466-1<sup>31</sup> entnommen werden. Beide Arbeitsblätter beziehen sich auf Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar.

Gastransportleitungen sind neben dem Innendruck weiteren Einwirkungen ausgesetzt. Aus den einschlägigen Schadenstatistiken der EGIG-Statistik<sup>32</sup> wissen wir, dass Gefährdungen durch Dritte, insbesondere durch Tiefbautätigkeiten, den größten Anteil am Schadengeschehen aufweisen (im Mittel circa 30 Prozent der Fälle). Das DVGW-Regelwerk geht auf diese Aspekte ein und macht entsprechende Vorgaben für die übliche Verlegung der Gastransportleitungen und die zu erwartenden Einwirkungen auf diese Leitung. Zum Schutz der Gastransportleitungen werden diese zum Beispiel gemäß G 463 (A) mit einer Rohrdeckung von mindestens 1,0 Metern verlegt. Eine auf freiem Feld verlegte Gashochdruckleitung ist damit in der Regel ausreichend vor den Einwirkungen Dritter auch durch Tiefbautätigkeiten geschützt. Die Festlegungen im Regelwerk stellen hier eine Abwägung zwischen den Gefährdungen, den Bau- und Betriebskosten sowie dem bisherigen Schadengeschehen dar. Auch bei Einhaltung der Vorgaben des Regelwerks und einer Rohrüberdeckung von 1,0 Metern ist es möglich, dass Gastransportleitungen durch Tiefbauarbeiten beschädigt werden. Eine solche Beschädigung ist

30 Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW G 463 (A): »Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Planung und Errichtung«, 10/2021

31 Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW G 466-1 (A): »Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Betrieb und Instandhaltung«, 12/2021

32 European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG): GAS PIPELINE INCIDENTS. 11th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2019). Dokument-Nr.: EGIG VA 20.0432 12/2020

jedoch selten. Die Leitungen werden in diesen Bereichen als sicher betrachtet und die Gefährdungen, die von den Leitungen ausgehen, werden gesellschaftlich akzeptiert.

In Kapitel 5.13 der G 463 (A) werden Gebiete, in denen Gastransportleitungen zusätzlichen Einwirkungen ausgesetzt sind, zum Beispiel in einem bebauten Gebiet oder in Bereichen von Kreuzungen mit Verkehrswegen, als Gebiete mit erhöhtem Schutzbedürfnis bezeichnet. Hierbei bezieht sich das erhöhte Schutzbedürfnis auf den Schutz der Leitung vor den äußeren Einwirkungen und nicht auf einen Schutz des Gebiets vor der Leitung. Das DVGW-Arbeitsblatt zeigt in Kapitel 5.13 zusätzliche Schutzmaßnahmen auf, die vorgesehen werden können. Im Weiteren heißt es in der G 463 (A):

*Die Maßnahmen sind in Abhängigkeit von der Art des Gebietes und des möglichen Gefährdungspotentials miteinander abzuwägen. Solche Maßnahmen können zum Beispiel sein (Reihenfolge ohne Wertung):*

- Überprüfung der Auslegung (Erhöhung des Sicherheitsbeiwertes),
- Überprüfung der Rohrdeckung und ggf. Erhöhung,
- Einbau von Trassenwarnband,
- Einbau von Geotextil,
- Erhöhung der Anforderungen an die Druckprüfung (nach DVGW-Arbeitsblatt G 469 (A)),
- Erhöhung der Anzahl der Markierungen (unter anderem Schilderpfähle) zur Kennzeichnung der Trasse,
- Erhöhung des Prüfumfanges (zum Beispiel Ausweitung der Zerstörungsfreien Prüfung (ZfP), Protokolle, Nachweise, Aufsichten),
- Erstellung eines qualifizierten Bodengutachtens,
- Einrichtung zusätzlicher Messstellen zur Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS),
- Einrichtung zusätzlicher Messstellen zur Überwachung von Zusatzbelastungen (zum Beispiel Dehnmessstreifen).

Wird Gas nicht für die öffentliche Gasversorgung transportiert, dann unterliegen diese Leitungen nicht zwingend dem Regelwerk des DVGW. Für diese Leitungen muss die Technische Regel für Rohrfernleitungen (TRFL<sup>33</sup>) angewendet werden. In Kapitel 5.2.5 der TRFL wird ähnlich zu Gebieten mit erhöhtem Schutzbedürfnis ausgeführt. Neben einer unterschiedlichen Benennung der einzelnen Maßnahmen ist auffällig, dass in der TRFL aufgeführt ist, dass die Maßnahmen im Einzelfall auf Grundlage einer *risikobasierten Sicherheitsbetrachtung* ermittelt werden. Hier gibt die TRFL ausdrücklich einen Hinweis auf die Anwendung probabilistischer Methoden.

---

33 Technische Regel für Rohrfernleitungsanlagen (TRFL) nach § 9 Absatz 5 der Rohrfernleitungsverordnung vom 03.05.2017

Die G 466-1 (A)<sup>34</sup> nennt folgende Maßnahmen für Gebiete, in denen mit zusätzlichen Einwirkungen auf die Leitung zu rechnen ist:

- Kennzeichnung durch Schilderpfähle,
- Trassenwarnband,
- verkürzte Inspektionszyklen.

Weder die G 463 (A) noch die G 466-1 (A) zeigen hier auf, in welcher Ausprägung die einzelnen Maßnahmen vorgesehen werden müssen, damit ein ausreichender Schutz der Rohrleitung vorhanden ist. »Viel hilft viel« gilt zwar für die aufgeführten Maßnahmen, aber es bleibt die Frage offen, welche quantitative Ausprägung eine einzelne Maßnahme oder, bei Kombination mehrerer Maßnahmen, diese unter gegenseitiger Berücksichtigung ihrer Schutzfunktionen haben müssen.

In der G 463 (A) heißt es, dass die Maßnahmen in Abhängigkeit der Art des Gebiets und des möglichen Gefährdungspotenzials gegeneinander abzuwägen sind. Die TRFL ist hier ein wenig deutlicher, wonach dies nach risikobasierten Sicherheitsbetrachtungen erfolgen kann. Verglichen mit einer Rohrleitung, die auf freiem Feld verlegt ist, kommt es durch die zusätzlichen Einwirkungen auf die Gashochdruckleitung in einem Gebiet mit erhöhtem Schutzbedürfnis zu einer größeren Wahrscheinlichkeit für eine Beschädigung durch Dritte. Somit müssen die Maßnahmen in Art und Umfang so gewählt werden, dass diese erhöhte Wahrscheinlichkeit kompensiert wird und die Rohrleitung in einem Gebiet mit erhöhtem Schutzbedürfnis einer gleichen oder geringeren Gefährdung durch die Einwirkung Dritter ausgesetzt ist. Hierbei bleiben die Auswirkungen eines Leitungskontakts unberücksichtigt. Damit ist es unerheblich, ob die betrachtete Leitung der G 462 (A), G 463 (A), G 466 (A) oder G 472 (A) unterliegt. Die Maßnahmen mindern die Wahrscheinlichkeit für den Kontakt durch Dritte und kompensieren somit die Erhöhung der Eintrittswahrscheinlichkeit der Einwirkungen Dritter. Im Zuge der im Folgenden beschriebenen probabilistischen Äquivalenzbetrachtung ist es möglich, diesen Abgleich zu führen und so die sicherheitstechnisch geeignetsten und wirtschaftlich sinnvollsten Maßnahmen auszuwählen. Die grundlegende Beschaffenheit und Auslegung einer Leitung sollen durch die probabilistische Betrachtung nicht verändert werden. Materialbemessung und Betriebsdaten werden weiterhin auf Grundlage von Normen und technischen Regeln mit deterministischem Ansatz ermittelt. Die Probabilistik ist jedoch dazu geeignet, Einwirkungen auf Leitungen zu bewerten, die deterministisch nicht oder nur sehr vage erfassbar sind. Hierbei erfolgt keine Zustandsbewertung der Leitung, das heißt, die Ausgangsannahme ist immer, dass die Leitung technisch integer ist und allen nötigen deterministischen Bewertungen genügt. Bei einer »Schutzmaßnahme« im Sinne der

---

<sup>34</sup> Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW G 466-1 (A): »Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Betrieb und Instandhaltung«, 12/2021

folgenden Ausführungen handelt es sich um eine Vorrichtung oder Tätigkeit, welche die Eintrittswahrscheinlichkeit der Einwirkungen Dritter verringert. Der technische Zustand der Leitung selbst bleibt davon unberührt.

Bei den Einwirkungen auf die Leitung kann nach unterschiedlichen Umgebungsbedingungen differenziert werden. Eine Untergliederung in die folgenden Umgebungsbedingungen und damit in eine unterschiedliche Häufigkeit der Einwirkungen kann wie folgt erfolgen:

- landwirtschaftlich genutzte Flächen,
- Gewässer,
- forstwirtschaftlich genutzte Flächen,
- bebaute Gebiete,
- industriell genutzte Flächen,
- Bahn- und Straßenkreuzungen.

Einige von den Schutzmaßnahmen, die im Regelwerk genannt sind, schützen die Leitung nicht vor den Einwirkungen, sondern nehmen Einfluss auf die Qualität der Leitung bzw. die Qualität der Planung. Hierzu gehören die folgenden Maßnahmen:

- Überprüfung der Auslegung (Erhöhung des Sicherheitsbeiwerts),
- Erhöhung der Anforderungen an die Druckprüfung,
- Erstellung eines qualifizierten Bodengutachtens,
- Errichtung zusätzlicher Messstellen zur Überwachung des KKS und zur Überwachung von Zusatzbelastungen.

Diese Maßnahmen sind nicht geeignet, um die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Beschädigung der Leitung durch Einwirkungen Dritter zu beeinflussen. Die Maßnahmen sind jedoch sehr gut geeignet, einen Leitungskontakt oder eine Leitungsbeanspruchung zu detektieren oder deren Auswirkungen zu reduzieren. Im Weiteren werden diese Maßnahmen, da sie die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Leitungskontakts nicht reduzieren, nicht weiter betrachtet. Für jede der vorgenannten Umgebungsbedingungen können anhand einer Fehlerbaumanalyse für unterschiedliche Einwirkungsgrade (gering, mittel, hoch) die zusätzlichen Einwirkungen probabilistisch ermittelt werden. Für eine landwirtschaftlich genutzte Fläche werden im Folgenden beispielhaft die Eingruppierungen beschrieben:

**Beispiel: Landwirtschaftlich genutzte Flächen**

- Gering: Es kommen selten Maschinen zum Einsatz, die tiefer als 1,0 Meter in den Boden hineinreichen.
- Mittel: Unregelmäßiges, gelegentliches Tiefpflügen oder Einsatz anderer Verfahren mit tiefem Erdeingriff ( $\geq 1,0$  Meter) im gesamten Bereich oder regelmäßiger Einsatz solcher Verfahren nur in Teilen des Bereichs.
- Hoch: Regelmäßiges/häufiges Tiefpflügen oder Einsatz anderer Verfahren mit tiefem Erdeingriff ( $\geq 1,0$  Meter) im gesamten Bereich.

Mit den Schutzmaßnahmen wird ähnlich verfahren. Auch hier werden entsprechende Abminderungsfaktoren ermittelt. Am Beispiel des Einflusses der Überdeckung wird dies im Folgenden aufgezeigt.

In den Niederlanden wurden basierend auf gesetzlichen Anforderungen Ansätze zur Ermittlung des Einflusses der Leitungsüberdeckung auf die Wahrscheinlichkeit der Leitungsgefährdung durch Dritte entwickelt. Nach Spoelstra und Laheij lässt sich der Faktor zur Bestimmung der Reduktion der Versagenswahrscheinlichkeit wie folgt berechnen<sup>35</sup>:

$$r_{Pf} = e^{-2,4(d-d_0)}$$

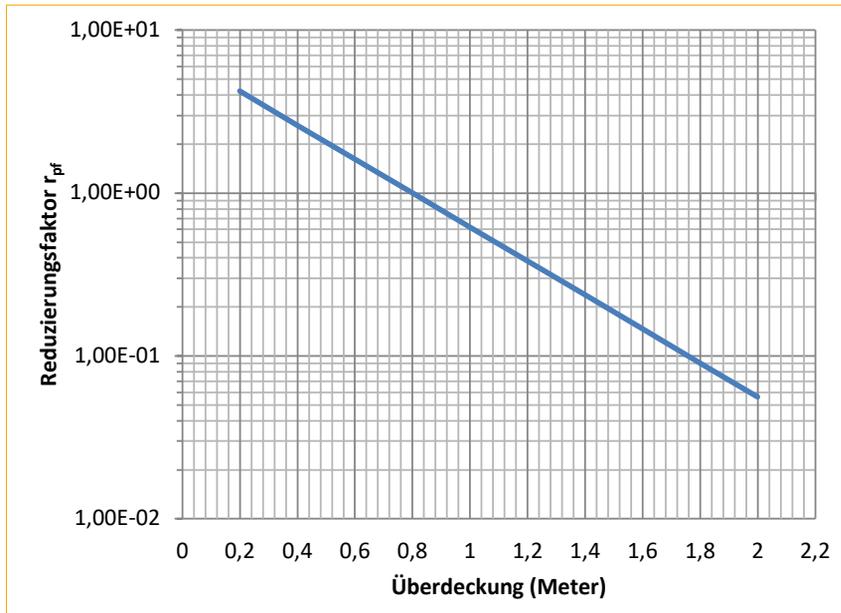
mit:

- $r_{Pf}$  Reduktionsfaktor für die Wahrscheinlichkeit infolge Gefährdung durch Dritte
- $d$  vorhandene Überdeckung (Meter)
- $d_0$  Regelüberdeckung (Meter)

Der Verlauf des Faktors für  $d_0 = 0,8$  Meter ist in Abb. 01 dargestellt. Dieser Verlauf deckt sich mit den Erkenntnissen nach Bood et. al, die auf der statistischen Auswertung von Betriebsdaten der Gasunie NL basieren.<sup>36</sup>

35 Spoelstra, M.B., Laheij, G.M.H.: Risks of underground pipelines transporting chemicals. In: Proceedings / 8th Pipeline Technology Conference 2013. Herausgegeben von Euro Institute for Information and Technology Transfer in Environmental Protection, Pipeline Technology Conference. Hannover, 2013

36 Bood, R.J.; Galli, M.R.; Marewski, U. et. al.: EPRG Methods for Assessing the Tolerance and Resistance of Pipelines to External Damage. Part 1 + 2. Reprint 3 R International, 10-11/1999, p. 739-744; 12/1999, p. 806-811



**Abb. 01:** Einfluss variierender Überdeckung [Quelle: Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH]

So können Anwendungstabellen entwickelt werden, mit denen man in der Lage ist, für die unterschiedlichen Umgebungsbedingungen die einzelnen Schutzmaßnahmen zu bewerten und anzugeben, ob diese sinnvoll und ausreichend für die entsprechenden Einwirkungen sind. Im Folgenden wird beispielhaft eine solche Anwendungstabelle für landwirtschaftlich genutzte Flächen angegeben.

Schutzmaßnahme	Einwirkung auf die Leitung		
	gering	mittel	hoch
Erhöhung der Anzahl der Schilderpfähle oder Verbesserung der Kennzeichnung	✓	–	–
Halbierung des Überwachungsintervalls	✓	–	–
Auspflocken der Trasse (temporär)	[✓]	[✓]	–
einseitiger Zaun auf dem Schutzstreifen (temporär)	[✓]	[✓]	–
Auspflocken der Trasse + beidseitiger Zaun auf dem Schutzstreifen (temporär)	[✓]	[✓]	[✓]

Schutzmaßnahme	Einwirkung auf die Leitung		
	gering	mittel	hoch
Warnband	[✓]	–	–
Geogitter + Warnband	[✓]	[✓]	[✓]
Kunststoffplatte + Warnband	[✓]	[✓]	[✓]
Beton-/Stahlplatte + Warnband	✓	✓	✓
Überdeckung $h_{\bar{v}} \geq 1,0$ m	✓	–	–
Überdeckung $h_{\bar{v}} \geq 1,2$ m	✓	✓	–
Überdeckung $h_{\bar{v}} \geq 1,4$ m	✓	✓	–
Überdeckung $h_{\bar{v}} \geq 1,6$ m	✓	✓	✓
Überdeckung $h_{\bar{v}} \geq 1,8$ m	✓	✓	✓
Überdeckung $h_{\bar{v}} \geq 1,0$ m + Halbierung des Überwachungsintervalls	✓	✓	–

**Abb. 02:** Schutzmaßnahmen und deren Einwirkung auf die Leitung [Quelle: Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH]

Anwendungshinweise:

1. Einwirkung auf die Leitung bestimmen (gering, mittel oder hoch)
2. Mögliche Schutzmaßnahmen ablesen:  
 Strich (–) bedeutet: Schutzmaßnahme nicht wirksam genug  
 Haken in der Zelle (✓) bedeutet: Schutzmaßnahme wirksam  
 Haken in Klammern ([✓]) bedeutet: Schutzmaßnahme unter Umständen wirksam  
 → Situation genau prüfen
3. Auswahl einer Schutzmaßnahme zur Durchführung

Bei der Bearbeitung solcher Tabellen kann sich der Leitungsbetreiber mit seinem jeweiligen Sicherheitsbedürfnis einbringen, sodass in der Bewertung entsprechend auf seine Anforderungen, auch aufgrund seiner Erfahrung mit den Umgebungsbedingungen, eingegangen werden kann.

### Zusammenfassung

Die Statistiken zeigen, dass circa 30 Prozent der Schäden an Gasleitungen durch die Einwirkung Dritter hervorgerufen werden.<sup>37</sup> Daher sind der Wunsch der Betreiber und die Vorgabe der Regelwerke, diese Einwirkungen zu betrachten, sinnvoll und nachvollziehbar. Da sich die Einwirkungen Dritter einer deterministischen Auslegung entziehen, muss ein probabilistischer Ansatz gewählt werden, der die Nutzung des Gebiets und die daraus resultierende Wahrscheinlichkeit für einen Eingriff durch Dritte betrachtet und in Bezug zu möglichen Sicherungsmaßnahmen setzt. Damit kann das gesellschaftlich geforderte und akzeptierte Sicherheitsniveau über das gesamte Netz gehalten werden. Tabellen, welche die Ergebnisse quantitativer Risikobetrachtungen zusammenfassen, können dabei als einfach anzuwendender Handlungsleitfaden dienen, um damit die tatsächliche technische Umsetzung bei den Leitungsbetreibern zu fördern.

Jörg Himmerich ist seit 1991 als Projektleiter bei der Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH tätig. Die Veenker-Ingenieure beschäftigen sich mit der Planung, Bewertung, Berechnung und der Erstellung von Integritätsnachweisen für Leitungen zum Energietransport. Neben Gasleitungen (Erdgas, Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid etc.) werden auch Flüssigkeitsleitungen (Mineralöl, Mineralölprodukte, chemische Produkte etc.) und erdverlegte Stromleitungen betrachtet. Die 25 Beschäftigten der Veenker-Ingenieure arbeiten an den Standorten Hannover und Leipzig für alle namhaften Betreiber solcher Energienetze in Deutschland und dem angrenzenden europäischen Umland. Jörg Himmerich ist als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Hochdruckleitungen tätig. Er engagiert sich in der Erarbeitung von technischen Regelwerken für den DVGW und ist im Vorstand des Verbandes für Güteschutz Horizontalbohrungen e. V. (Drilling Contractors Association, DCA) tätig.

<sup>37</sup> European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG): GAS PIPELINE INCIDENTS. 11th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970–2019). Dokument-Nr.: EGIG VA 20.0432 12/2020

## 7.3 Bauforschung aktuell

Die Forschung im Bereich Planen und Bauen schreitet voran. Innovationen bieten vielfältige Möglichkeiten – auch für die Weiterentwicklung, Nutzung und Sicherheit der öffentlichen Infrastruktur. So bieten etwa unterirdische Leitungskanäle viel Potenzial für sicheren und nachhaltigen Leitungsbau, Sensoren überwachen die Qualität im Tunnelbau und spezielle Verfahren machen automatisierte Qualitätskontrollen im Betonbau möglich. Ein Blick in die Zukunft des Bauens, die bereits begonnen hat.

### 7.3.1 Aktuelle Forschungsprojekte des Instituts für Bauforschung Hannover

Seit mehr als 75 Jahren ist das Institut für Bauforschung e.V. (IFB) in Hannover bekannt für seine renommierte und praxisnahe Bauforschung. Die Kernkompetenzen liegen dabei in der wissenschaftlichen Anwendungsforschung und deren Verbreitung, insbesondere in den Bereichen Vorplanung, Planung, Bauarten, Materialanwendung, Bauprozess sowie in der Begleitung zur Vermeidung von Bauschäden und deren Ursachen. Dabei werden städtebauliche, funktionale, ökologische, wohnungswirtschaftliche, bauwirtschaftliche, gesamtwirtschaftliche, technische und juristische Belange ebenso berücksichtigt wie die Belange der Nutzer. Dafür führt das IFB Untersuchungen und Studien mit umfangreichen Datenanalysen und Umfragen durch, sammelt wissenschaftliche Ergebnisse sowie praktische Erfahrungen in der Praxis und wertet diese aus. Die Erkenntnisse werden den mehr als 100 Mitgliedern und allen am Planungs- und Bauprozess Beteiligten unter anderem durch Berichte, Bücher, Studien und in Fachveranstaltungen zur Verfügung gestellt – kurz: seit Jahrzehnten angewandte Forschung und Forschung für die Praxis.

Auch im Jahr 2022/23 wurden und werden im IFB interessante Projekte umgesetzt. In diesem Kapitel wird eine kleine Auswahl davon vorgestellt.

#### **1. »Digitalisierung der Baubranche« und »Die digitale Transformation der Bauwirtschaft«. Veröffentlichungen im Auftrag der VHV Allgemeine Versicherung AG**

Die Digitalisierung birgt Potenzial – auch für die Baubranche. Die Digitalisierungsmaßnahmen fordern jedoch grundlegende Veränderungen innerhalb der Branche sowie Innovationen, neue Strategien und Weichenstellungen innerhalb der Unternehmen. Besonders in einer handwerklich geprägten Branche sind dies große Herausforderungen: Die über Jahrzehnte gewachsenen betrieblichen Abläufe, Strukturen und (Kommunikations-)Prozesse müssen hinterfragt und Schnittstellen der gesamten Wertschöpfungskette gegebenenfalls angepasst bzw. neu strukturiert werden. Die entsprechenden

Prozesse in der Bauwirtschaft kamen bislang eher langsam voran und die Bauwirtschaft liegt im Branchenvergleich (noch) zurück. In den letzten Jahren ist jedoch eine Dynamik festzustellen, die deutliche Veränderungen sichtbar werden lässt. Vor diesem Hintergrund sind die Veröffentlichungen »Digitalisierung der Baubranche« und »Die digitale Transformation der Bauwirtschaft« im Auftrag der VHV Allgemeine Versicherung AG entstanden und werden mit weitergehenden Themen ergänzt und vertieft.

Die Berichte machen deutlich, wie stark Unternehmen der Bauwirtschaft bereits von der Digitalisierung beeinflusst oder geprägt sind, wo Chancen und Herausforderungen gesehen und wie sie in der Praxis bereits umgesetzt werden. Für die Erstellung der Berichte werden wissenschaftliche Untersuchungen, Bücher, Studien, Berichte, Präsentationen und Beiträge in Fachzeitschriften und Hinweise in sozialen Medien ausgewertet und um die Expertise von Digitalisierungsexperten des Baugewerbes und der Bauindustrie ergänzt.

Die Berichte sind im Institut für Bauforschung e.V. (IFB) erhältlich und als Download auf der Website des Instituts unter <https://bauforschung.de/downloads-oeffentlich/> verfügbar.

## **2. »Entwicklung der Bauschäden und Bauschadenskosten – Update 2022«. Studie als Gemeinschaftsprojekt von IFB, Bauherren-Schutzbund e.V. und AIA AG**

Zum dritten Mal nach den Jahren 2015 und 2018 hat das Institut für Bauforschung e.V. die »Analyse der Entwicklung der Bauschäden und der Bauschadenskosten« im Auftrag des Bauherren-Schutzbund e.V. erarbeitet. Für den Bericht haben die IFB-Wissenschaftler mehr als 8.000 Versicherungsfälle der AIA AG ausgewertet und für den Zeitraum 2002 bis 2022 die Anzahl und Kosten von Bauschäden, Schadenstellen und Schadenursachen beim Neubau von Wohngebäuden ermittelt.

Nahezu zwei Drittel der Schadenstellen verteilen sich auf die »klassischen« Bereiche. Hierzu zählen vor allem Bauteile der Konstruktion, zum Beispiel das Dach, die Geschossdecken sowie Wände und Fußböden. Bei den Schadenbildern gab es ebenso wenig Überraschendes: 80 Prozent der untersuchten Fälle weisen auf einige wenige typische Schadenbilder hin, dies sind vor allem Feuchteschäden, nicht vorschriftsmäßig erbrachte Leistungen oder Rissbildungen. Eine Entwicklung ist dabei besonders auffällig: Anfällig sind vor allem komplexe Bauteile. Die Schadenstellen und die Schadenbilder zeigen, dass immer häufiger mehrere Bauteile betroffen sind, dass mehrere Mängel gleichzeitig gemeldet werden oder dass eine Zuordnung zum Zeitpunkt der Meldung noch nicht möglich ist. Die Ergebnisse verdeutlichen, wie komplex das Bauen geworden ist und wie sensibel die Gebäude auf Baufehler reagieren. Anspruchsvolle Bautätigkeiten wie die Gebäudedämmung mit allen Anschlüssen an Fenster und Türen stellen höchste Ansprüche an eine genaue Planung, Ausführung und Kontrolle der Bautätigkeit.

Diese Entwicklungen werden durch die Schadenursachen bestätigt. Die Bauschadenanalyse ergab, dass nahezu 85 Prozent der untersuchten Schäden auf eine unzureichende Planung, Bauleitung und Bauüberwachung zurückzuführen sind. Eine unabhängige Qualitätskontrolle, wie sie beispielsweise bei geförderten Bauvorhaben mittlerweile gefordert und üblich ist, hat bei zunehmender Komplexität des Bauens eine immer größere Relevanz.

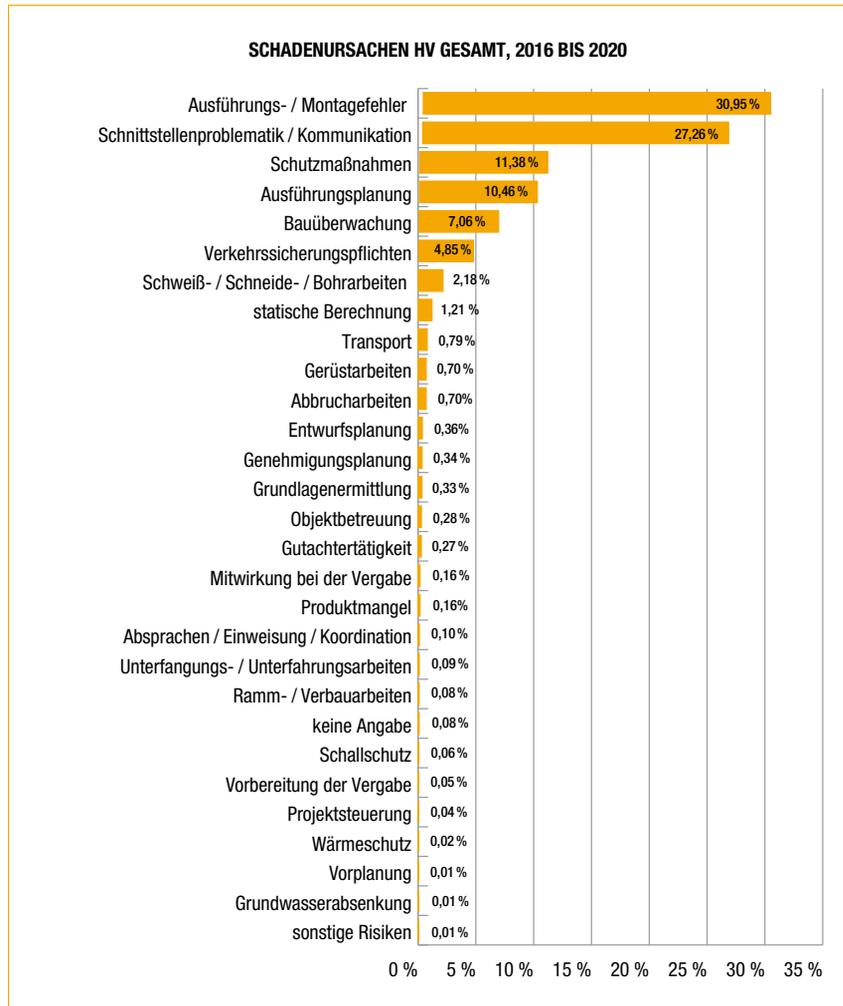
Die Studie ist abrufbar unter <https://www.bsb-ev.de/politik-presse/analysen-studien/> und als Download auf der Website des Instituts unter <https://bauforschung.de/downloads-oeffentlich/> verfügbar.

### **3. »Qualität und Kommunikation«. VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22 im Auftrag der VHV Allgemeine Versicherung AG**

Der im Frühjahr 2022 erschienene VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22 ist der dritte Band der Bauschadenberichtreihe. Zugleich ist er die Fortsetzung des ersten Bandes, der 2020 zum Thema Hochbau erschienen ist. Erneut gibt der Bericht einen aktuellen und umfassenden Überblick zur Thematik von Bauschäden und -mängeln sowie zum grundsätzlichen Begriff der Qualität beim Planen und Bauen. Die aktuellen Analysen und der Vergleich mit den Ergebnissen des ersten Bandes machen nun zudem eine genaue Analyse der Entwicklung von Bauschäden und -mängeln möglich. Weitere Themen sind die Rolle der Schlüsselbranche Bauindustrie, die Baukostenentwicklung, Baukonfliktmanagement, Streitvermeidung, Versicherungsschutz sowie die Entwicklung der Baudokumentation.

Grundlage des Bauschadenberichts Hochbau 2021/22 ist eine umfangreiche Datenermittlung; hierfür haben die VHV-Versicherungen rund 133.000 anonymisierte Datensätze aus den Jahren 2016 bis 2020 zur Verfügung gestellt. Aus diesem Datenpool wurden alle Schäden aus den Bereichen Hochbau herausgefiltert, die als Grundlage für die weitere Bearbeitung dienen. Die so generierte Datenbasis umfasst insgesamt 48.543 Datensätze, die Schäden an Neubauprojekten sowie Sanierungsvorhaben und Umbauten im Bestand betreffen.

Der leichte Rückgang bei der Anzahl der Schadenmeldungen, der bei den Analysen für den Bericht 2019/20 festgestellt worden war, hat sich in der aktuellen Auswertung stabilisiert. Allerdings zeigen die Kosten, die im Rahmen der gesamten Regulierungen der analysierten Versicherungsfälle angefallen sind, eine weiterhin steigende Tendenz. Bei den Schadenarten treten unverändert häufig Schäden an der Baukonstruktion auf sowie Wasser- bzw. Feuchteschäden. Bei den Schadenursachen überwiegen Ausführungs- bzw. Montagefehler sowie eine unzureichende Schnittstellenkoordination und mangelhafte Kommunikation.



**Abb. 01:** Anzahl der Schadenursachen, 2015 bis 2019 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Feuchteschäden sind einer der Schadensschwerpunkte im Bausektor. Nach dem Spitzenreiter Schäden an der Baukonstruktion, die einen Anteil von 40 Prozent der Schäden ausmachen, folgen an zweiter Stelle Wasser- und Feuchteschäden mit einem Anteil von rund 30 Prozent. Werden zu den Wasser- und Feuchteschäden auch noch die Leitungswasserschäden hinzugezählt, die in der Folge zu Feuchteschäden führen, entfallen rund drei Viertel aller Schäden auf lediglich diese zwei Schadenarten. Im Hinblick auf die Kosten verursachen Wasser- und Feuchteschäden sogar den größten finanziellen Aufwand, um diese zu regulieren bzw. zu beseitigen. Grund genug, um diesem Themenfeld im Bericht ein eigenes Kapitel zu widmen.

Anhand von sechs beispielhaften (realen) Schadenfällen gibt der Bauschadenbericht zudem wieder einen Einblick in die tägliche Praxis. Die Schadenfälle reichen vom Feuchteschaden aufgrund fehlerhafter Sanierung, über Mängel beim Einbau einer Photovoltaikanlage, Missverständnisse bei der Bauüberwachung bis hin zum Cyberangriff und spiegeln somit die große Bandbreite an Themenfeldern wider, die Schäden bzw. Mängel verursachen können. Die Schadenfälle wurden wissenschaftlich aufbereitet: So wird anhand der jeweiligen Schadenquelle, -behebung und -regulierung sowie den Möglichkeiten der Schadenvermeidung der genaue Hergang bzw. Ablauf eines Schadensfalls dargestellt. Sinnvolle Lösungsansätze geben – wie in den Bauschadenberichten üblich – praxisnahe Hilfestellung.

Die ausgewerteten Schadenfalldaten zeigen die Stellschrauben auf, mit denen Probleme erkannt und Potenziale genutzt werden können – und bereits genutzt werden. Im Bereich der technischen und logistischen Möglichkeiten beweist eine Vielzahl von Innovationen, wie die Mangel- und Schadenprävention, Schadenfrüherkennung und -minimierung voranschreiten. In diesen Bereichen spielen die Digitalisierung der Baubranche sowie der betrachtete Zusammenhang zwischen Qualität und Kommunikation eine wesentliche Rolle und wurden vor diesem Hintergrund explizit betrachtet. Zu den (juristisch geforderten) Informationspflichten der planungs- und baubeteiligten Auftragnehmer zählen verschiedene Prüfungs-, Dokumentations-, Hinweis- und Anzeigepflichten, wie zum Beispiel Bautagebuch oder Bedenken- und Behinderungsanzeigen. Diese sind wesentliche Bestandteile der Kommunikation, müssen jedoch noch um eine Vielzahl von Anforderungen bzw. Kriterien ergänzt werden: etwa Projekt- und Qualitätsziele, (Plan-) Daten und Informationen, Kosten- und Terminziele sowie die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten der Beteiligten. Denn: Je mehr Beteiligte in den Planungs- und Bauprozess eingebunden sind, desto komplexer ist auch die Kommunikation, desto wichtiger werden schnelle und sichere Informationsstrukturen und Kommunikationsmittel, wie zum Beispiel digitale Plattformen und Tools, sowie der sichere Umgang damit.

Die in den Gastbeiträgen namhafter Experten aus der Baubranche vorgestellten Möglichkeiten – zum Beispiel BIM-basierte Planungs- und Bauüberwachungsprozesse – zeigen, wie die Digitalisierung der Planungs- und Arbeitsprozesse bereits mangelpräventiv wirkt, zur Erhöhung der Bauqualität beiträgt und zudem die Prozesse im Sinne der Wirtschaftlichkeit positiv beeinflusst.

Kommunikation ist für Qualität am Bau unabdingbar. Damit diese transparent und ungestört verläuft, braucht es klar definierte und vertraglich vereinbarte Projekt- und Qualitätsziele, jederzeit aktuelle und gemeinsam nutzbare (Plan-)Daten und notwendige Informationen, festgeschriebene Kosten- und Terminziele im Prozess, klare Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten der Beteiligten sowie klar definierte Abläufe an Schnittstellen und in Abnahme- und Übergabeprozessen. Das gemeinsame Ziel aller muss sein, die

Qualität des Planungs- und Bauprozesses – und damit der Bauwerke und deren Wirtschaftlichkeit – zu erhöhen. Entscheidende Voraussetzung ist und bleibt, dass sich alle Planungs- und Baubeteiligten ihrer persönlichen Verantwortung und Verantwortlichkeit bewusst sind, das Erreichen des schadenfreien Bauergebnisses als gemeinsames Ziel verinnerlicht wird und die entsprechende Zusammenarbeit vor diesem Hintergrund erfolgt. Kompetenz und Kommunikation sind dafür Grundvoraussetzungen, an denen in vielen Bereichen gearbeitet wird.

Den Bauschadenbericht als E-Book zum kostenlosen Download sowie weiterführende Informationen, Daten und Fakten zum Thema gibt es bei den VHV-Bauexperten: <https://www.vhv-bauexperten.de/vhv-bauforschung>.

Der Bericht ist im Fraunhofer IRB-Verlag erschienen und dort erhältlich über <https://www.baufachinformation.de/vhv-bauschadenbericht/bu/22039010315> bzw. auf der Website des Instituts unter <https://bauforschung.de/downloads-oeffentlich/> verfügbar.

Die Reihe findet ihre Fortsetzung im vorliegenden vierten Band, dem VHV-Bauschadenbericht 2022/23 »Sichere Infrastruktur«, der den Fokus wiederum auf den Tiefbau- und Infrastruktursektor richtet. Der fünfte Band – dem jährlichen Wechsel zwischen Hochbau- und Tiefbausektor folgend – ist derzeit bereits in Arbeit und erscheint im Frühjahr 2024.

#### **4. »Die 10 häufigsten Fehler beim Neubau und der Sanierung von EFH und ZFH mit Wärmepumpen«. Kurzstudie im Auftrag des Bauherren-Schutzbund e.V.**

Viele Jahrzehnte wurde im Rahmen der Wärme- und Warmwasserversorgung der Wohngebäude in Deutschland auf fossile Brennstoffe gesetzt. Aus ökologischen, wirtschaftlichen und auch (geo-)politischen Gründen befinden wir uns diesbezüglich nun allerdings im Wandel hin zu alternativen, umweltfreundlicheren, effizienteren Wärmeversorgungstechniken, wie beispielsweise der Wärmepumpentechnik. Ein großer Teil der in Wohngebäuden benötigten Wärme wird bereits bzw. soll zukünftig mithilfe von Wärmepumpen und der sogenannten Umweltwärme erzeugt werden. Die Fördermittel des Bundes forcieren dies nochmals.

Begonnen hat die Entwicklung der Wärmepumpe (WP) als Nischentechnik bereits Anfang des letzten Jahrhunderts bzw. noch früher, da diese Technik ursprünglich zu Kühlzwecken entwickelt wurde. Nach dem Ölebargo und der Ölkrise in den 1970er-Jahren erlebte die Branche einen Boom. Die Entwicklung schreitet seitdem länderübergreifend immer weiter fort.

Auch in Deutschland hat die Entwicklung in den letzten Jahren an Fahrt aufgenommen. In neue, aber auch in bestehende Gebäude werden immer häufiger Wärmepumpen als alleinige Wärmeerzeuger oder auch in Kombination mit anderen Techniken eingebaut. Der Wärmepumpenanteil im Neubaubereich lag im Jahr 2020 bei rund 46 Prozent, im Jahr 2021 ist der Anteil noch weiter angestiegen. Erfahrungsgemäß steigt bei der Einführung neuer Techniken aber auch der Anteil von Fehlern an Anlagen, die beispielsweise nicht richtig geplant oder eingebaut wurden. Wärmepumpentechnik ist zwar mittlerweile den »Kinderschuhen« entwachsen und gilt als ausgereifte Technik, dennoch gibt es grundlegende Aspekte und Randbedingungen, die es zu beachten und umzusetzen gilt, wenn ein Gebäude mit Wärmepumpentechnik beheizt werden soll. Das Mangel- und Fehlerpotenzial ist nicht unerheblich.

Das Institut für Bauforschung e.V. wurde vom Bauherren-Schutzbund e.V. vor diesem Hintergrund mit einer Kurzstudie zur Verbraucherinformation beauftragt, in der es darzustellen galt, wo genau Mangel- und Schadensschwerpunkte bei der Wärmepumpentechnik und den damit ausgestatteten Gebäuden liegen, welche Fehler die Planenden und Ausführenden, aber auch Nutzer machen, welche Folgen diese Fehler nach sich ziehen können und wie sie zu vermeiden sind. Die Studie enthält die Kurzdarstellung der technischen und förderrechtlichen Grundlagen, relevante Prozesse und Abläufe in der Bau- und Sanierungspraxis und die Darstellung von zehn typischen Fallbeispielen zu Mängeln und Schäden mit der Darstellung der Fehlersituation, den Ursachen, Folgen, den Beseitigungskosten sowie Hinweisen zur Vermeidung bzw. Risikominimierung.

Die Studie ist abrufbar unter: <https://www.bsb-ev.de/politik-presse/analysen-studien/> und auf der Website des Instituts unter <https://bauforschung.de/downloads-oeffentlich/> verfügbar.

### 7.3.2 Unterirdische Leitungskanäle/-dächer als weiterer Baustein einer nachhaltigen und smarten Stadtentwicklung

Im Rahmen des zweijährigen Projekts »Wissenstransfer für Kommunen und Versorgungsunternehmen zu unterirdisch begehbaren Leitungskanälen als langfristige umwelt- und ressourcenschonende Infrastrukturbauwerke im urbanen Raum« (AZ 35682/01), fachlich und finanziell gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), haben die Firmen entellgenio GmbH und GiBA mbH die vorhandenen Erfahrungen und das Fachwissen zunächst nachvollziehbar sowie ansprechend aufbereitet und gebündelt. Als Synonyme für unterirdische Leitungskanäle/-dächer finden sich unter anderem auch die Begriffe Leitungsgang, Versorgungskanal, Versorgungstunnel, Leitungstunnel, Medientunnel, Medienkanal, Infrastrukturkanal, Rohr- und Kabelkanal, Sammelkanal, Kollektor. Der Wissenstransfer an Kommunen und Versorgungsunternehmen soll bewirken, dass Entscheidungsträger und Planer bei künftigen Herausforderungen auch unterirdische Leitungskanäle als Alternative für eine nachhaltige und moderne Siedlungsinfrastruktur in Betracht ziehen. Von den beteiligten Fachverbänden, dem Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW), der German Society for Trenchless Technology e.V. (GSTT), dem Institut für unterirdische Infrastruktur (IKT) und der Interessengemeinschaft begehbbarer Versorgungskanäle (IBV), wird dies unterstützt.



Dr. Heiko Spitzer



Klaus-Peter Reim

Unterirdische, meist begehbare Leitungskanäle, die international längst fester Bestandteil der urbanen Bebauungsplanung sind, lassen sich als **smarte Infrastruktur** einordnen, die zudem die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen unterstützt (siehe auch Technical Committee: ISO/T 268/SC 1 Smart community infrastructures<sup>38</sup>). Vor dem Hintergrund des beengten städtischen Raums (Stichwort »**Trassenbündelung**«), der erforderlichen Flexibilität beim Austausch oder Ersatz von Medien bzw. Rohrleitungen und Kabel aufgrund des technischen Fortschritts (Stichwort »**Austausch-Flexibilität**«) sowie der notwendigen Widerstandsfähigkeit und Nachhaltigkeit (Stichwort »**Klimawandel**«) gilt die Einstufung als »smarte« Lösungsalternative auch national. Der vorteilhafte Einsatz von **Leitungskanälen als ausgereifte und sichere Technologie** in Deutschland

<sup>38</sup> Mirko Salomon: »Smarte Infrastrukturen – Mitarbeit an der ISO – Norm Utility Tunnel«, Vortrag auf der Fachkonferenz am 22. Juni 2022 am Institut für unterirdische Infrastruktur (IKT) in Gelsenkirchen

konnte durch eine Reihe von Praxisbeispielen von der Planung über den Bau bis hin zum langjährigen Betrieb aufgezeigt werden.



**Abb. 01:** Innerstädtischer Neubau eines begehbaren Leitungskanals [Foto: GIBA mbH]

Nachfolgend soll der Sicherheitsaspekt bei unterirdischen Leitungskanälen/-dükern aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden (siehe Abb. 02):

- **Anlagensicherheit:** Neben der statisch-konstruktiven Auslegung von Leitungskanälen auf eine Nutzungsdauer von mindestens 80 Jahren ist das Instandhaltungsmanagement auf Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit über die Nutzungsdauer erdverlegter Leitungsanlagen hinaus auszulegen. Dabei schützt die bauliche Hüllkonstruktion die Leitungen vor direkten Einwirkungen aus dem Baugrund sowie aus Verkehrsprozessen. Der sogenannte Baggerbiss, eine der hauptsächlichen Schadensursachen, kann bei einem Leitungskanal die Leitungen selbst nicht erreichen.
- **Personenschutz:** Zusätzlich besitzt der Personenschutz in Folge der Regelungen zum Arbeitsschutzrecht oberste Priorität. Der Betrieb eines begehbaren Leitungskanals erfolgt generell auf der Grundlage einer Betriebsordnung, die für Eigentümer, Betreiber und Nutzer des Leitungskanals verbindlich anzuwenden ist. Die speziellen Regelungen sind das Ergebnis langjähriger Erfahrungen zum unfall- und störungsfreien Betrieb der Leitungskanäle. Die Betriebsordnung bezweckt die Vermeidung beziehungsweise Minderung von Gefahren für Leben und Gesundheit sowie der Umwelt, des Weiteren den Schutz der Leitungen und betrieblichen Einrichtungen vor unerlaub-

ten Einwirkungen aus nicht bestimmungsgemäßem Gebrauch oder durch Beschädigung.

- **Betriebssicherheit:** Eine Betriebsordnung regelt alle betrieblichen Maßnahmen, die mit dem Aufenthalt und den Tätigkeiten von Personen in und unmittelbar an Leitungskanälen verbunden sind. Leitungskanäle im Sinne einer derartigen Betriebsordnung sind nicht öffentlich zugängliche, unterirdische bauliche Anlagen. Der Zugang bzw. die Begehung ist nur befugten Personen gestattet. Sie werden für die Dauer des Aufenthalts im Leitungskanal und für die spezielle Arbeitsaufgabe durch dafür berechnete Personen unterwiesen. Bei Baumaßnahmen im und am Leitungskanal gelten zusätzlich die Regelungen nach Baustellenverordnung und nachgeordnete Vorgaben.
- **Gefährdungsbeurteilungen:** Darüber hinaus wird durch Gefährdungsbeurteilungen eine Sicherheit gewährleistet, die nach bestimmten Zeiträumen oder Veränderungen im Anlagenbestand durchzuführen sind. Während eine Sicherheitsbetrachtung Bestandteil der Neubauplanung ist, erfolgt die erste Gefährdungsbeurteilung zur Inbetriebnahme des Leitungskanals. Nach bestimmten Zeiträumen, in Abhängigkeit der Leitungsbelegung und deren Veränderung, sind nach rechtlicher Vorgabe weitere Gefährdungsbeurteilungen mit entsprechenden Schutzmaßnahmen durchzuführen. Die Methodik orientiert sich an typischen Gefahrensituationen und den praktischen Erfahrungen beim langjährigen Betrieb.
- **Sicherheitsmaßnahmen** können ein Organisationsverschulden verhindern, fahrlässiges (zum Beispiel Nichteinhalten von Arbeitsschutzvorgaben) und vorsätzliches Verhalten (etwa Vandalismus nach unbefugtem Zutritt) werden weitgehend vermieden. Das bauliche und organisatorische Sicherheitsniveau wird künftig noch mehr durch automatisierte Überwachungs- sowie Mess-, Steuerungs- und Regelungssysteme gestützt.



**Abb. 02:** Unterirdische, meist begehbare Leitungskanäle als »smarte« Lösungsalternative

Im genannten, von der DBU geförderten Projekt sind auch verschiedene Ansätze zur Versachlichung bzw. Objektivierung möglicher – in der Vergangenheit mitunter schwierigen und komplizierten – Diskussionen entwickelt worden:

- **Katalog von Stellungnahmen zu (gängigen) Vorbehalten**  
 Aus zahlreichen Gesprächen mit Vertretern von Kommunen, Versorgungsunternehmen oder Verbänden und Organisationen konnten wiederholt geäußerte Bedenken bzw. Vorbehalte bezüglich des Einsatzes von Leitungskanälen identifiziert werden. Diese Vorbehalte liegen gesammelt vor, um diesen mit fundierten Stellungnahmen zu begegnen. Der Katalog von Stellungnahmen zu aktuell 20 gängigen Vorbehalten dient der Objektivierung kritischer Prozesse beziehungsweise dem fachlich fundierten Ausräumen von Bedenken.
- **Checkliste zur Anwendung von Leitungskanälen**  
 Oft ist der langfristige Nutzen von Versorgungskanälen auf unterschiedlichen wirtschaftlichen, ökologischen und zeitlichen Ebenen pauschal erkennbar, wird allerdings in der strategischen Planung meist nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund wurde das Konzept eines Fragebogens formuliert, der der Beantwortung folgender Frage dient: *Ist für ein geplantes Bauvorhaben die Nutzung eines Leitungskanals als Alternative zur konventionellen Einzelverlegung in Betracht zu ziehen?*  
 Das Konzept umfasst aktuell 13 Fragen, welche die Herausforderungen »Trassenbündelung«, »Austausch-Flexibilität« sowie »Widerstandsfähigkeit und Nachhaltigkeit«, ergänzt um die Problematik der rechtlichen Grundlage, des Interessenspektrums und des gegebenenfalls fehlenden Fachwissens thematisieren. Ziel ist es, zukünftig ein »Werkzeug« zu haben, das den Nischencharakter des Leitungskanals auflösen kann und Voraussetzungen für eine schrittweise Marktdurchdringung schafft. Versorgungskanäle könnten somit auch in Zeiten wirtschaftskonjunktureller Schwäche positive Effekte für ein nachhaltiges Bauen bewirken und in die Bedarfsplanung aufgenommen werden.
- **Rechenmodelle zur ganzheitlichen Bewirtschaftung**  
 Die Bewirtschaftung von Infrastrukturen im Allgemeinen und von Leitungskanälen bzw. Leitungsdüchern im Speziellen umfasst eine Reihe von Tätigkeiten über mehrere Zeithorizonte hinweg. Die Abbildung des aktuellen Zustands sowie der operativen Jahresplanung von Maßnahmen sind Aufgaben mit kurzem Zeithorizont, die kontinuierlich durchgeführt werden müssen. Darüber hinaus sind für die mittel- und langfristigen Budget- und Maßnahmenplanungen, der objektivierten Entscheidungsfindung sowie das Managen von Risiken Varianten zu analysieren, die gegebenenfalls neue Anforderungen berücksichtigen. Diese müssen auch die Entwicklungen über den Lebenszyklus hinweg auf Basis von Annahmen darstellen können, um zu fundierten Entscheidungen zu kommen (siehe Abb. 03).

Das Ursache-Wirkungsdiagramm, das dem von entelgenio entwickelten Rechenmodell für die umfassende Abbildung von Infrastrukturen zugrunde liegt, ist aufbereitet und auf den Anwendungsfall Leitungskanal beziehungsweise -düker überprüft worden, sodass eine professionelle Unterstützung bei der ganzheitlichen Bewirtschaftung möglich wird. Durch die spezifische Ausrichtung des Werkzeugs ist es möglich, die Bewirtschaftung von Leitungskanälen/-dükern fundiert und objektiviert durchzuführen, Entscheidungen transparent und nachvollziehbar zu beurteilen beziehungsweise zu begründen und zum Teil auch Vorbehalten adäquat begegnen zu können.

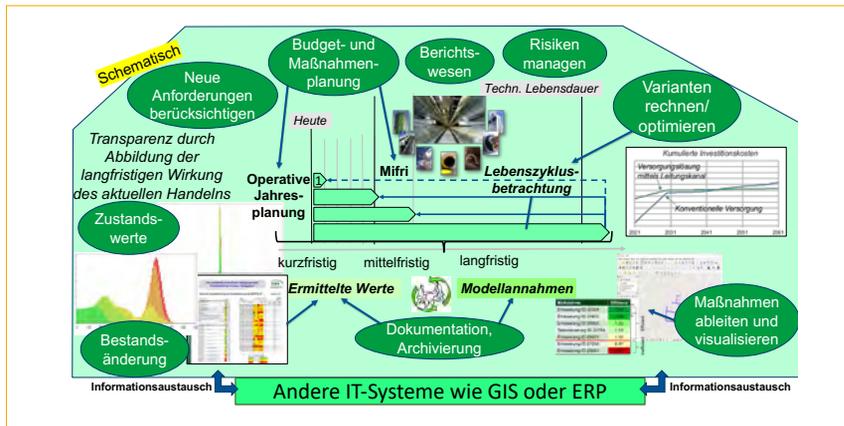


Abb. 03: Aufgaben zur fundierten und ganzheitlichen Bewirtschaftung von Leitungskanälen

Weiterhin sind fünf Initiativen zur dauerhaften Verankerung von Leitungskanälen/-dükern aufgesetzt worden:

1. Lage erfassen im Leitungsauskuftsportal infrest

Für leitungsgebundene Medien haben sich verschiedene Anbieter auf die Erfassung der Leitungen spezialisiert, sodass Leitungsauskufts zum Beispiel für Baustellen einfach möglich sind. Für Leitungskanäle und Düker erfolgt keine zentrale deutschlandweite Erfassung, was zum Teil dazu führt, dass neue Medien direkt neben bestehenden Leitungskanälen verlegt werden oder erst bei Grabungsarbeiten vorhandene Leitungskanäle entdeckt werden. Darüber hinaus ist es oft nicht möglich, Informationen über Lage, Länge und Belegung der Leitungskanäle und -düker zu erhalten, weshalb für Deutschland nur grobe Schätzungen zur Menge vorhandener Leitungskanäle vorliegen.

Ziel der Initiative ist die Dokumentation der vorhandenen Leitungskanäle im Leitungsauskuftsportal infrest zu ergänzen. Es wird erwartet, dass sich durch das bessere Wissen der Nutzungsgrad der vorhandenen Leitungskanäle verbessert, da eine Leitungsverlegung im Leitungskanal als Alternative zu geplanten Sanierungs-, Aus-

tausch- oder Komplettierungsarbeiten im Baugrund genutzt werden kann. Darüber hinaus kann dadurch auch der Ausbau neuer Infrastruktur, wie etwa Glasfaserkabel, beschleunigt werden. Weiterhin erhöht sich die Sicherheit im Tiefbaubereich, was zu einem Schutz der Infrastruktur beiträgt. Zusätzlich wird die Sichtbarkeit der Versorgungsalternative »Leitungskanal/-düker« erhöht.

## 2. Aufsetzen einer Kommunikationsplattform

Über die Webseite [utility-tunnel.com](http://utility-tunnel.com) stellte die Interessengemeinschaft Begehbare Versorgungskanäle (IBV) bisher ihre Ziele, Jahresarbeitspläne und deren Ergebnisse sowie Seminarvorträge auf Deutsch und Englisch vor. Die bisherige Internetseite soll zu einer Informationsplattform ausgebaut werden.

## 3. »Klima-Check« – CO<sub>2</sub>-Beitrag Leitungskanäle/Düker

Unterirdische Leitungskanäle/-düker sind langlebige Infrastrukturbauwerke, die unter den richtigen Rahmenbedingungen in Bezug über den Lebenszyklus ihre Vorteile haben. Die Budget-, Qualitäts- und Risikoentwicklung kann heutzutage schon mittels Ursache-Wirkung (System Dynamics) modelliert werden. Der mit dem Einsatz von Leitungskanälen und -dükern verbundene CO<sub>2</sub>-Beitrag ist derzeit allerdings nur schwer zu bestimmen beziehungsweise greifbar. Ziel der Initiative »Klima-Check« ist es, die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge im vorhandenen Simulationsmodell für Leitungskanäle um die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erweitern. Dadurch kann die Bandbreite beziehungsweise der Durchschnitt von direkten und indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen über den Lebenszyklus zum Beispiel in Anlehnung an den Product Carbon Footprint von Leitungskanälen und -dükern ermittelt und mit einer konventionellen Verlegung verglichen werden.

## 4. Forcieren der Beteiligung an der internationalen ISO-Normung

Auf internationaler Ebene wird die Bündelung des Wissens zum Thema Leitungskanäle im ISO-Norm-Projekt ISO 37175 »Smart community infrastructures – Operation and maintenance of utility tunnel« bearbeitet. Im Rahmen der gegenwärtigen Arbeiten im AGFW/GSTT-Projektkreis »Unterirdische, begehbare Leitungskanäle und Düker« zur Überarbeitung des Leitfadens wird allerdings ein breiterer Ansatz als in der ISO verfolgt. Aus diesem Grund soll im Rahmen dieser Initiative eine Unterstützung der Normarbeit gefunden werden, die die Erfahrungen zum jahrzehntelangen Betrieb von Leitungskanälen im deutschsprachigen Raum hinsichtlich konstruktiver Vorgaben mit einbringen kann.

## 5. Reaktivieren der Ausbildung künftiger Ingenieure

Das Wissen über alternative Einbauformen in Verbindung mit dem grabenlosen Bauen bzw. alternative Bauformen besteht nur im geringen Umfang. Ein Grund ist die mangelnde Verankerung in der Ausbildung von zukünftigen Ingenieuren sowie der Fort- und Weiterbildungsprogramme von aktuellen Akteuren. Aus diesem Grund wird angestrebt, zusammen mit dem Berufsförderungswerk des Rohrleitungsbauverbandes (brbv) die Berufsbildung im Leitungsbau um das Thema »Leitungskanal« zu erweitern. Vor allem die Verknüpfung von grabungsarmen Bauweisen von und in Leitungskanälen ermöglicht die Positionierung von zwei Themenkomplexen, denen bisher zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Dr. Heiko Spitzer ist seit 2009 geschäftsführender Gesellschafter der entelligenio GmbH. Die Neuausrichtung von Unternehmensbereichen auf Basis neuer Technologien sowie die Begleitung der anschließenden Umsetzung gehören zu seinen Aufgaben. Er ist Experte bei der Unterstützung nationaler und internationaler Unternehmen bei der Ableitung optimierter Entscheidungen für langlebige Infrastrukturen (unter anderem Strom, Gas, Wasser, Abwasser, Infrastrukturkanäle). Hierbei geht es insbesondere um die Formulierung und Analyse von Szenarien auf Basis von fundierten Berechnungen und Optimierungen für Budget, Qualität und Risiko der Infrastrukturen unter den gegebenen Randbedingungen. Zuvor war er bei einem nationalen Energieversorgungsunternehmen, einer international agierenden Beratung sowie einem führenden Informations- und Kommunikationstechnik-Provider beschäftigt. Seine Dissertation fertigte Dr. Heiko Spitzer zum Thema »Entscheidungsorientierte Kostenrechnung in Elektrizitätsunternehmen« an.

Herr Klaus-Peter Reim ist gegenwärtig Leiter der Arbeitsgruppe 2 für die Überarbeitung des Leitfadens zu Planung Bau und Betrieb unterirdischer Leitungskanäle und -dächer zum Teil 2 »Konstruktive Planung – Bau und Ausrüstung«. Er fungiert weiterhin als Stellvertretender Sprecher der Interessengemeinschaft Begehbare Versorgungskanäle (IBV) und war bis 2019 Geschäftsführer der GIBA mbH.

### 7.3.3 Frischbetonprüfung mit bildbasierten Methoden – Potenzial zur digitalen Qualitätsregelung



Tobias Schack

Bereits heute ist absehbar, dass die notwendigen Veränderungen im klassischen Betonbau hin zur Klima- und Ressourceneffizienz signifikante Veränderungen in den typischerweise eingesetzten Betonzusammensetzungen zur Folge haben werden. Das heute bereits übliche 5-Stoff-System Beton, bestehend aus Zement, Zusatzstoff, Zusatzmittel, Wasser und Gesteinskörnung, verwandelt sich zu einem Multi-Parameter-System mit acht oder noch mehr verschiedenen Stoffen, wobei bereits der Zement aus mehreren Rohstoffen besteht. Durch Einsatz rezyklierter Ausgangsstoffe werden darüber hinaus Schwankungen in den Ausgangsstoffeigenschaften signifikant zunehmen. Um die Wechselwirkungen und die zuvor genannten Schwankungen zu beherrschen, müssen entweder die Vorhaltemaße in den Zusammensetzungen – wie zum Beispiel der Zementgehalt – gesteigert werden (was weder aus ökologischer noch ökonomischer Sicht sinnvoll ist) oder alternativ neuartige Techniken eingesetzt werden, mittels derer es gelingt, die (Frisch-)Betoneigenschaften zu erfassen und digital zu regeln.

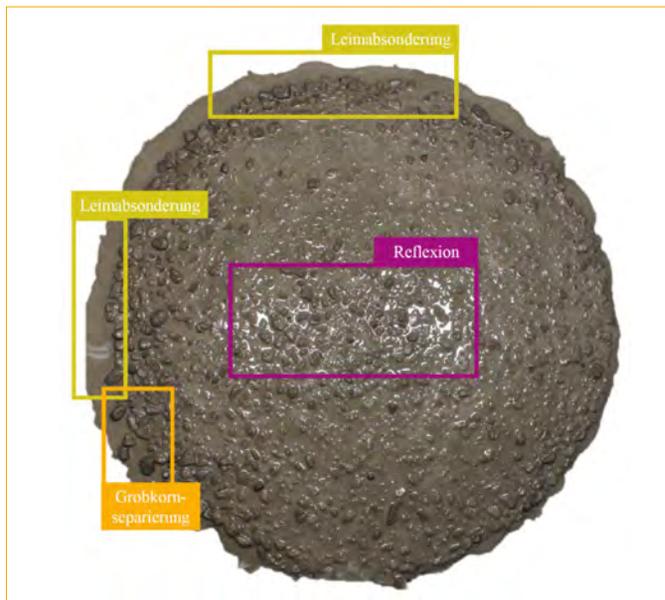
Im Bauwesen wird vielfach argumentiert, dass Bauwerke Unikate darstellen und daher Produktions- und Prüftechniken, wie sie seit vielen Jahren bei der Fertigung von Produkten oder in der Automobilindustrie eingesetzt werden, nicht auf den Betonbau übertragbar sind. Dies gilt jedoch nicht für die Produktion von Baustoffen und hier vor allem von Beton. In Deutschland wurden beispielsweise im Jahr 2020 circa 55,3 Millionen Kubikmeter Transportbeton produziert<sup>39</sup>, wobei rund 82 Prozent dieser Betone (Festigkeitsklassen  $\leq$  C30/37) sehr ähnliche Zusammensetzungen aufwiesen<sup>40</sup>. Bei einer mittleren Chargengröße im Betonwerk von circa 1,5 Kubikmetern entspricht dies somit etwa 37 Millionen Chargen im Jahr bzw. etwa 7,4 Millionen Transportbetonlieferungen (à 5,0 Kubikmeter). Dementsprechend liegen insbesondere im Transportbetonsektor enorme Wiederholraten vor, jedoch ist es bislang nicht möglich, aus diesen Wiederholungen automatisiert technischen Nutzen zu ziehen.

Insbesondere für die bisher rein manuelle und empirische Qualitätsprüfung des Frischbetons sowohl auf der Baustelle als auch im Herstellwerk können digitale bzw. bild-

39 Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V. BTB [Hrsg.]: Jahresbericht 2021. Berlin, 2021

40 Schack, T.; Deiters, M.; Neubaum, K.; Oberhoff, T.; Klemm-Albert, K.; Haist, M.: Roadmap zur klimaoptimierten Transportbetonherstellung – Quantifizierte Betrachtung von Handlungsoptionen zur Steigerung der Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz. Beton- und Stahlbetonbau, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/best.202200108>

basierte Methoden ein erhebliches Optimierungspotenzial darstellen. Die Bewertung des Frischbetons sowie eventuell notwendige (Korrektur-)Maßnahmen basieren bisher nahezu ausschließlich auf einer subjektiven Augenscheinprüfung und dem Erfahrungswissen der handelnden Personen. Als Prüfverfahren wird standardmäßig das Ausbreitmaß gemäß DIN EN 12350-5<sup>41</sup> angewendet. Aus dem Durchmesser des ausgebreiteten Frischbetons wird dabei auf das Fließverhalten bzw. die Konsistenz geschlossen. Eine quantitative Bewertung weiterer Eigenschaften ist damit jedoch nicht möglich. Einzig kann der erfahrene Baustoffprüfende anhand der visuellen Bewertung von (Oberflächen-)Merkmalen des Frischbetons eine subjektive Abschätzung von Eigenschaften vornehmen (vgl. Abb. 01). Eine Überführung dieses subjektiven Erfahrungswissen in eine quantitative Bewertung gelingt mit den bisherigen Methoden jedoch nicht.



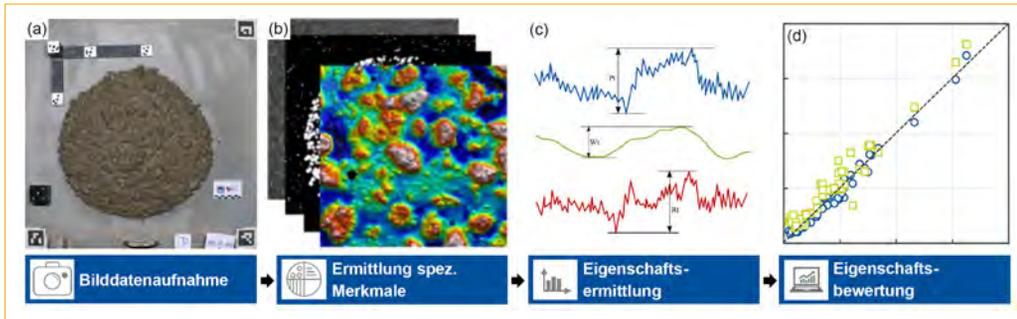
**Abb. 01:** Darstellung einzelner visuell wahrnehmbarer (Oberflächen-)Merkmale an der Oberfläche des ausgebreiteten Betons bei der Konsistenzprüfung [Quelle: T. Schack]

Zur Überwindung und Erweiterung der bisher stark subjektiv geprägten Frischbetonprüfung wurde im Rahmen der hier vorgestellten Dissertation<sup>42</sup> eine bildbasierte Methodik entwickelt und validiert, die es gestattet, maßgebende (Frisch-)Betoneigenschaften in Bilddaten digital zu bewerten. Basierend auf unterschiedlichen visuell wahrnehmbaren Eigenschaften der Frischbetonoberfläche – vor allem Rauheit und Reflexion – ist so eine

41 DIN EN 12350-5:2019-09 Prüfung von Frischbeton – Teil 5: Ausbreitmaß. Berlin: Beuth, 2019

42 Schack, T.: Bildbasierte Frischbetonprüfung zur digitalen Qualitätsregelung [Dissertation]. Leibniz Universität Hannover: Selbstverlag, 2022

umfassende bildbasierte Frischbetonprüfung im Rahmen der Ausbreitmaßprüfung möglich. Das gesamte Spektrum von Normalbetonen (F2 bis F5) bis hin zu sehr fließfähigen Betonen (F6) ist mit der Methodik prüfbar. Ein schematischer Überblick über die einzelnen Schritte der bildbasierten Methodik zur digitalen Bewertung von (Frisch-)Betoneigenschaften ist in Abb. 02 wiedergegeben.



**Abb. 02:** Schematischer Überblick über die einzelnen Schritte der entwickelten bildbasierten Methodik zur digitalen Bewertung von (Frisch-)Betoneigenschaften [Quelle: T. Schack, M. Coenen, M. Haist]<sup>43</sup>

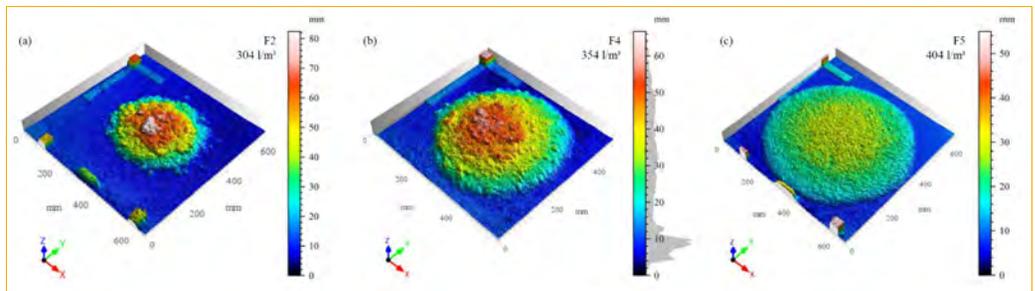
Bei der Entwicklung der Methodik galt es in einem ersten Schritt, die Datenaufnahme der Ausbreitmaßprüfung zu digitalisieren. Dazu wurden Bilddaten des ausgebreiteten Frischbetons mit einer standardmäßigen Digitalkamera aus unterschiedlichen Blickwinkeln als Grundlage zur Datenauswertung aufgenommen (vgl. Abb. 02 (a)). Die Bilddatenauswertung bzw. die Ermittlung spezifischer Muster und Merkmale in den Bilddaten erfolgt mit standardisierten photogrammetrischen Messprinzipien in Verbindung mit Computer-Vision-basierten Auswertemethoden, zum Beispiel unter Anwendung von Convolutional Neural Networks (vgl. Abb. 02 (b)). Anhand dieser spezifischen Merkmale und Muster konnten entsprechende (Oberflächen-)Kennwerte und Eigenschaften berechnet werden. Zur digitalen Bewertung von (Frisch-)Betoneigenschaften wurden im Rahmen der bildbasierten Frischbetonprüfung die nachfolgenden Kennwerte bzw. Eigenschaften der ausgebreiteten Frischbetonoberfläche herangezogen (vgl. Abb. 02 (c)):

- 3-D-Oberflächenkennwerte,
- geometrische 2-D-Eigenschaften,
- reflexionsbasierte Eigenschaften.

In einem letzten Schritt der bildbasierten Frischbetonprüfung wurden Korrelationen zwischen einzelnen bildbasierten Kennwerten und betontechnologischen Eigenschaften

<sup>43</sup> Schack, T.; Coenen, M.; Haist, M.: Bildbasierte Frischbetonprüfung – Teil 1: Konsistenz und Leimgehalt des Frischbetons. Beton- und Stahlbetonbau, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/best.202300013>

abgeleitet (vgl. Abb. 02 (d)). Neben dem Durchmesser des ausgebreiteten Frischbetons, können so anhand der Oberflächeneigenschaften umfangreiche – bislang für den Baustoffprüfenden unzugängliche – Informationen, zum Beispiel zur Betonzusammensetzung, zu Schwankungen im Wassergehalt bzw. in den stofflichen Eigenschaften oder auch zur Frischbetonstabilität abgeleitet werden. Abb. 03 zeigt beispielhaft die aus den Bilddaten berechneten 3-D-Oberflächenmodelle von ausgebreiteten Frischbetonen in Abhängigkeit der Konsistenz: Veränderung der Konsistenz durch systematische Variation des Leimgehalts von 304 Litern pro Kubikmeter (a), 354 Litern pro Kubikmeter (b) bis 404 Litern pro Kubikmeter (c). Die visuelle Wahrnehmung der 3-D-Oberflächenmodelle lässt deutliche Unterschiede in der Oberflächengestalt der einzelnen Frischbetone erkennen. Sowohl Unterschiede in der Oberflächengestalt, im vertikalen Höhenprofil als auch im Durchmesser können eindeutig quantifiziert werden. Diese visuell wahrgenommenen Veränderungen der Oberflächengestalt infolge des Leimgehalts können durch 3-D-Oberflächenkennwerte digital und quantitativ ausgedrückt und zum Beispiel in Kombination mit weiteren Parametern zur Abschätzung des Leimgehalts herangezogen werden.

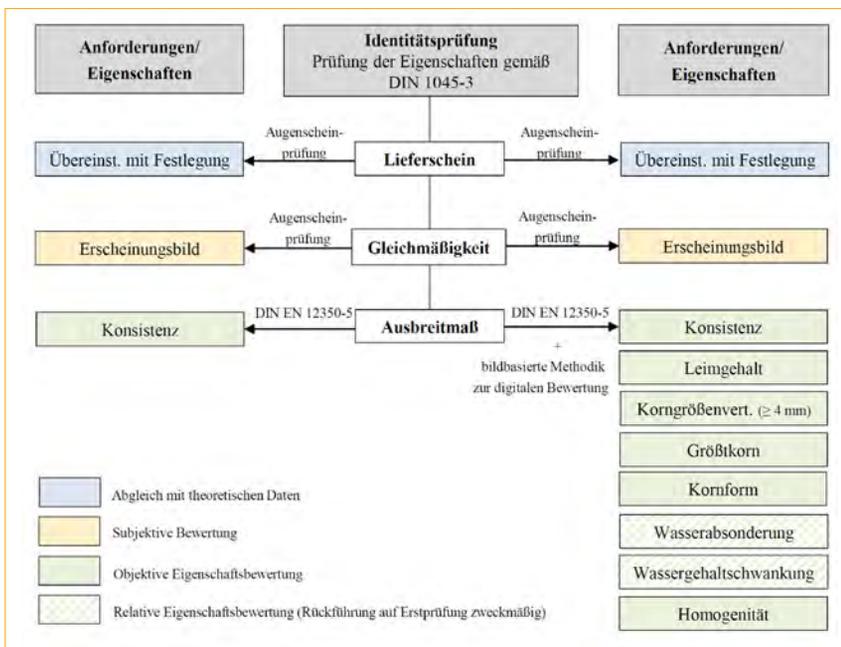


**Abb. 03:** 3-D-Oberflächenmodelle von ausgebreiteten Frischbetonen in Abhängigkeit vom Ausbreitmaß (F2 bis F5) – Veränderung der Konsistenz durch systematische Variation des Leimgehalts von 304 Litern pro Kubikmeter (a), 354 Litern pro Kubikmeter (b) bis 404 Litern pro Kubikmeter (c) [Quelle: T. Schack, M. Coenen, M. Haist]<sup>44</sup>

Das bisher bewertbare Eigenschaftsspektrum im Rahmen der Konsistenzprüfung wird durch die Anwendung der bildbasierten Frischbetonprüfung signifikant erweitert. Anhand unterschiedlicher Oberflächeneigenschaften und -kennwerte kann so eine Vielzahl beton-technologischer Eigenschaften und Parameter (zum Beispiel Konsistenz oder Homogenität des Frischbetons) sowie stofflicher Parameter (zum Beispiel Korngrößenverteilung der groben Gesteinskörnung, Größtkorn und Kornform oder Leimgehalt) im Rahmen der Ausbreitmaßprüfung digital bewertet werden. Abb. 04 gibt einen Überblick über das bewertbare Eigenschaftsspektrum infolge der Anwendung der entwickelten bildbasierten Methodik.

<sup>44</sup> Haist, M.; Heipke, C.; Schack, T.: Computer Vision-basierte Messmethoden zur Charakterisierung von (Frisch-)Betoneigenschaften, 2021, S. 24-27 (DBV-Rundschreiben 269)

Darüber hinaus stellt die Abb. 04 die relevanten zu prüfenden (Frisch-)Betoneigenschaften im Rahmen der Identitätsprüfung gemäß DIN 1045-345 dar. Die bisherige Qualitätsprüfung besteht dabei vor allem aus der Augenscheinprüfung technischer Daten und dem Erscheinungsbild des Frischbetons sowie der Ermittlung der Konsistenz. Die signifikante Erweiterung des bewertbaren Eigenschaftsspektrums infolge der entwickelten und hier vorgestellten bildbasierten Frischbetonprüfung wird so noch einmal verdeutlicht. Insbesondere die Vielzahl der digital bewertbaren Eigenschaften und Parameter bietet neue Möglichkeiten zur vollumfänglichen Eigenschaftsbewertung im Rahmen der Qualitätsprüfung von Frischbeton. So sind zwar die Zusammenhänge einzelner Eigenschaften und Parameter (zum Beispiel der Einfluss des Leimgehalts auf die Konsistenz) hinlänglich bekannt, eine vollumfängliche Bewertung des gesamten Eigenschaftsspektrums ist mit den bisherigen Ansätzen jedoch nicht möglich. Demnach bieten sich durch die Anwendung der bildbasierten Frischbetonprüfung neue Möglichkeiten und Ansätze für die Qualitätsprüfung von Frischbeton sowohl bei der serienmäßigen Produktion von Betonfertigbauteilen als auch bei der Herstellung und Verarbeitung von Transportbeton.



**Abb. 04:** Überblick der zu prüfenden (Frisch-)Betoneigenschaften im Rahmen der Identitätsprüfung gemäß DIN 1045-3<sup>18</sup> (links) und unter Anwendung der bildbasierten Methodik (rechts) [Quelle: T. Schack]<sup>46</sup>

45 DIN 1045-3:2012-03 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670. Berlin: Beuth, 2012

46 Schack, T.: Bildbasierte Frischbetonprüfung zur digitalen Qualitätsregelung [Dissertation]. Leibniz Universität Hannover, 2022

Die digitalen Eigenschaftskennwerte können in einem weiteren Schritt unmittelbar (zukünftig) in eine digitale Qualitätsregelung der Beton- bzw. Fertigteilproduktion einfließen und stellen vor allem den Schlüssel zur Implementierung digitaler Kreisläufe zur Regelung der Betoneigenschaften dar. Aufbauend auf der Methodik zur bildbasierten Frischbetonprüfung wurde im Rahmen der hier vorgestellten Dissertation ein Konzept zur digitalen Qualitätsregelung bei der Frischbetonherstellung und -verarbeitung abgeleitet. Dies erfolgte durch die Einführung eines Qualitätsregelkreises unter Berücksichtigung der Grundbegriffe der Regelungstechnik technischer Prozesse. Dieses abgeleitete Konzept zur digitalen Qualitätsregelung bietet die Möglichkeit, den Betonproduktionszyklus direkt mit den Qualitätsmerkmalen des Frischbetons zu verknüpfen und so Industrie-4.0-Standards im Betonbau zu etablieren. Die Anwendung der bildbasierten Frischbetonprüfung und die daraus erzeugten Daten können so zum Beispiel als Grundlage zur Bewältigung der enormen Herausforderungen bei der Entwicklung und Herstellung nachhaltiger und ressourceneffizienter Betone mit neuartigen Ausgangsstoffen oder rezyklierten Gesteinskörnungen dienen. Insbesondere können Schwankungen in den Ausgangsstoffen deutlich gezielter erfasst und geregelt werden. Die entwickelte Methodik ist dabei einfach in den Zyklus der Produktion bzw. der standardmäßigen Qualitätsprüfung integrierbar.

Dr.-Ing. Tobias Schack ist als Postdoktorand am Institut für Baustoffe, geleitet von Prof. Dr.-Ing. Michael Haist, der Leibniz Universität Hannover beschäftigt. Er leitet dort die Arbeitsgruppe Betontechnologie. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der Digitalisierung der Betontechnologie, der Entwicklung ressourceneffizienter Betone zur Steigerung der Nachhaltigkeit der Betonindustrie sowie der Charakterisierung von Farbtonunregelmäßigkeiten an Sichtbetonflächen.

### 7.3.4 Die digitale Tunnelbaustelle



Aldo Josef Taraboi

#### Einführung

Im Hochbau haben Digitalisierung und Building Information Modeling (BIM) immer mehr an Bedeutung gewonnen. Es hat sich gezeigt, dass diese transparente Planungsmethode dabei hilft, gewohnte Bauprozesse **strukturierter und sicherer** zu gestalten.

Dieser Artikel untersucht die Vorteile der Digitalisierung im Tunnelbau anhand eines Pilotprojekts der CONTACT GmbH und der Doka GmbH. Die Auswertungen dieses Projekts liefern aufschlussreiche neue Erkenntnisse für den Tunnelbau, und werden in Zukunft dabei helfen, das Arbeiten auf Tunnelbaustellen sicherer und effizienter zu gestalten.

#### Das Problem

Wird auf einer Hochbaustelle ein fertig eingeschaltetes und bewehrtes Bauteil, wie zum Beispiel eine Wand, Decke oder Stütze betoniert, so kann der Bauarbeiter den Füllstand innerhalb der Schalung sehen und weiß deshalb, wann sich genug Beton in der Schalung befindet. Diese Erkenntnis sowie die Einhaltung der berechneten Betoniergeschwindigkeit führen dazu, dass kein übermäßig und vor allem kein unerwartet großer Frischbetondruck auf die Schalung wirkt.

In der bergmännischen Tunnelbauweise funktioniert das anders. Hier wird ein Tunnel-schalwagen verwendet, bei dem sich der Berg außen, die Schalung innen und entweder der bereits betonierte Abschnitt oder die Stirnabschalung stirnseitig befinden. Dadurch ist es unmöglich zu wissen, wann tatsächlich das einzubauende Betonvolumen erreicht ist. Aufgrund dieses »eingeschlossenen« Volumens muss der Beton mit sehr hohem Druck durch eigens dafür vorgesehene Öffnungen durch die Schalung gepresst werden.

Die Verwendung von zu wenig Beton einerseits wäre sehr gravierend für die Tragfähigkeit des Bauwerks und könnte deshalb zu Stabilitätsversagen führen. Die Verwendung von zu viel Beton andererseits könnte einen unerwarteten Anstieg des Frischbetondrucks auf die Schalung verursachen, der dazu führen kann, dass Teile der Schalwagenkonstruktion versagen. Es gilt also genau zu wissen, wann der optimale Füllstand im Bauteil erreicht ist.

### Die Idee

Damit dieser Zeitpunkt bestimmt werden kann, kommen zwei Arten von Sensoren zum Einsatz. Einerseits Druckmesssensoren, die dabei helfen, den Schalungsdruck im Auge zu behalten, und andererseits sogenannte Füllstandsmesssensoren, um zu wissen, wie hoch der Betonspiegel innerhalb des Schalwagens zurzeit ist. Um allerdings einen eindeutigen Rückschluss, ausgehend von diesen Messdaten, auf den Füllstand zu erhalten, bedarf es noch einiger Überlegungen im Vorfeld.

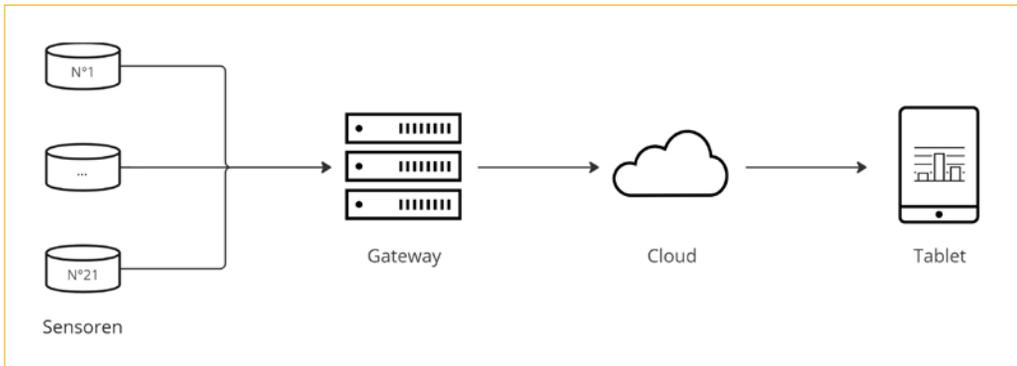
Aufgrund der statischen Berechnung des Tunnelschalwagens ergibt sich der maximal einzuhaltende Schalungsdruck während der Bauausführung, der ebenfalls als Maximalwert für die Sensoren dient. Da allerdings der Beton mit sehr hohem Druck eingepresst wird, kann es, obwohl der Tunnelabschnitt noch nicht vollständig gefüllt ist, trotzdem lokal zu einem schlagartigen Druckanstieg kommen. Um hierbei nicht in die Irre geführt zu werden, wird deshalb zusätzlich der Füllstand gemessen.

Diese Füllstandsmesssensoren reagieren lediglich darauf, ob sie mit Beton in Berührung gekommen sind oder nicht. Wird Beton erkannt, liefern sie den Wert 1, anderenfalls den Wert 0. Durch Kombination dieser beiden Daten kann eindeutig bestimmt werden, wann der gesamte Tunnelabschnitt vollständig betoniert ist. Liefern die Füllstandsmesssensoren alle die Werte 1 und steigt der Druck eines Sensors, der im Firstbereich des Schalwagens montiert ist, schlagartig an, folgt daraus, dass das gewünschte Volumen erreicht ist. Als weitere Absicherung dient der Vergleich zwischen der tatsächlich eingebauten und der errechneten Betonmenge aus der Massenabschätzung.

### Die digitale Lösung

Für die digitale Umsetzung dieser Idee ist es wichtig, die gesammelten Messdaten übersichtlich, strukturiert und vor allem in Echtzeit anzuzeigen, damit rasch vor Ort reagiert werden kann. Aus diesem Grund wurde ein Dashboard entwickelt, das die Sensordaten mit Modellbezug in BIM visualisiert. Um einen einfachen Überblick zu gewährleisten, zeigt das Modell jedoch nicht das gesamte Bauvorhaben, sondern lediglich den Schalwagen und die Position der Sensoren in der Schalung. Somit können große Datenmengen einfach durch Klicken im Modell gefiltert werden, was ein einfaches Handling für den Nutzer garantiert.

Damit die Messdaten der insgesamt 21 Sensoren auf das Tablet kommen, werden alle mit einem Gateway verknüpft, das wiederum die Daten in eine Cloud spielt, von wo aus diese dann als Streaming Dataset abgerufen, ausgewertet und im Dashboard visualisiert werden. Somit kann der aktuelle Betonagefortschritt sowohl vor Ort vom Polier aber auch im Büro von den entsprechenden Fachkräften live mitverfolgt werden.

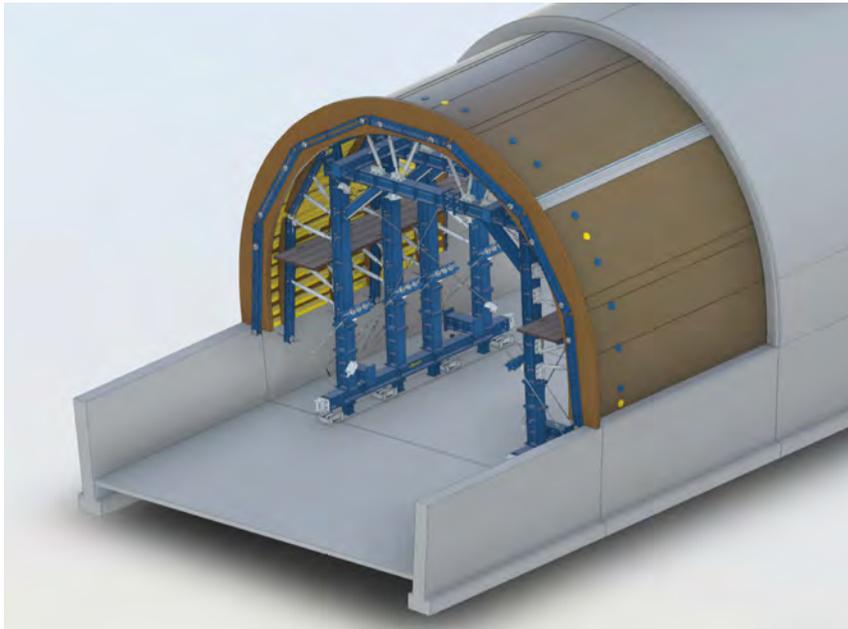


**Abb. 01:** Schematische Darstellung des Datenflusses [Quelle: A. J. Taraboi]

Zusätzlich zum Dashboard wurde im Schalwagen noch links und rechts jeweils eine Ampel installiert, die aus LED-Lampen besteht. Jede dieser Lampen ist einem Sensor zugeordnet und verändert die Farbe je nach Füllstand und gemessenem Frischbetondruck. Wird Beton von einem Sensor erkannt, so schalten sich die Lampen ein und sind grün. Steigt der Druck an, wechseln sie aufgrund im Vorfeld definierter Grenzwerte ihre Farbe in Gelb. Sobald der errechnete Maximalwert erreicht ist, wird in Rot der Betonagestop symbolisiert. Sie haben den Zweck, den Bauarbeiter während des Betonierens über den aktuellen Füllstand informiert zu halten. All diese gesammelten Daten können zusätzlich zu Dokumentationszwecken aufbewahrt und als Ergänzung des Bautagesberichts betrachtet werden.

### Die Testbaustelle

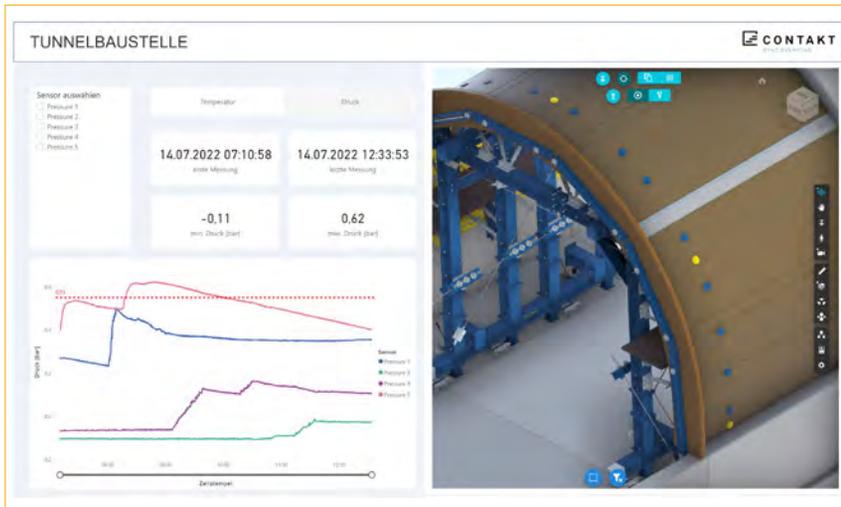
Um diese theoretischen Überlegungen in der Praxis auch verifizieren zu können, wurde diese Lösung bei einer kleinen Tunnelbaustelle in der Schweiz getestet. Ziel des Bauvorhabens war die Sanierung und Aufweitung eines bestehenden Straßentunnels. Bei diesem Projekt gab es zwei Betonierabschnitte, in denen eine rein bergmännische Bauweise möglich war, wodurch sich für das Pilotprojekt zwei Messungen ergaben. Diese zwei Messungen, wurden von einem Team vor Ort mitverfolgt, um eine korrekte Durchführung des Versuchs zu gewährleisten.



**Abb. 02:** In BIM modellierter Schalwagen: Die Drucksensoren sind gelb eingezeichnet, blau die Füllstandsmesssensoren. [Quelle: A. J. Taraboi]

Als der erste Abschnitt betoniert wurde, kam es lokal zu einem schlagartigen Druckanstieg im Sensor, der im unteren wandseitigen Bereich des Schalwagens installiert war. Dieser Anstieg war so groß, dass der Messwert kurzzeitig sogar über dem maximal zulässigen Schalungsdruck lag. Mithilfe des Dashboards und der Ampeln konnte dies jedoch gleich erkannt werden und ermöglichte es dem verantwortlichen Bauarbeiter, sofort darauf zu reagieren. Grund für den hohen Druck: Der Beton wurde, um schneller voranzukommen, mit einem zu hohen Druck eingepresst. Trotz kurzzeitiger Überschreitung des Grenzwerts lag der Messwert noch innerhalb der Sicherheitszone, die in der statischen Berechnung berücksichtigt wurde. Somit ist es zu keinem Schaden gekommen – weder im Schalwagen noch im Bauwerk.

Das Betonieren des restlichen ersten Abschnitts verlief wie erwartet. Mit dem Ansteigen des Betonspiegels im Schalwagen reagierten die Füllstandsmesssensoren und beim Erreichen des gewünschten Betonvolumens konnte der erwartete Druckanstieg im Sensor in der Firste gemessen werden. Der Bauarbeiter wusste dadurch exakt, wann das gesamte Bauteil mit Beton hinterfüllt war.



**Abb. 03:** Dashboard mit Messdaten. [Quelle: A. J. Taraboj]

Der Beton musste allerdings noch verdichtet werden, was zu einem Scheitern des gesamten Versuchs hätte führen können. Da es sich nur um einen Prototyp handelte, wurden die Sensoren mit den Kabeln, die zum Gateway führen, lediglich in einer Box verlötet. Die Box wurde anschließend mit Silikon aufgefüllt und fest am Schalwagen montiert. Durch die Vibrationen, die mit dem Einsatz von Schalungsrüttlern einhergehen, hätten diese Lötverbindungen brechen können. Dies war jedoch nicht der Fall. Bis auf eine Lötverbindung hat alles gehalten. Die Daten des einen Drucksensors gingen dadurch aber verloren.



**Abb. 04:** Eingebauter und verkabelter Drucksensor [Quelle: A. J. Taraboj]

Nach dem Aushärten des Betons wurde der Schalwagen zum nächsten Betonierabschnitt verschoben und der Ablauf wiederholte sich. Diesmal konnte, aufgrund gewonnener Erkenntnisse im ersten Abschnitt, ein übermäßiger Anstieg des Frischbetondrucks vermieden werden. Während des gesamten Prozesses wurden sämtliche Grenzwerte eingehalten.

### **Fazit**

Wie auf einer Baustelle üblich, kann es immer wieder zu Verzögerungen kommen, was dazu führt, dass bei darauffolgenden Bautätigkeiten versucht wird, diesen Zeitverlust wieder einzuholen. Dieses schnelle Arbeiten birgt jedoch sehr oft Sicherheitsrisiken für den Baubetrieb. Durch die Verwendung dieser Lösung kann der Alltag auf einer Tunnelbaustelle sicherer gestaltet werden. Des Weiteren können später resultierende Bauschäden bereits in der Bauausführung vermieden werden.

Aldo Josef Taraboi befindet sich zurzeit im Bachelorstudium Bauingenieurwesen und Infrastrukturmanagement an der TU Wien. Seit April 2020 arbeitet er für die CONTACT GmbH (Umdasch Group Ventures) als Analyst. Dieses Projekt ist Teil seiner Bachelorarbeit.



# 8 PERSPEKTIVE

Die Betrachtung einer »Sicheren Infrastruktur«, wie auch der Untertitel des diesjährigen VHV-Bauschadenberichts lautet, funktioniert nicht ohne einen Blick in Vergangenheit und Gegenwart. Schauen wir vor diesem Hintergrund als Erstes gemeinsam in unterschiedliche Medien und suchen mit einigen Schlagworten nach Meldungen zum vermeintlichen Status von Tiefbau und Infrastruktur, dann finden wir Schlagzeilen wie diese:

*»Bagger beschädigt Gasleitung: Heftige Explosion!«*

*»Glasfaserstränge und Kupferleitungen bei Bauarbeiten zerfetzt. Die mühsame Reparatur wird Tage dauern ... .«*

*»Bagger legt Fernwärmeversorgung lahm, in angeschlossenen Haushalten bleibt stundenlang die Heizung kalt.«*

*»Problem der Störung gelöst: Erdkabel von einem Baufahrzeug beschädigt!«*

*»Kaum eröffnet – schon gesperrt. Nach wenigen Tagen ist die neue Fußgängerbrücke wegen unregelmäßiger Verformungen wieder außer Betrieb genommen.«*

Sie werden sie kennen, diese Headlines, Aufmacher und Leads, die den Meldungen und Nachrichten einleitend vorangestellt werden und regelmäßig so oder ähnlich in digitalen oder Printmedien zu finden sind. Ergänzt werden sie häufig mit Berichten über den schlechten Zustand und die dringend notwendige Sanierung unserer öffentlichen Infrastruktur (Straßen, Schienen, Brücken) sowie den zu beschleunigenden Ausbau der Netze (Strom, Wärme, Kommunikation) – zweifellos Themen von größter Bedeutung und Relevanz für die Menschen, die Wirtschaft und insgesamt für eine funktionierende Gesellschaft.

Vermutlich hat fast jeder von uns im ersten Moment diese dramatischen Fallbeispiele vor Augen, mit denen Aufmerksamkeit und unzählige Klicks erzielt werden und die das negative Bild in diesem Bereich der Baubranche beschreiben. Bei genauerer Betrachtung stellen jedoch die Vielzahl und die Qualität unserer funktionierenden Tiefbau- und Infrastrukturprojekte unser tägliches Leben sicher! Umso wichtiger ist es, ein sachliches und faktenbasiertes Bild zum Status, zur Entwicklung und zur Branchenleistung auf der Basis repräsentativer Daten und objektiver Erkenntnisse zu zeigen.

Die Analysen des vorliegenden, nunmehr zweiten VHV-Bauschadenberichts Tiefbau und Infrastruktur sind das Ergebnis umfassender Datenauswertungen gemeldeter Versicherungsschäden der VHV-Versicherungen aus dem Bereich der Berufs- und Betriebshaftpflichtversicherungen über einen Zeitraum zwischen 2015 und 2021. Dabei werden die Daten und Fakten von fast 40.000 Schadenfällen betrachtet. Die Ergebnisse zeigen die Entwicklung der Bauschadenzahlen, des Schadenaufwands (der Kosten) im Rahmen des Regulierungsprozesses, der Schadenarten und der Schadenursachen im Bereich Tiefbau und Infrastruktur, richten den Fokus allerdings auf den Zeitraum der letzten fünf Jahre zwischen 2017 und 2021.

Die Daten dieser aktuellen Analyse umfassen etwa 27.000 gemeldete Schadenfälle und einen Schadenaufwand von insgesamt rund 87 Millionen Euro. Darin findet sich ein kontinuierlicher Anstieg der jährlichen Schadenbeseitigungskosten im Betrachtungszeitraum um rund 24 Prozent. Der Blick auf die Kosten, die im Durchschnitt pro Schadenfall und Jahr aufzuwenden sind, weist einen Anstieg um rund 31 Prozent aus. Auch wenn bei der Bewertung dieser Summen zu berücksichtigen ist, dass ausschließlich bei der VHV gemeldete Schadenfälle betrachtet werden und sich damit kein repräsentatives Gesamtbild sämtlicher Versicherungsschadenfälle ableiten lässt, so ist dennoch – bei einer etwa gleichbleibenden Anzahl von Versicherungsverträgen – eine Entwicklung erkennbar. Insbesondere bestätigen die Zahlen die Annahme der steigenden Aufwendungen für die Abwicklung von Tiefbaus Schäden, zumal die Anzahl der Schadenfälle einen leichten Rückgang im Untersuchungszeitraum aufweist. Ob sich dieser Trend fortsetzt, bei einer zu erwartenden ansteigenden Anzahl von Bauvorhaben, ist, vom Zeitpunkt der Analyse als Momentaufnahme betrachtet, noch nicht absehbar. Ebenso verhält es sich mit dem Aufwand im Rahmen des Regulierungsprozesses, der nicht unerheblich von den derzeit sehr hohen Material- und Baukosten beeinflusst wird.

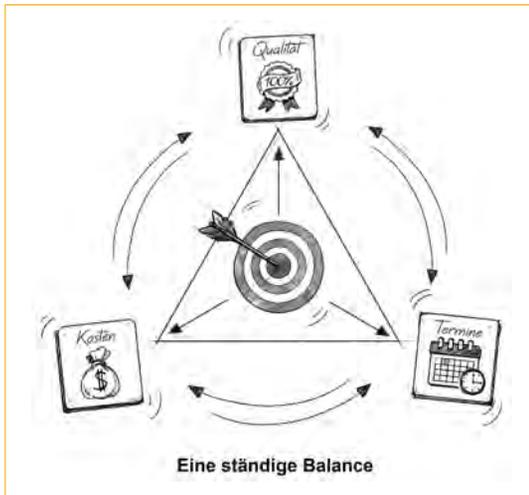
Letzter Blick in die aktuelle Situation: Als häufigste Schadenart wurden erneut Kabel- und Leitungsschäden (mit einem nochmaligen Anstieg bei Kommunikationsleitungen) als häufigste Schadenursache – unverändert wie in den vorherigen Untersuchungen – durch die Bedienung von Arbeitsmaschinen (mit dem größten Anteil bei Baggermaschinen) identifiziert.

Die Ergebnisse der analysierten Daten zeigen, welche Situationen besondere Risiken bzw. Potenziale im Hinblick auf die Mangel- und Schadenprävention beinhalten, darunter vor allem menschliche Fehlerquellen durch mangelhafte Arbeitsorgfalt. Diese wird zum Beispiel bei der Bedienung von Geräten und Maschinen sichtbar, äußert sich aber auch in weitreichenden Ausführungs- und Montagefehlern, durch die unzureichende Einholung von Leitungsauskünften oder die Nutzung fehlerhafter Leitungsauskünfte sowie eine fehlerhafte Bauüberwachung. Die Kenntnis dieser Ursachen und deren Folgen bildet die Basis der Perspektiven im Tief- und Infrastrukturbau, vor allem im Rahmen von Entwicklungen und Innovationen für den Planungs- und Bauprozess, für Aus- und Weiterbildungsstrategien, für Produkt- und Strategieentwicklungen sowie – nicht zuletzt – für Entscheidungen bei der Planung bestimmter Bauarten, der Kalkulation, der Angebotsabgabe und beim Zeitmanagement innerhalb der Firmen und bei weiteren Prozessbeteiligten, wie zum Beispiel Versicherungen und Berufsverbänden. Dabei spielen die Kompetenzen der beteiligten Personen eine wesentliche Rolle, die sich in den Entscheidungen, Festlegungen und Verantwortlichkeiten im Rahmen der Planung und Ausführung widerspiegelt. Beispielhaft sei hier die Informationseinholung, -bewertung, -verarbeitung und -weitergabe bei der Leitungsauskunft im Rahmen der Vorbereitung von Bauvorhaben benannt.

Mit der Größe und Komplexität der Bauvorhaben steigen die Risiken und möglichen Folgen von Mängeln und Schäden – das ist nicht zuletzt auch als ein Effekt hoher bzw. steigender Anforderungen im Hochbau und im Tiefbau gleichermaßen festzustellen. In diesem Zusammenhang spielen neben der Kompetenz und Verantwortlichkeit der Beteiligten zunehmend auch digitale Strukturen, Strategien, Abläufe bzw. Prozesse eine wesentliche Rolle.

Richten wir nun den Blick über den Planungs- und Bauprozess hinaus auf den weiteren Lebenszyklus der öffentlichen Infrastruktur, und damit auf die Nutzung, Wartung und Instandhaltung bestehender unter- und überirdischer Infrastrukturprojekte und Netze. Insbesondere die dauerhafte Funktions- und Leistungsfähigkeit der Kritischen Infrastruktur ist Grundlage einer funktionierenden Wirtschaft und Gesellschaft. Ihre Robustheit, Schadenunanfälligkeit und damit Widerstandsfähigkeit ist dafür wesentlich. Angriffe auf Infrastrukturprojekte, zum Beispiel durch Cyberangriffe, Natur- oder Kriegereignisse, können Haushalte, Unternehmen, Kommunen, Landstriche und Länder kurz- und mittelfristig handlungsunfähig machen. Eine stabile Infrastruktur, eine planmäßige Absicherung, insbesondere aber auch durchdachte Maßnahmenpläne für die beteiligten Menschen und ihr Handeln sind in diesem Zusammenhang wesentlich. Auch hier können digitale Mittel und Werkzeuge unterstützen, die Kompetenz der beteiligten Menschen jedoch nicht ersetzen.

Kommen wir noch einmal auf die Perspektiven im Planungs- und Bauprozess zurück: Mit dem perspektivischen Ausblick auf die vor uns liegenden Infrastrukturaufgaben im Rahmen des Energie- und Wärmenetzausbaus, des Kommunikationsnetzausbaus (Breitband, Ladesäuleninfrastruktur) und der zahlreichen Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten an Leitungsnetzen spielen vor allem die beschriebenen Informationsqualitäten und Kommunikationsprozesse eine immer wichtigere Rolle, um eine nachhaltige Bauqualität zu erreichen.



**Abb. 01:** Die Balance des Planungs- und Bauprozesses  
[Quelle: Markus Becker, Büro für Ingenieur- und Tiefbau GmbH, Bad Neuenahr-Ahrweiler]

Es ist zu erwarten, dass auch zukünftig mehr geplant, vergeben und gebaut werden wird, dass immer komplexere Bauvorhaben mit höheren Anforderungen in einem weitestgehend gebauten oder überbauten Umfeld errichtet und bearbeitet werden, dass schnelle Bauzeiten erwartet werden und dies bei möglichst geringen Baukosten mit einem zunehmend nachhaltigen Ansatz. Dabei sind und werden immer mehr Fachkräfte aus dem In- und Ausland miteinander, nebeneinander und nacheinander tätig sein. All diese Problemstellungen müssen im Sinne der Schadenprävention und nachhaltigen Bauqualität bewältigt werden mit Anforderungen an die Qualifikation und Kompetenz des Fachpersonals und die einzusetzenden Arbeitsmittel.

Ein vereintes Engagement und eine gute Kommunikation von Bund, Ländern, Verbänden und Institutionen der Wirtschaft, von Gewerkschaften, Unternehmen, Versicherungen und Sozialversicherungsträgern sowie insbesondere auch den ausbildenden Institutionen, wie Universitäten, Hochschulen, Berufsschulen und Ausbildungszentren, bleibt unverändert einer der wesentlichen Schlüssel für verbesserte Qualität, verringerte Risiken, Innovationskraft, Wettbewerbsfähigkeit und Sicherheit.

Insofern sind wir dankbar, dass uns zahlreiche Partner und Mitautoren aus der Wissenschaft und Wirtschaft im In- und Ausland bei der Erarbeitung des neuen Bauschadenberichts unterstützt haben und uns an ihren Innovationen, Produkten, Strategien, Verfahren und Hilfsmitteln teilhaben lassen, ganz im Sinne eines gemeinschaftlichen Engagements und guter Kommunikation. Sie zeigen: Es gibt eine Vielzahl an Ideen und Lösungen, die zum Teil brandneu sind, zum Teil aber auch schon ihre Bewährungsprobe in der Praxis hinter sich haben und somit eine gute Perspektive auf die zukünftigen Aufgaben im Bereich Tiefbau und Infrastruktur bieten.

Die Lösungen sind – das ist Ihnen bereits aus den vorherigen drei Bauschadenberichten bekannt – selbstverständlich nicht immer allgemeingültig und nicht immer vollumfänglich übertragbar: Sie bilden auch nicht immer die vollständige Bandbreite der Lösungen ab, sie zeigen vielmehr Möglichkeiten. Diese Möglichkeiten ergänzen diejenigen aus dem Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2020/21, und auch diese möchten wir mit Ihnen weiterführen. Dafür brauchen wir Ihre Mitarbeit durch konstruktive Kritik, ergänzende Themenvorschläge und weiterführende Zusammenarbeit.

Auch der vorliegende VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur 2022/23 hat die Zielsetzung, die Wahrnehmung von Bauqualität im Tief- und Infrastrukturbau und damit die Relevanz von Mangel- und Schadenprävention in den Vordergrund zu stellen. Wir wünschen uns, dass er als Kommunikations- und Arbeitsmittel genutzt und zur Diskussion, Sensibilisierung, Wissensvermittlung und Motivation beitragen möge.

Dieser Bericht ist Teil der VHV-Bauschadenberichtsreihe und erscheint zweijährlich im Wechsel mit dem Hochbaubericht. Verstehen Sie ihn weiterhin ausdrücklich als »unvollständig«. Er wird vertieft, erweitert, aktualisiert und optimiert werden. Nach dem Bericht ist in jedem Jahr vor dem Bericht! Für die Weiterführung der Reihe wünschen wir uns Ihre Mitarbeit und Unterstützung. Und für den vorliegenden Bericht Ihre aktive Nutzung und Weitergabe der Ideen, ganz im Sinne von Engagement und Kommunikation für Planungs- und Bauqualität!



# 9 WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN UND SERVICE

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	Website
1.2	Felix Pakleppa Hauptgeschäftsführer	Zentralverband Deutsches Baugewerbe	Kronenstraße 55–58 10117 Berlin	<a href="http://www.zdb.de">www.zdb.de</a>
1.3	Ingo Beilmann Rechtsanwalt	Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen e.V.	Bürgermeister-Spitta- Allee 18 28329 Bremen	<a href="http://www.bauindustrie-nord.de">www.bauindustrie-nord.de</a>
2.1	Prof. Dr. jur. Günther Schalk Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht	TOPJUS Rechtsanwälte Kupferschmid & Partner mbB	Lenbachstraße 19–21 86529 Schrobenhausen	<a href="http://www.topjus.de">www.topjus.de</a>
2.2	Heiko Gittinger Leiter Netzentwicklung Mitte	Netze BW GmbH	Schelmenwasenstraße 15 70567 Stuttgart	<a href="http://www.netze-bw.de">www.netze-bw.de</a>
2.2	Markus Heinrich Rechtsanwalt	Wolter Hoppenberg Rechtsanwälte Partnerschaft mbB	Apostelnkloster 17–19 50672 Köln	<a href="http://www.wolter-hoppenberg.de">www.wolter-hoppenberg.de</a>
2.3	Christian Schattenhofer Vertriebsdirektor Vertriebsdirektion Bauwirtschaft	VHV Allgemeine Versicherung AG	Hanauer Straße 22 80992 München	<a href="http://www.vhv-bauexperten.de">www.vhv-bauexperten.de</a>
2.3	Roland M. Scheuermeyer Geschäftsführer Bereichsleiter Versicherung	STRABAG Versicherungsvermittlung GmbH	Siegburger Straße 241 50679 Köln	<a href="http://www.strabag.de">www.strabag.de</a>
2.3	Detlef Sippel Leiter (stv.)/Geschäftsführer Hochtief AG Konzernabteilung Versicherung/ Hochtief Insurance Broking and Risk Management Solutions GmbH	HOCHTIEF Aktiengesellschaft	Opernplatz 2 45128 Essen	<a href="http://www.hochtief.de">www.hochtief.de</a>

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	Website
3.1	Dr. Hendrik Adolphi Leiter Technisches Anlagenmanagement	Netze BW GmbH	Schelmenwasenstraße 15 70567 Stuttgart	<a href="http://www.netze-bw.de">www.netze-bw.de</a>
3.1	Mario Stötzer Leiter Netzbetrieb	Ohra Energie GmbH	Fröttstädt Am Bahnhof 4 99880 Hörsel	<a href="http://www.ohraenergie.de">www.ohraenergie.de</a>
3.2	Ingo Reiniger Technischer Leiter	BIL eG	Josef-Wirmer-Straße 1 – 3 53123 Bonn	<a href="http://www.bil-leitungsauskunft.de">www.bil-leitungsauskunft.de</a>
3.3	Klaus Albrecht Jurist	Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung Referat 13 – Digitale Infrastruktur	Friedrichswall 1 30159 Hannover	<a href="http://www.mw.niedersachsen.de">www.mw.niedersachsen.de</a>
6.1.1	Dr. Eva Benz Leiterin Unternehmensentwicklung	BIL eG	Josef-Wirmer-Straße 1 – 3 53123 Bonn	<a href="http://www.bil-leitungsauskunft.de">www.bil-leitungsauskunft.de</a>
6.1.1	Markus Heinrich Rechtsanwalt	Wolter Hoppenberg Rechtsanwälte Partnerschaft mbB	Apostelnkloster 17 – 19 50672 Köln	<a href="http://www.wolter-hoppenberg.de">www.wolter-hoppenberg.de</a>
6.1.1	Jan Syré Leiter Politik & Kommunikation	Verband Sichere Transport- und Verteilnetze – KRITIS e. V. (VST)	Bahnhofstraße 1a 55452 Windesheim	<a href="http://www.vst-kritis.de">www.vst-kritis.de</a>
6.1.2	Peter Aymanns Leiter Netzführung und Geodaten	Netzgesellschaft Düsseldorf mbH	Höherweg 200 40233 Düsseldorf	<a href="http://www.netz-duesseldorf.de">www.netz-duesseldorf.de</a>
6.1.3	Olaf Alm Leiter Netze	EAM Netz GmbH	Monteverdisträße 2 34131 Kassel	<a href="http://www.EAM-Netz.de">www.EAM-Netz.de</a>
6.1.3	Volker Patzwaldt Leiter Zentrale Systemführung	MVV Energie AG	Luisenring 49 68159 Mannheim	<a href="http://www.mvv-netze.de">www.mvv-netze.de</a>
6.1.4	Olaf Nattenberg Leiter Netzdokumentation	Westnetz GmbH	Bochumer Straße 2 45661 Recklinghausen	<a href="http://www.westnetz.de">www.westnetz.de</a>
6.2.1	Dipl.-Ing. Markus Becker Geschäftsführer	Berthold Becker Büro für Ingenieur- und Tiefbau GmbH	Ehlinger Straße 14 53474 Bad Neuenahr- Ahrweiler	<a href="http://www.ib-becker.com">www.ib-becker.com</a>

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	Website
6.2.2	Daniel Kolb Ingenieur Betriebskonzept Übertragungsnetz Netzführungskonzepte (SFK) / Grid Operation Concepts	TransnetBW GmbH	Ohmstr. 4 73240 Wendlingen	<a href="http://www.transnetbw.de">www.transnetbw.de</a>
6.3.1	Prof. Dr. Steffen Warmbold Stv. Hauptgeschäftsführer Leiter Grundsatzthemen	Verband Beratender Ingenieure VBI	Budapester Straße 31 10787 Berlin	<a href="http://www.vbi.de">www.vbi.de</a>
6.3.1	Dr. Clemens Kremer	Verband Beratender Ingenieure VBI	Budapester Straße 31 10787 Berlin	<a href="http://www.vbi.de">www.vbi.de</a>
6.3.2	Olaf Alm Leiter Netze	EAM Netz GmbH	Monteverdistraße 2 34131 Kassel	<a href="http://www.EAM-Netz.de">www.EAM-Netz.de</a>
6.3.2	Volker Patzwaldt Leiter Zentrale Systemführung	MVV Energie AG	Luisenring 49 68159 Mannheim	<a href="http://www.mvv-netze.de">www.mvv-netze.de</a>
6.3.3	Rainer Schermuly Leiter technische Dienste	Stadtwerke Ratingen GmbH	Sandstraße 36 40878 Ratingen	<a href="http://www.stadtwerke-ratingen.de">www.stadtwerke-ratingen.de</a>
6.3.3	Dr. Heiko Spitzer Geschäftsführender Gesellschafter	entellgenio GmbH	Ismaninger Straße 52 81675 München	<a href="http://www.entellgenio.com">www.entellgenio.com</a>
7.1.1	Arnd Laber Leiter Geschäftsbereich Infrastruktur	Triflex GmbH & Co. KG	Karlstraße 59 32423 Minden	<a href="http://www.triflex.de">www.triflex.de</a>
7.1.2	Dipl.-Ing. Stefan Ehlert Teamleiter Erd- und Straßenbau	Die Autobahn GmbH des Bundes	Heidestraße 15 10557 Berlin	<a href="http://www.autobahn.de">www.autobahn.de</a>
7.1.3	Dr.-Ing. Sebastian Schulze Geschäftsführender Gesellschafter	Bauray GmbH	Bei der Neuen Münze 12 b 22145 Hamburg	<a href="http://www.bauray.de">www.bauray.de</a>
7.2.1	Dipl.-Ing. Thorsten Försterling Innovationsmanager	alberts.architekten BDA Büro für Soziale Architektur	Sennestadtring 15 b 33689 Bielefeld	<a href="http://www.alberts-architekten.de">www.alberts-architekten.de</a>
7.2.1	Martin Griese, M.Sc. Transfermanager – Mobilität	Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe Institut für Energieforschung (IFE)	Campusallee 12 32657 Lemgo	<a href="http://www.ife-owl.de">www.ife-owl.de</a>

Kapitel	Name	Unternehmen	Adresse	Website
7.2.2	Oliver Lichtenstein Geschäftsführer	Beagle Systems GmbH	Neumann-Reichardt- Straße 27 – 33 22041 Hamburg	<a href="http://www.beaglesystems.com">www.beaglesystems.com</a>
7.2.2	Mitja Wittersheim Chief Operating Officer	Beagle Systems GmbH	Neumann-Reichardt- Straße 27 – 33 22041 Hamburg	<a href="http://www.beaglesystems.com">www.beaglesystems.com</a>
7.2.3	Dipl.-Ing. Jörg Himmerich Geschäftsführer	Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH	Heiligengeiststraße 19 30173 Hannover	<a href="http://www.veenkermbh.de">www.veenkermbh.de</a>
7.3.2	Klaus-Peter Reim	Gesellschaft für Ingenieurbau Bauwerksinstandhaltung und Anlagenmanagement mbH	Zwenkauer Straße 159 04420 Markranstädt	<a href="http://www.giba-online.de">www.giba-online.de</a> <a href="http://www.utility-tunnel.com">www.utility-tunnel.com</a>
7.3.2	Dr. Heiko Spitzer Geschäftsführender Gesellschafter	entellgenio GmbH	Ismaninger Straße 52 81675 München	<a href="http://www.entellgenio.com">www.entellgenio.com</a> <a href="http://www.utility-tunnel.com">www.utility-tunnel.com</a>
7.3.3	Dr.-Ing. Tobias Schack	Leibniz Universität Hannover Institut für Baustoffe Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie	Appelstraße 9A 30167 Hannover	<a href="http://www.baustoff.uni-hannover.de">www.baustoff.uni-hannover.de</a>
7.3.4	Aldo Josef Taraboi Analyst	CONTACT GmbH	Josef-Umdasch-Platz 1 3300 Amstetten Österreich	<a href="http://www.kontakt.com">www.kontakt.com</a>





Ausgang (mit  
4-Müller-Platz

Staatsgalerie

U4  
Stachus

15

# 10 DANK

Vor Ihnen liegt der VHV-Bauschadenbericht Tiefbau und Infrastruktur des Jahrgangs 2022/23 mit dem Untertitel »Sichere Infrastruktur« – etwa 300 Seiten voller Daten und Informationen, Innovationen und Möglichkeiten, die im Rahmen intensiver Arbeit im vergangenen Jahr erarbeitet, entwickelt und zusammengetragen wurden, um Ihnen wieder ein interessantes Kommunikationswerkzeug an die Hand zu geben.

Das Interesse am Tiefbauthema nach der Veröffentlichung des ersten VHV-Bauschadenberichts Tiefbau und Infrastruktur 2020/21 war sehr groß. Es gab ein überaus positives Feedback, auch konstruktive Kritik und vielfache Nachfragen bezüglich einer Möglichkeit der Mitwirkung an einem der Nachfolgeberichte. Dieses überwältigende Echo zeigte uns, dass unsere Arbeit, bestehend aus akribischer Recherche und Datenanalyse, unzähligen Gesprächen und Diskursen sowie dem Engagement und der Mitarbeit zahlreicher am Bau beteiligter Unternehmen, Verbände, Kammern, Initiativen und Fachleute, angenommen und genutzt wird.

Besonders freut uns auch die Information, dass einige Universitäten und Hochschulen, aber auch weitere Aus- und Weiterbildungsstätten die Berichte als Unterrichts- und Schulungsmaterial nutzen. So kommen zunehmend auch Bachelor- und Masterstudenten auf uns zu, um ihre Arbeiten mit Interviews, Daten oder Fragestellungen zu ergänzen. Das bestärkt uns in unserem Bestreben, konsequent und mit aller Kraft daran zu arbeiten, die Kommunikation zur Planungs- und Bauqualität weiter voranzubringen.

Aber Sie wissen, ohne die Mitarbeit und die Unterstützung der zahlreichen Beteiligten wäre auch das vorliegende Werk nicht möglich gewesen – insbesondere möchten wir uns bei der VHV Allgemeine Versicherung bedanken, die durch ihre finanzielle Unterstützung sowie die Bereitstellung der umfangreichen Datenbasis die Grundlage bildet, an diesem Thema weiter zu forschen. Darüber hinaus gilt unser Dank einem Kreis von Partnern, der uns Autoren mit Ideen, Engagement, Fachkompetenz und Praxiserfahrung sowie mit einem breiten Netzwerk an Kontakten unterstützt hat. Hier möchten wir besonders die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der VHV Allgemeine Versicherung AG, der BIL eG, des Verbands Sicherer Tiefbau e.V., der Berthold Becker – Büro für Ingenieur- und Tiefbau GmbH, der TOPJUS Rechtsanwälte Kupferschmid & Partner mbB und der Wolter Hoppenberg Rechtsanwälte Partnerschaft mbB erwähnen.

Darüber hinaus haben wieder zahlreiche Autoren mit hochinteressanten Fachbeiträgen, insbesondere in den Kapiteln 2, 6 und 7, den Bauschadenbericht bereichert und zu einem aktuellen, problem- und praxisorientierten Werk werden lassen, das inhaltlich einen optimistischen und innovativen Blick in die Zukunft des Tiefbau- und Infrastrukturbereichs weist:

- alberts.architekten BDA, Büro für Soziale Architektur, Bielefeld
- Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen e.V., Bremen
- Bauray GmbH, Hamburg
- Beagle Systems GmbH, Hamburg
- CONTACT GmbH, Amstetten, Austria
- Die Autobahn GmbH des Bundes, Berlin
- Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover
- EAM Netz GmbH, Kassel
- entellgenio GmbH, München
- Gesellschaft für Ingenieurbau, Bauwerksinstandhaltung und Anlagenmanagement mbH, Markranstädt
- HOCHTIEF Aktiengesellschaft, Essen
- Leibniz Universität Hannover, Institut für Baustoffe, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, Hannover
- MVV Energie AG, Mannheim
- Netze BW GmbH, Stuttgart
- Netzgesellschaft Düsseldorf mbH, Düsseldorf
- Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung, Referat 13 – Digitale Infrastruktur, Hannover
- Ohra Energie GmbH, Hörsel
- Stadtwerke Ratingen GmbH, Ratingen
- STRABAG Versicherungsvermittlung GmbH, Köln
- Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Institut für Energieforschung (iFE), Lemgo
- TransnetBW GmbH, Wendlingen
- Triflex GmbH & Co. KG, Minden
- Verband Beratender Ingenieure VBI, Berlin
- Verband Sichere Transport- und Verteilnetze – KRITIS e.V. (VST), Windesheim
- Westnetz GmbH, Recklinghausen
- Zentralverband des Deutschen Baugewerbes, Berlin

Wir danken allen Beteiligten und Unterstützern für die Möglichkeit, ihr Wissen, ihre Expertise und ihre Erfahrung im Bauschadenbericht vorstellen und veröffentlichen zu dürfen!

Die Autoren  
Institut für Bauforschung e.V.

# Abbildungsverzeichnis

## Vorworte

- Seite 3,** Minister Olaf Lies [Foto: Shinophotography]  
**Seite 5,** Dr. Sebastian Reddemann [Foto: VHV Allgemeine Versicherung AG]  
**Seite 7,** Dipl.-Ing. (TH) Markus Becker [Foto: Dominik Ketz]  
**Seite 9,** Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Victor Rizkallah [Foto: Leibniz Universität Hannover]

## Einleitung

### 1 Tiefbau und Infrastruktur in Deutschland

- Seite 25,** Ingo Beilmann

### 2 Rechtssichere Bauqualität

- Seite 41,** Abb. 01: Verfügbarer bisheriger Verlegestandard von Leitungen [Quelle: VST]  
**Seite 41,** Abb. 03: Überbaute Stromtrasse in der Praxis [Quelle: Netze BW GmbH]  
**Seite 41,** Abb. 02: Schema einer verfügbaren Überbauung von Trassen [Quelle: VST]  
**Seite 42,** Abb. 04: Überbaute Stromtrasse in der Praxis [Quelle: Netze BW GmbH]  
**Seite 44,** Abb. 05: Montagegrube mit und ohne Überbauung [Quelle: VST]

### 3 Entwicklungen in Tiefbau und Infrastruktur

- Seite 59,** Mario Stötzer  
**Seite 60,** Hendrik Adolph [Foto: Andreas Martin]  
**Seite 61,** Abb. 01: Ausbauziele bis 2030 in Deutschland [Quelle: Netze BW GmbH]  
**Seite 66,** Ingo Reiniger  
**Seite 67,** Abb. 01: Anfragetypen – Was wurde im BIL-Portal 2022 geplant und gebaut? Rechtes Diagramm: Verteilung der Anfragen in der Kategorie -Leitungsbau- mit Anfragen vom Typ -Breitband- [Quelle: BIL eG]  
**Seite 68,** Abb. 02: Jährliche Anfragen vom Typ -Breitband- im BIL-Portal (inklusive Wachstum sowie deren Anteil am BIL-Gesamtanfragevolumen [Quelle: BIL eG]  
**Seite 70,** Abb. 03: Bundesweite Verteilung der BIL-Anfragen -Breitband- (Leerrohrverlegung, Telekommunikations-/Steuerkabel) im Zeitraum 2016–2022 [Quelle: BIL eG & OpenStreetMap contributors]  
**Seite 71,** Abb. 04: Auszug aus Deutschlandkarten; links: Datenbank BIL-Portal (Stand: Dezember 2022, [Quelle: BIL eG]); rechts: Breitbandatlas (Stand: November 2022, [Quelle: Bundesnetzagentur])  
**Seite 71,** Abb. 05: Anfragen vom Typ Breitband- im BIL-Portal je Bundesland im Zeitraum 2016–2021 [Quelle: BIL eG]; oben rechts: Vergleich mit den aktuellen Bevölkerungszahlen [Quelle: Statista 2021]  
**Seite 72,** Klaus Albrecht

### 4 Aktuelle Schadenanalyse

- Seite 80,** Abb. 01: Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 81,** Abb. 02: Die Anzahl der gemeldeten Schadenfälle, 2015 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 82,** Abb. 03: Anzahl der gemeldeten Schadenfälle 2015 bis 2021, mit einer Prognose der Entwicklung bis zum Jahr 2025 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 83,** Abb. 04: Zeitraum zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung, Meldejahre 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 84,** Abb. 05: Durchschnittliche Anzahl der Monate zwischen Schadenereignis und Schadenmeldung bei geschlossenen und noch offenen Schadenfällen [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 85,** Abb. 06: Verhältnis der geschlossenen zu den noch offenen Schadenfällen, Meldejahre 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 86,** Abb. 07: Aufwand für die gemeldeten Schadenfälle pro Jahr, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 87,** Abb. 08: Aufwand für geschlossene Schadenfälle, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 88,** Abb. 09: Aufwand für Schadenfälle in Bearbeitung, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 89,** Abb. 10: Durchschnittlicher Aufwand je Schadenfall pro Jahr, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 91,** Abb. 11: Die prozentuale Zusammensetzung der Aufwandskosten aller gemeldeten Schadenfälle, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 92,** Abb. 12: Die Aufschlüsselung der durchschnittlichen Einzelkosten je Schadenfall pro Jahr, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 93,** Abb. 13: Die festgestellten Schadenarten, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 94,** Abb. 14: Die häufigsten festgestellten Schadenarten, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

- Seite 95,** Abb. 15: Die prozentuale Zusammensetzung der einzelnen Kostenkomponenten an den gesamten Aufwendungen je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 96,** Abb. 16: Rückstellung, Regulierungskosten und Zahlung je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 98,** Abb. 17: Entwicklung der Regulierungskosten je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 100,** Abb. 18: Entwicklung der Zahlungen je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 102,** Abb. 19: Die festgestellten Schadenursachen, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 104,** Abb. 20: Die häufigsten festgestellten Schadenursachen, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 105,** Abb. 21: Die festgestellten Schadenstellen, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 107,** Abb. 22: Die Entwicklung der häufigsten Schadenstellen, 1990 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 108,** Abb. 23: Die fünf häufigsten Schadenstellen, 2015 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 112,** Abb. 24: Die häufigsten Schadenursachen bei Leitungsschäden, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 112,** Abb. 25: Die von Leitungsschäden betroffenen Leitungsarten, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 113,** Abb. 26: Die Schadenentwicklung von Starkstromkabeln und Kommunikationsleitungen, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 117,** Abb. 27: Erzeugerpreisindizes für ausgewählte Baumaterialien [Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023]  
**Seite 119,** Abb. 28: Die Entwicklung der Schadenbeseitigungskosten je Schadenart, 2017 bis 2021 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 121,** Abb. 29: Einschätzung der befragten Unternehmen zu Maßnahmen zur Schadenvermeidung [Grafik: IFB, Daten: IFB]

### 5 Schadenbeispiele

- Seite 126,** Abb. 01: Der zu unterquerende Bereich vor dem Mehrfamilienhaus  
**Seite 127,** Abb. 02: Bestehende Ausbruchstelle in der betonierten Garagenzufahrt (provisorisch verfüllt)  
**Seite 128,** Abb. 03: Unterspülung im Bereich des Gehwegs und der Garagenzufahrt, Zustand nach der provisorischen Verfüllung  
**Seite 128,** Abb. 04: Wie Abb. 03, Detailansicht  
**Seite 130,** Abb. 01: Aufwölbung im Randbereich der Betonplatte  
**Seite 131,** Abb. 02: Gipslinse im Baugrund  
**Seite 132,** Abb. 03: Ungestörter Boden im Bereich der Baugrunduntersuchung  
**Seite 135,** Abb. 01: Neu erstelltes Brückenbauwerk  
**Seite 138,** Abb. 01: Öffnung der Bohrfahrl-/Baugrubenwand durch einen Bagger mit Hydraulikhammer  
**Seite 139,** Abb. 02: Überflutete Baugrube mit Bagger  
**Seite 143,** Abb. 01: Abschnitt eines neu hergestellten Leitungsstrangs für die Trinkwasserversorgung (blaue Rohrleitung)  
**Seite 144,** Abb. 02: Abschnitt eines neu hergestellten Leitungsstrangs für die Trinkwasserversorgung, Zwischenstand während des Hygienetests  
**Seite 144,** Abb. 03: Wie Abb. 02  
**Seite 147,** Abb. 01: Angelegter Suchschacht  
**Seite 148,** Abb. 02: Repariertes Glasfaserkabel mit mehreren eingespleißten Teilstücken  
**Seite 148,** Abb. 03: Wie Abb. 02, Detailansicht

### 6 Aktuelle Fokusthemen und Lösungen

- Seite 152,** Dr. Eva Benz  
**Seite 152,** Markus Heinrich  
**Seite 152,** Jan Syré  
**Seite 161,** Olaf Alm  
**Seite 161,** Volker Patzwaldt  
**Seite 164,** Olaf Nattenberg  
**Seite 164,** Abb. 01: Erfolgreiche Navigation an die grobe Lokation einer möglichen Baustelle oder Planungsmaßnahme [Foto: Westnetz]  
**Seite 165,** Abb. 02: Definition der Ausdehnung der Maßnahme, automatische Erstellung der relevanten Blattsnitte [Foto: Westnetz]  
**Seite 166,** Abb. 03: Übersicht der relevanten Daten und der dem Anfragenden bereitgestellten Unterlagen [Foto: Westnetz]  
**Seite 167,** Abb. 04: Betriebsmitteldarstellung, hier Planauszug Gas [Foto: Westnetz]  
**Seite 170,** Dipl.-Ing. (TH) Markus Becker [Foto: Dominik Ketz]

- Seite 171**, Abb. 01: BIM bedeutet Fachgespräche mit den Projektbeteiligten [Foto: Dominik Ketz]  
**Seite 173**, Abb. 02: Datengold an der offenen Baugrube erkennen [Foto: Dominik Ketz]  
**Seite 175**, Daniel Kolb  
**Seite 180**, Abb. 01: Struktur des Versorgungssystems [Quelle: TransnetBW GmbH]  
**Seite 181**, Abb. 02: Aufgaben der Systemführung [Quelle: TransnetBW GmbH]  
**Seite 182**, Abb. 03: Mechanismen der Systemverantwortung [Quelle: TransnetBW GmbH]  
**Seite 183**, Abb. 04: Phasen des Netzwiederaufbaus (NWA) [Quelle: TransnetBW GmbH]  
**Seite 184**, Abb. 05: Aufbau Teilnetze [Quelle: TransnetBW GmbH]  
**Seite 187**, Prof. Dr. Steffen Warmbold  
**Seite 187**, Dr. Clemens Kremer  
**Seite 190**, Olaf Alm  
**Seite 190**, Volker Patzwaldt  
**Seite 192**, Abb. 01: Anzahl der Netzanfragen [Quelle: Stromnetz Berlin GmbH]  
**Seite 192**, Abb. 02: Anfragen über die Online-Netzauskunft [Quelle: Platzwerke Netz AG]  
**Seite 193**, Abb. 03: Leitungsbeschädigungen »Firma A« [Quelle: EAM Netz GmbH]  
**Seite 195**, Abb. 04: Nichtverfügbarkeit des Berliner Verteilungsnetzes (SAIDI) [Quelle: Stromnetz Berlin]  
**Seite 197**, Abb. 01: Komplexität des Umfelds für Energieversorger [Quelle: entelgenio GmbH]  
**Seite 197**, Rainer Schermuly  
**Seite 197**, Dr. Heiko Spitzer  
**Seite 198**, Abb. 02: Nutzen/Vorteile des AMS konform der Norm [Quelle: entelgenio GmbH]  
**Seite 199**, Abb. 03: Aufgaben und Zeitplan auf dem Weg zur Zertifizierung 2020–2022 [Quelle: entelgenio GmbH]  
**Seite 201**, Abb. 04: Unterscheidung Asset-Risiken und Geschäftsrisiken der SWR (vereinfacht) [Quelle: entelgenio GmbH]  
**Seite 202**, Abb. 05: Entwicklung von Zielgrößen, Auszug aus Variantenbetrachtungen bei den SWR [Quelle: entelgenio GmbH]  
**Seite 203**, Abb. 06: Maßnahmen des Strom- und Wassernetzes/Ausbau des Glasfasernetzes [Quelle: entelgenio GmbH]  
**Seite 203**, Abb. 07: Ablauf zur Identifizierung von Synergiepotenzialen [Quelle: entelgenio GmbH]
- ## 7 Auf dem Weg in die Zukunft
- Seite 208**, Arnd Laber  
**Seite 209**, Abb. 01: Beispiel einer Brandschadensanierung an der A 14 [Quelle: Triflex]  
**Seite 213**, Abb. 03: Herstellung der Probeplatten; links: Mischgutherstellung, Mitte: Walzsektor-Verdichtungsgerät, rechts: Probeplatten [Quelle: Triflex]  
**Seite 213**, Abb. 04: Probekörperserien [Quelle: Triflex]  
**Seite 217**, Abb. 01 Absaugeinrichtung an einem Straßenfertiger [Quelle: Autobahn GmbH]  
**Seite 218**, Abb. 02: Herstellung eines temperaturabgesenkten Asphalts mit Absaugeinrichtung am Straßenfertiger [Quelle: Autobahn GmbH]  
**Seite 219**, Abb. 01: Historische Durchstrahlungsbilder von Wilhelm Conrad Röntgen aus dem Jahr 1896; links: Albert Köllikers Hand, rechts: Röntgens Jagdgewehr [Quelle: gemeinfrei; entnommen bei: [https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm\\_Conrad\\_Röntgen](https://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_Röntgen), abgerufen am 24.03.2023]  
**Seite 219**, Dr.-Ing. Sebastian Schulze, Geschäftsführender Gesellschafter der bauray GmbH  
**Seite 223**, Abb. 02: Hallenquerschnitt mit Bauteildarstellungen auf Grundlage der Bestandsunterlagen, Darstellung der geplanten Sanierungsmaßnahmen (rot) [Quelle: Arch. Peter Appel, Nordstemmen]  
**Seite 224**, Abb. 03: Tatsächliche Ausführung des Binders in Stahl- bzw. Spannbetonbauweise [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 225**, Abb. 04: Anordnung von Röntgenröhre und Digitaldetektor für die Durchstrahlungsprüfung (exemplarisch) [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 225**, Abb. 05: Skizze zur Durchstrahlung (links) und zugehöriges digitales Röntgenbild (rechts) [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 226**, Abb. 06: Detailansichten Röntgenbilder inklusive Markierung identifizierbarer Bauteile [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 227**, Abb. 07: Rekonstruierter Binderquerschnitt [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 228**, Abb. 08: Wandansicht und zugehöriger Bewehrungsplan: Darin sind (a) der Unterzug, (b) Auflagertasche, (c) Grundbewehrung aus Matten Q 636 Ø 9–10 mm und (d) Zulagebewehrung 2 × 5 Ø 25 mm. Die Pfeile kennzeichnen die Lage der Ultraschall- und Radarmessspuren. [Quelle: bauray GmbH/ rechts: AWD Ingenieure, Köln]  
**Seite 229**, Abb. 09: Radarbilder (links) und Ultraschallbilder (rechts) als horizontale Wandquerschnitte entlang der Messspuren aus Abb. 08 [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 230**, Abb. 10: Prüfaufbau mit Röntgenröhre (links) und Detektor (Speicherfolie, rechts) [Quelle: bauray GmbH]
- Seite 231**, Abb. 11: Radiographien der Stahlbetonwand [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 231**, Abb. 12: Vermaßtes Röntgenbild, hier: Teilbild Nr. 2 aus Bild 11 [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 233**, Abb. 13: Versuchsaufbau für die Durchstrahlung von Stützecken für den Zustandsnachweis des Eiskeisens; links: Skizze des Versuchsaufbaus sowie der in Abb. 14 abgebildeten Bewehrung, rechts: Prüfaufbau vor Ort, unten: Röntgenbild der Stützecke mit vermaßter Bewehrung [Quelle: bauray GmbH]  
**Seite 236**, Thorsten Försterling [Foto: We How Sky – Peter Wehowsky]  
**Seite 236**, Martin Griese [Foto: We How Sky – Peter Wehowsky]  
**Seite 236**, Thorsten Försterling  
**Seite 236**, Martin Griese  
**Seite 237**, Abb. 01: Entwurf der Kabine [TH OWL 2021 © © Design Team Monocab: Prof. Ulrich Nether, Prof. Hans Sachs, Carolina Meirelles, Maximilian Müh]  
**Seite 238**, Abb. 02: Testfeldertüchtigung – Schleifen der Gleise durch die Alberts Fischer GmbH [Foto: Thorsten Försterling]  
**Seite 240**, Abb. 03: Rendering [TH OWL 2021 © © Design Team Monocab: Prof. Ulrich Nether, Prof. Hans Sachs, Carolina Meirelles, Maximilian Müh]  
**Seite 242**, Oliver Lichtenstein  
**Seite 242**, Mitja Wittersheim  
**Seite 243**, Abb. 01: Bei Inspektion und Überwachung großer Flächen können Drohnen wertvolle Helfer sein. [Foto: René Grygiere]  
**Seite 244**, Abb. 02: Die neue Gesetzeslage ermöglicht es, Drohnen ohne direkten Sichtkontakt von ganz unterschiedlichen Orten aus zu steuern. [Foto: Ole Freier]  
**Seite 245**, Abb. 03: Auf einem eigenen kleinen Hangar wird die Drohne in der Nähe des Einsatzorts geparkt und ist jederzeit schnell verfügbar. [Foto: Beagle Systems]  
**Seite 246**, Jörg Himmerich  
**Seite 251**, Abb. 01: Einfluss variierender Überdeckung [Quelle: Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH]  
**Seite 252**, Abb. 02: Schutzmaßnahmen und deren Einwirkung auf die Leitung [Quelle: Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH]  
**Seite 257**, Abb. 01: Anzahl der Schadenursachen, 2015 bis 2019 [Grafik: IFB, Daten: VHV]  
**Seite 261**, Dr. Heiko Spitzer  
**Seite 261**, Klaus-Peter Reim  
**Seite 262**, Abb. 01: Innerstädtischer Neubau eines begehbaren Leitungskanals [Foto: GIBA mbH]  
**Seite 263**, Abb. 02: Unterirdische, meist begehbare Leitungskanäle als »smarte« Lösungsalternative  
**Seite 265**, Abb. 03: Aufgaben zur fundierten und ganzheitlichen Bewirtschaftung von Leitungskanälen  
**Seite 268**, Tobias Schack  
**Seite 269**, Abb. 01: Darstellung einzelner visuell wahrnehmbarer (Oberflächen-)Merkmale an der Oberfläche des ausgebreiteten Betons bei der Konsistenzprüfung [Quelle: T. Schack]  
**Seite 270**, Abb. 02: Schematischer Überblick über die einzelnen Schritte der entwickelten bildbasierten Methodik zur digitalen Bewertung von (Frisch-)Betoneigenschaften [Quelle: T. Schack, M. Coenen, M. Haist]  
**Seite 271**, Abb. 03: 3-D-Oberflächenmodelle von ausgebreiteten Frischbetonen in Abhängigkeit vom Ausbreitmaß (F2 bis F5) – Veränderung der Konsistenz durch systematische Variation des Leimgehalts von 304 Litern pro Kubikmeter (a), 354 Litern pro Kubikmeter (b) bis 404 Litern pro Kubikmeter (c) [Quelle: T. Schack, M. Coenen, M. Haist]  
**Seite 272**, Abb. 04: Überblick der zu prüfenden (Frisch-)Betoneigenschaften im Rahmen der Identitätsprüfung gemäß DIN 1045-3<sup>18</sup> (links) und unter Anwendung der bildbasierten Methodik (rechts) [Quelle: T. Schack]  
**Seite 274**, Aldo Josef Taraboi  
**Seite 276**, Abb. 01: Schematische Darstellung des Datenflusses [Quelle: A. J. Taraboi]  
**Seite 277**, Abb. 02: In BIM modellierter Schalwagen: Die Drucksensoren sind gelb eingezeichnet, blau die Füllstandsmessensoren. [Quelle: A. J. Taraboi]  
**Seite 278**, Abb. 03: Dashboard mit Messdaten. [Quelle: A. J. Taraboi]  
**Seite 278**, Abb. 04: Eingebauter und verkabelter Drucksensor [Quelle: A. J. Taraboi]
- ## 8 Perspektive
- Seite 284**, Abb. 01: Die Balance des Planungs- und Bauprozesses [Quelle: Markus Becker, Büro für Ingenieur- und Tiefbau GmbH, Bad Neuenahr-Ahrweiler]
- ## 9 Weiterführende Informationen und Service
- ## 10 Dank
- ### Stellvertreterfotos
- Seite 14, 18, 29, 30, 57, 58, 78, 124, 150, 169, 186, 205, 206, 215, 235, 280, 286, 291, 292** [IFB]

ISBN 978-3-7388-0792-9



9 783738 807929