



Handwerk im Bevölkerungsschutz und Resilienz in Krisenzeiten

www.ifh-goettingen.de

ifh Forschungsbericht 37

Till Proeger, Lukas Meub



Volkswirtschaftliches **Institut**
für **Mittelstand & Handwerk**
an der Universität Göttingen



2026

**Veröffentlichung des
Volkswirtschaftlichen Instituts für Mittelstand und Handwerk
an der Universität Göttingen
Forschungsinstitut im Deutschen Handwerksinstitut e.V.**

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISSN 2751-2215

DOI-URL: <https://doi.org/10.47952/gro-publ-397>

Alle Rechte vorbehalten

ifh Göttingen | Heinrich-Düker-Weg 6 | 37073 Göttingen

Tel.: +49 551 39 34882

E-Mail: info@ifh.wiwi.uni-goettingen.de

Internet: www.ifh-goettingen.de

GÖTTINGEN | 2026

Handwerk im Bevölkerungsschutz und Resilienz in Krisenzeiten

Zusammenfassung: Deutschland steht als Industriegesellschaft in einer Zeit multipler Krisen vor der Herausforderung, eine komplexe technische Infrastruktur aufrechtzuerhalten, obwohl Investitionen in physische Infrastrukturen und das sie tragende technisch-handwerkliche Humankapital über Jahrzehnte zurückgegangen sind. Parallel erhöhen Klimaveränderung, der demografische Wandel, steigende Energiepreise sowie wachsende soziale und geopolitische Spannungen den Druck auf kritische Infrastrukturen und das Risiko systemischer Krisen. Für die unmittelbare Reaktion auf derartige Krisen, aber auch für die langfristige Erhöhung der gesamtstaatlichen Resilienz spielt das Handwerk eine entscheidende Rolle. Die vorliegende Studie analysiert dafür die kurz- und langfristige Perspektive und verdeutlicht so den Beitrag des Handwerks für die Erhöhung der gesamtstaatlichen Resilienz.

Zunächst wird in einer langfristigen Perspektive die angespannte Ausgangslage von kritischer Infrastruktur geschildert, die sich insbesondere aus steigenden Energiekosten, begrenzten staatlichen Mitteln und rasch absinkendem Fachkräftepotenzial ergibt. Diese Rahmenbedingungen erzeugen Tendenzen zur Reduktion gesell-

schaftlicher und technischer Komplexität, woraus sich auch eine Entwicklung hin zu höherer Resilienz ergeben kann. Daran anknüpfend wird das Handwerk als zentraler Träger der materiellen Reproduktion technischer Infrastrukturen eingeordnet und die Perspektive der langfristigen Erhöhung der gesellschaftlichen Resilienz eingenommen. Hierfür wird die Anpassung von Infrastrukturen an ein ressourcenkonformes und nachhaltig tragfähiges Niveau durch mehr handwerkliche Qualifikationen in der Bevölkerung, höhere Autarkiegrade bei Vorprodukten sowie weniger komplexe und dadurch robustere Infrastrukturen beschrieben.

In der kurzfristigen Perspektive wird anschließend skizziert, warum das Handwerk für die akute Reaktion auf Krisen entscheidend ist und wie eine systematische Einbindung des Handwerks in Strukturen des Bevölkerungsschutzes für die kurzfristige Wiederherstellung kritischer Infrastrukturen aussehen kann. Übergreifend werden Handlungsempfehlungen für die Verknüpfung von Handwerk und Bevölkerungsschutz sowie zur Erhöhung der gesamtgesellschaftlichen Resilienz gegeben und künftige Forschungsbedarfe für dieses aus Handwerkssicht bislang wenig beachtete Themengebiet formuliert.



Volkswirtschaftliches **Institut**
für Mittelstand & Handwerk
an der Universität Göttingen

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Hintergrund der Studie: Komplexität, Fragilität und Resilienz.....	3
	2.1 Die energetische Basis gesellschaftlicher und technischer Komplexität	3
	2.2 Herausforderungen für die gesellschaftlich – technische Komplexität.....	5
	2.3 Resilienz als Zielsetzung.....	9
3	Die Rolle des Handwerks	12
	3.1 Das Handwerk und langfristige Resilienz.....	12
	3.1.1 Abbau gesellschaftlicher und technischer Komplexität	13
	3.1.2 Erhöhung des handwerklichen Qualifikationsniveaus	15
	3.1.3 Verringerung der Abhängigkeit von internationalen Lieferketten	17
	3.1.4 Trade-offs der Erhöhung von Resilienz und die Rolle des Handwerks.....	19
	3.2 Das Handwerk und die Reaktion auf akute Krisen	20
	3.2.1 Relevanz des Handwerks für die akute Krisenreaktion	20
	3.2.2 Schnittstellen staatlicher Akteure und Handwerk.....	22
4	Fazit und Forschungsausblick	29
5	Literatur	32

Abbildungen

Abb. 1: Grundlogik des EROI	4
Abb. 2: EROI verschiedener Energieträger	5
Abb. 3: Demografische Struktur der Bundesrepublik Deutschland	6
Abb. 4: Anteile der Bevölkerung mit Studium und beruflicher Ausbildung	7
Abb. 5: Die vier Quadranten der Theorie der normalen Unfälle nach Perrow	8
Abb. 6: Engineering vs. Ecological Resilience.....	10
Abb. 7: Steigende Komplexität und schnelle Komplexitätsreduktion	14
Abb. 8: Auszubildende und Studierende	16
Abb. 9: Trade-off zwischen Resilienz und Effizienz in Lieferketten	18
Abb. 10: Schock und Wiederherstellungszeit	20
Abb. 11: Akteure des Katastrophenschutzes im föderalen Gefüge	23

Tabellen

Tabelle 1: KRITIS-Sektoren und relevante Handwerksgewerke.....	21
Tabelle 2: Tätige Personen und Anteile nach Gewerbegruppen	21
Tabelle 3: Föderale Ebenen und Berührungspunkte zum Handwerk	25
Tabelle 4: Handwerksakteure und Anknüpfungspunkte zum Katastrophenschutz.....	27

1. Einleitung

Deutschland sieht sich als moderne Industriegesellschaft in einer Zeit multipler Krisen mit der Aufgabe konfrontiert, eine hochgradig verflochtene, technisch anspruchsvolle und damit komplexe Infrastruktur aufrechtzuerhalten. Unter den veränderten energie- und sicherheitspolitischen Rahmenbedingungen, wachsendem demografischem Druck und geopolitischer Unsicherheit geraten die Systeme der Daseinsvorsorge, die als kritische Infrastrukturen (KRITIS) bezeichnet werden, wie Energie, Wasser, Verkehr, IT und Gesundheit, zunehmend unter Druck (vgl. z.B. Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages, 2025; BSI, 2023). Gleichzeitig ist über Jahrzehnte eine strukturelle Unterinvestition in physische Infrastrukturen zu beobachten, während die Anforderungen an diese Systeme durch die Energiewende, Elektrifizierung und gesellschaftliche Erwartungen an Versorgungssicherheit und Komfort stetig gestiegen sind (vgl. z.B. KfW, 2025). Eine Reaktion auf diese Herausforderungen im Bereich kritischer Infrastrukturen ist die Forderung nach einer Erhöhung der technischen und gesellschaftlichen Resilienz, um Krisen und Herausforderungen besser begegnen zu können (BMI, 2022, 2024).

Resilienz und gesellschaftlich-technische Komplexität stehen dabei in einem grundsätzlichen Spannungsverhältnis. Je komplexer und enger gekoppelt Systeme organisiert sind, desto anfälliger werden sie für Störungen und Kaskadeneffekte, auch wenn sie im Normalbetrieb hohe Effizienz- und damit Wohlstandsgewinne ermöglichen. Resilienz verlangt demgegenüber Redundanzen, Puffer, Überschusskapazitäten und die Fähigkeit zur lokalen Selbstorganisation – Eigenschaften, die in komplexen, auf Kosteneffizienz ausgerichtete Strukturen aus Effizienzgründen abgebaut werden. Unter Normalbedingungen ist diese Konstellation herausfordernd, aber in der Regel handhabbar (Perrow, 1984).

Gleichzeitig steigt der Druck auf die tragenden Infrastrukturen auf verschiedenen Ebenen. Zentral ist dabei der tendenzielle Verlust dauerhaft verfügbarer, günstiger Energie: So lässt sich eine bestimmte Stufe gesellschaftlicher und technischer Komplexität nur aufrechterhalten, solange die energetische bzw. Ressourcenbasis in der Lage ist, die Kosten dieser Komplexität zu tragen. Fällt diese Basis weg bzw. wird sie teurer oder volatil verfügbarer, sind Gesellschaften gezwungen, ihre Komplexität zurückzubauen oder sie reduziert sich kurzfristig und ungeplant (Tainter, 1988). Die Energiewende kann als systematischer Umstieg auf weniger dichte, in der Endkonsequenz potenziell teurere Energieträger verstanden werden. Sie konfrontiert

Industriegesellschaften mit einer doppelten Herausforderung, ihre Infrastrukturen auf eine verringerte energetische Grundlage einzustellen und in der Folge das Niveau gesellschaftlicher und technischer Komplexität zu reduzieren (Hall & Klitgaard, 2012). Gleichzeitig aber kann eine angestrebte Energiewende, welche eine erfolgreiche Implementation weniger zentraler Strukturen und einer geringeren Importabhängigkeit von fossilen Brennstoffen umsetzt, eine langfristige Steigerung der Resilienz in der Energieversorgung und sinkende, weniger volatile und von globalen Entwicklungen abhängige Energiepreise erreichen. Im Sinne einer vorausschauenden Resilienz ist die Annahme eines optimalen Transformationsprozesses basierend auf politischen Zielstellungen in der langen Frist jedoch fehlgeleitet und unterschlägt substanzielle Risiken. Vielmehr muss von einer fortbestehenden Vulnerabilität hinsichtlich Energieversorgung und Energiepreisen – insbesondere in kurzer und mittlerer Frist - ausgegangen werden. Stark wachsende Energiebedarfe durch neu zu schaffende technische Infrastruktur (z.B. Ladeinfrastruktur für E-Autos oder Rechenzentren für Anwendungen der künstlichen Intelligenz) verstärken den Druck auf die Energiemärkte, insbesondere den Strommarkt erheblich (IEA, 2026).

Parallel hierzu verschärfen sich die Rahmenbedingungen auf dem Arbeits- und Qualifikationsmarkt. Der demografische Wandel reduziert das verfügbare Erwerbspersonenpotenzial, insbesondere durch kleinere in den Arbeitsmarkt eintretende Jahrgänge gegenüber dem bevorstehenden Ruhestand der geburtenstarken Jahrgänge, wodurch die Fachkräfteknappheit in vielen technischen und industriellen Bereichen steigt. Besonders deutlich zeigen sich diese Engpässe im Handwerk, da sich hier der gesellschaftliche Trend zur Akademisierung in den letzten Jahrzehnten verstärkend auswirkt (vgl. z.B. ZDH, 2025a; KfW, 2025). Übergreifend tragen also mehrere Faktoren dazu bei, dass die tragenden energetischen und demografischen Grundlagen gesellschaftlicher und technischer Komplexität erodieren.

Die Erhöhung der technischen und gesellschaftlichen Resilienz wird dadurch zu einer erheblichen Herausforderung, die eine gesamtgesellschaftliche Priorisierung der Verteilung staatlicher und privater Ressourcen erfordert. Vor diesem Hintergrund rückt das Handwerk als zentrale Trägergruppe der Aufrechterhaltung der technischen Infrastruktur in den Fokus. Handwerksbetriebe stellen einen wesentlichen Teil des umsetzenden Personals für Bau, Betrieb, Wartung und Wiederherstellung kritischer Infrastrukturen dar – vom Energie- und

Wärmesektor über Wasser, Verkehr, IT- und Kommunikationssysteme bis zu Gebäuden und technischen Anlagen. Eine Erhöhung der Resilienz dieser Infrastrukturen muss folglich die Rolle des Handwerkssektors reflektieren.

Dabei ist eine kurzfristige von einer langfristigen Perspektive zu trennen. In der kurzen Frist ist zu fragen, wie das Handwerk in Deutschland in Krisenvorsorge und -reaktion so eingebunden werden kann, dass ein robuster Zugewinn an Resilienz der kritischen Infrastrukturen erreicht wird. Hierbei muss also vor allem die organisatorische Einbindung und die bestmögliche Verteilung handwerklicher Fähigkeiten im Krisenfall untersucht und verbessert werden. In einer langfristigen Perspektive muss hingegen geklärt werden, wie die Anpassung der gesellschaftlichen und technischen Komplexität an ein potenziell niedrigeres Energie- und Ressourcenniveau und an eine deutlich kleinere demografische Basis erfolgen soll und welche Rolle handwerkliche Qualifikationen hierbei spielen werden. Hierbei muss im Sinne einer „Bildungswende“ (ZDH, 2025a) die deutliche Stärkung handwerklich-technischer Fähigkeiten in der Erwerbsbevölkerung thematisiert werden, ebenso wie regionale Resilienz durch systematische Reduktion technischer Komplexität und damit einhergehend eine Verringerung der Abhängigkeit von internationalen Lieferketten (z.B. im Sinne der europäischen Industriestrategie; vgl. EC, 2025a). Die vorliegende Studie untersucht beide Fragestellungen separat und schlägt zum einen vor, welche Schritte für eine Einbindung des Handwerks in Strukturen der Krisenreaktion in Deutschland erforderlich wären. Zum anderen werden zentrale Erfordernisse der langfristigen Resilienz-Erhöhung und der dafür nötigen Bezüge zum Handwerk diskutiert.

Zu diesem Zweck gliedert sich die Argumentation in vier Schritte. Kapitel 2 beschreibt zentrale Aspekte zur energetischen Basis von Komplexität (2.1), benennt Herausforderungen für die gesellschaftliche und technische Komplexität (2.2) und definiert sowie diskutiert schließlich Begriff und Zielsetzung der Resilienz (2.3). Kapitel 3 wendet sich der Rolle des Handwerks zu. Zunächst wird dafür aus langfristiger Perspektive analysiert, wie der Abbau gesellschaftlicher und technischer Komplexität im Sinne einer Erhöhung der Resilienz erfolgen kann (3.1.1). Im Anschluss werden die zwei zentralen Erfordernisse dafür diskutiert: Die gesamtgesellschaftliche Erhöhung des handwerklichen Qualifikationsniveaus (3.1.2) sowie die Verringerung der Abhängigkeit von internationalen Lieferketten (3.1.3). Abschließend werden die Trade-offs dieses Strebens nach Resilienz diskutiert (3.1.4). Im Anschluss (3.2) wird die kurzfristige Perspektive der Einbindung des Handwerks in Krisenreaktionsstrukturen beschrieben. Hierfür wird zunächst die Relevanz des Handwerks für akute Krisenreaktionen analysiert (3.2.1) und im Anschluss Schnittstellen staatlicher Akteure und des Handwerks benannt (3.2.2), wobei jeweils staatliche Strukturen und Akteure der Handwerksorganisation mit ihren jeweiligen Bezugspunkten zur Krisenreaktion beschrieben werden und anschließend plausible Schnittstellen zwischen beiden Akteursgruppen hergeleitet werden. Kapitel 4 schließt mit einem Fazit und einem Forschungsausblick, der Ansatzpunkte für empirische Untersuchungen zur weiteren Verschränkung von Handwerk und Akteuren der Krisenreaktion gibt.

2. Hintergrund der Studie: Komplexität, Fragilität und Resilienz

2.1 Die energetische Basis gesellschaftlicher und technischer Komplexität

Ein zentrales Modell zum Verständnis gesellschaftlicher Komplexität wurde durch Tainter (1988) formuliert. Im Anschluss daran lässt sich das Grundmodell der systematischen Reduktion der Komplexität von Gesellschaften als eine ökonomische Logik der „abnehmenden Erträge von Komplexität“ beschreiben. Gesellschaften reagieren auf Probleme – etwa Sicherheitsbedrohungen, Ressourcenknappheit oder Koordinationsbedarfe – typischerweise, indem sie ihre soziale und technische Komplexität erhöhen: Sie schaffen neue Institutionen und Verwaltungsebenen, spezialisieren Aufgaben, bauen Informations- und Kontrollsysteme aus und entwickeln auf diese Weise immer aufwendigere technische und gesellschaftliche Infrastrukturen. Diese zusätzlichen Schichten an Organisation und Technik erzeugen anfangs hohe Nettoerträge, weil sie Probleme effektiv lösen und neue Ressourcen erschließen. Gleichzeitig sinken jedoch mit jeder weiteren Stufe der Komplexitätssteigerung die Grenzerträge: Zusätzliche Verwaltung, Spezialisten, Infrastruktur und Kontrollmechanismen verursachen steigende laufende Kosten, während die zusätzlich erzielbaren Problemlösungsgewinne immer geringer ausfallen.

Komplexität ist in diesem Sinne kein „kostenloser“ Fortschritt, sondern ein dauerhaft zu finanzierendes Arrangement, das kontinuierliche Überschüsse an Energie und Ressourcen voraussetzt. Sinkt die energetische Basis – etwa durch erschöpfte, teurer werdende oder schwerer zugängliche Energiequellen – oder steigen die Kosten ihrer Erschließung, geraten Gesellschaften in die Situation, dass die Aufrechterhaltung ihres Komplexitätsniveaus nicht mehr durch ausreichende Nettoerträge gedeckt ist. In dieser Konstellation wird zusätzliche Komplexität zur Belastung, und es kann notwendig

werden, Institutionen, Infrastrukturen und organisatorische Ebenen „abzuschalten“, also Komplexität abzubauen. Tainter definiert den Kollaps einer Gesellschaft genau als solch einen raschen und umfassenden Verlust an organisatorischer, technischer und informationeller Komplexität, aber nicht notwendigerweise als Zerstörung einer Gesellschaft. Entscheidender Punkt seines Modells ist dabei, dass dieser Kollaps nicht als Zufall oder moralisches Scheitern verstanden wird, sondern als strukturelle Folge einer langfristigen Entwicklung, in der die Kosten der Komplexität die durch sie erzielbaren Erträge übersteigen und die zugrundeliegende Energie- und Ressourcenbasis nicht mehr ausreicht, um das erreichte Niveau von Komplexität zu tragen (Tainter, 1988).

Im Anschluss an Meadows et al. (2004) lässt sich argumentieren, dass sich die Industriegesellschaften bereits seit einigen Jahrzehnten in genau dem Anpassungsprozess befinden, den Tainter (1988) als Reaktion komplexer Gesellschaften auf die Erschöpfung ihrer Ressourcenbasis beschreibt: Meadows et al. (2004) zeigen empirisch und auf Modellbasis, dass die aktuelle ökonomische Entwicklung in einer Ressourcenübernutzung (Overshoot) mit anschließendem Kollaps von Industrieproduktion und sinkender Bevölkerungszahl mündet, sobald die auf kontinuierliches Wachstum ausgerichtete Wirtschaftsweise auf endliche Ressourcen und begrenzte ökologische Senken zur Kompensation von Umweltschäden der Produktion trifft. Die zentrale Größe in dieser Entwicklung ist die Verfügbarkeit günstiger Energie, die entscheidend die weitere Ressourcenförderung und -verarbeitung ermöglicht. Die Basisentwicklung innerhalb des Wegs zum Overshoot ist der über mehrere Jahrzehnte schleichend sinkende sog. Energy Return on Investment (EROI)¹. Die Grundlogik hinter der Berechnung des EROIs verschiedener Energieträger ist in Abb. 1 ersichtlich, wobei bei jedem Schritt der Energiegewinnung für die Endnutzung Energiekosten entstehen, die die schlussendlich verfügbare Energie reduzieren.

¹ Der Energy Return on Investment (EROI) bezeichnet das Verhältnis von gewonnener nutzbarer Energie zu der Energie, die für Förderung, Umwandlung, Transport und Bereitstellung dieses Energieträgers aufgewendet werden muss. Ein EROI von 20:1 bedeutet beispielsweise, dass mit einer Einheit eingesetzter Energie zwanzig Einheiten

nutzbare Energie bereitgestellt werden. Je niedriger der EROI, desto größer ist der Anteil der gesamten Wirtschaftsleistung, der in das Energiesystem selbst fließen muss – und desto weniger Nettoenergie steht für andere gesellschaftliche und wirtschaftliche Zwecke zur Verfügung (vgl. z.B. Hall et al., 2014).

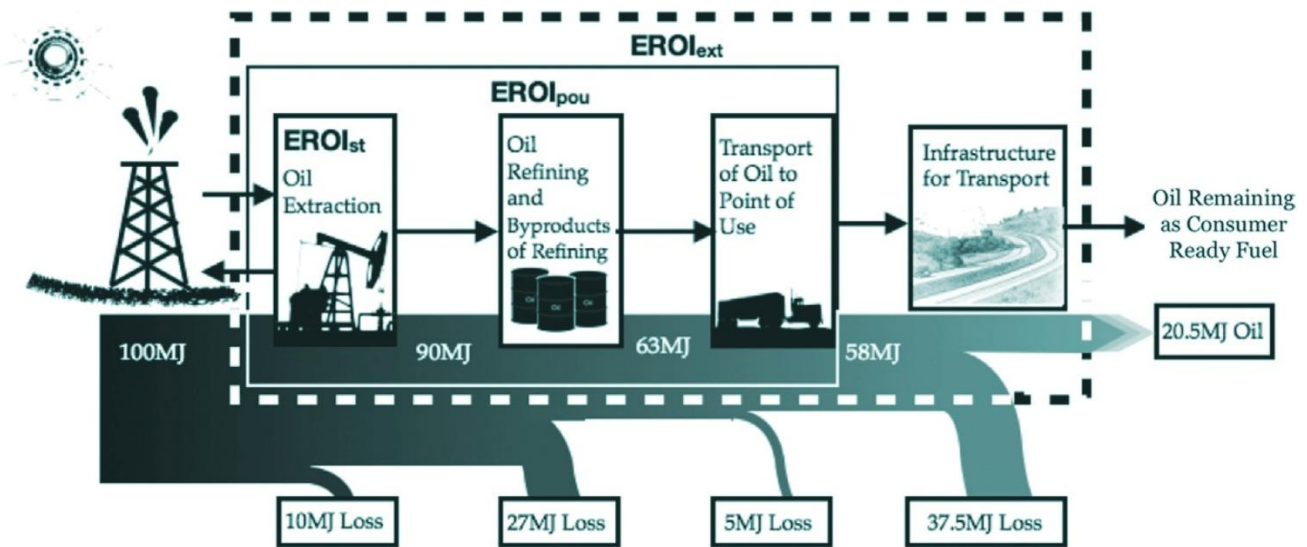


Abb. 1: Grundlogik des EROI

Quelle: Hall et al. (2014), S. 142

Historisch stützte sich der Aufstieg der Industriegesellschaften auf Energieträger mit sehr hoher Energiedichte und hohem EROI – konventionelles Erdöl, Erdgas und hochwertige Kohle –, also auf Energiequellen, bei denen mit einer Einheit eingesetzter Energie ein Vielfaches an nutzbarer Energie gewonnen werden konnte. Energieökonomische Studien zeigen jedoch, dass der EROI der fossilen Energieträger im Verlauf des 20. Jahrhunderts deutlich gefallen ist, da günstig erschließbare Vorkommen verbraucht wurden und in der Folge immer schwerer zugängliche, verstreute oder qualitativ schlechtere Lagerstätten erschlossen werden müssen (vgl. Lambert et al., 2013; Hall et al., 2014).

Parallel dazu sind viele der heute ausgebauten erneuerbaren Energieträger – Wind, Solar, Biomasse – physikalisch durch geringere Energiedichten, größere Flächenbedarfe und hohe Material- und Infrastrukturaufwände gekennzeichnet. Es ist daher nachvollziehbar, dass sie im Gesamtsystem niedrigere EOIRs aufweisen als die in der historischen Hochphase der konventionellen fossilen Energien erreichten, insbesondere wenn Speicher, Netzausbau und Backup-Kapazitäten mitberücksichtigt

werden. Für die Gesamtgesellschaft bedeutet eine sinkende Nettoenergie – also ein fallender EROI –, dass ein wachsender Anteil der wirtschaftlichen Aktivität in die Gewinnung, Wandlung und Verteilung von Energie selbst fließt und entsprechend weniger „überschüssige“ Ressourcen für komplexe Institutionen, hochspezialisierte Dienstleistungen, redundante Infrastrukturen und Wohlstandskonsum zur Verfügung stehen. Genau diesen Mechanismus beschreiben Hall und andere, wenn sie zeigen, dass sinkende EROI-Werte eine Reduktion von wirtschaftlichem Wachstum, gesellschaftlichem Wohlstand und hoher gesellschaftlicher Komplexität bewirken (vgl. Hall et al., 2014; vgl. auch Murphy, 2022; Hall & Day, 2009 für aktuellere EROI-Schätzungen mit ähnlichem Ergebnis). Abb. 2 gibt hierfür Schätzungen für verschiedene Energieträger, ihre aktuelle Relevanz für den internationalen Verbrauch und zum Teil ihre historische Entwicklung. Deutlich wird daran sowohl der starke Abfall des EOIRs für fossile Energieträger (vgl. z.B. domestic oil 1930 – 1970 – 2000 sowie tar sands in Abb. 2), wie auch der niedrige EROI und gesamte Energiebeitrag erneuerbarer Energieträger.

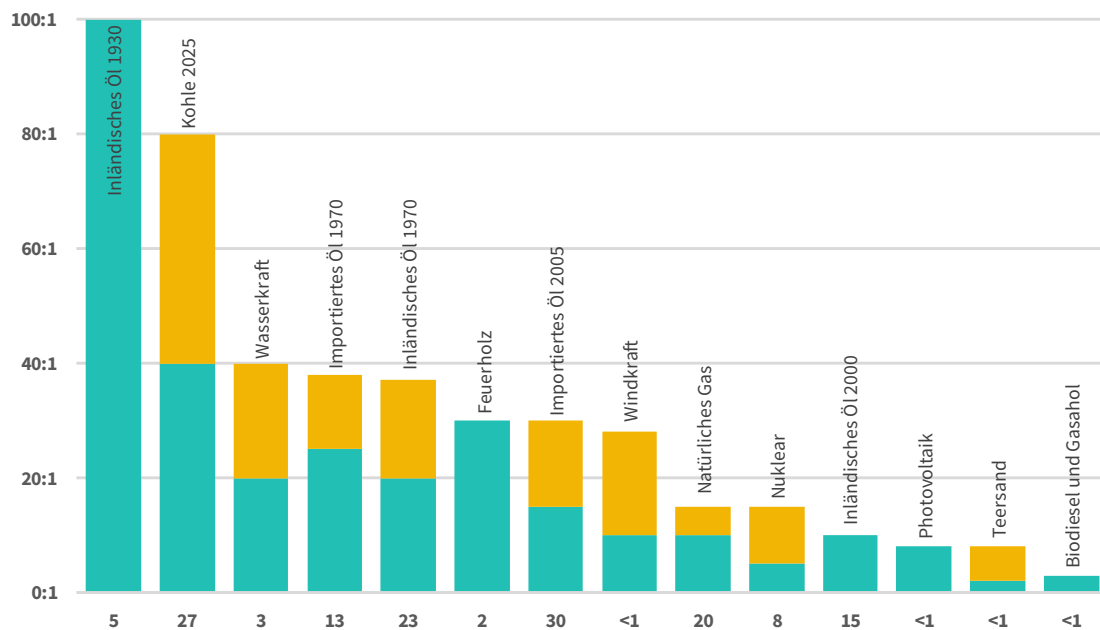


Abb. 2: EROI verschiedener Energieträger

Hinweis: Inländisch bzw. Importiert bezieht sich auf die USA.
Hellere Balken repräsentieren abweichende Schätzungen des EROIs.
Quelle: Darstellung nach Hall & Day (2009), S. 236

Vor diesem Hintergrund lässt sich die Energiewende als Übergang von einem Energiesystem mit wenigen, hochkonzentrierten und historisch extrem ergiebigen Primärenergieträgern hin zu einem System räumlich diffuser und ceteris paribus netto weniger ergiebiger Energieträger interpretieren. Die Industriegesellschaften müssen entsprechend lernen, komplexe technische und soziale Strukturen an ein niedrigeres Nettoenergieregime anzupassen. Die Kombination aus sinkendem globalen EROI, steigenden Energie- und Rohstoffpreisen und zusätzlichem Investitionsbedarf für erneuerbare Infrastrukturen und Netze wirkt dabei wie ein Filter auf gesellschaftliche und technische Komplexität: Energetisch und finanziell „teure“ Komplexitätsformen – etwa hochgradig arbeitsteilige, just-in-time organisierte Lieferketten, energieintensive Produktionszweige oder energieintensive Komfort- und Dienstleistungsstrukturen – geraten unter Druck und werden entweder zurückgebaut oder nur noch für prioritäre Bereiche gegen hohe Preise aufrechterhalten. Die Wege der biophysikalisch erzwungenen Komplexitätsreduktion sind dabei eine proaktive Gestaltung – etwa durch bewusstes Vereinfachen von Infrastrukturen, schrittweise Regionalisierung von Wertschöpfung und Stärkung robuster Grundfunktionen – oder ungeplant über Preissteigerungen, Investitionsstau, sektorialem Kollaps und soziale Konflikte. In diesem Spannungsfeld bewegt sich die Umsetzung der Energiewende in den Industriestaaten. Sie ist als Versuch einer kontrollierten, politisch

gesteuerten Anpassung an die biophysikalischen Grenzen zu interpretieren, während faktisch der gesamte Energieüberschuss der entwickelten Industriegesellschaften bereits in den „maintenance metabolism“ fließt, also dem reinen Erhalt von Infrastrukturen. Gleichzeitig mehren sich die Anzeichen dafür, dass diese Energieüberschüsse bereits seit längerem nicht ausreichen, um die physische Infrastruktur, die gesellschaftlichen Systeme der Umverteilung und insgesamt das bestehende Niveau der gesellschaftlichen Komplexität aufrechtzuerhalten und somit Korrekturen durch reale Knappheiten erzwungen werden (vgl. dazu ausführlicher Hall & Klitgaard, 2012).

Neben der energiebezogenen Grundtendenz sinkender EROIs und geringerer Energieüberschüsse bestehen jedoch noch weitere Herausforderungen für die Stabilität der Infrastrukturen, die parallel Druck auf die Funktionsfähigkeit und Resilienz gegenüber Krisen ausüben.

2.2 Herausforderungen für die gesellschaftlich – technische Komplexität

Neben den biophysikalischen Grenzen gesellschaftlicher Komplexität – sinkender EROI, steigender Energiekosten und ein wachsender Investitionsbedarf im Energiesystem – wirken zusätzliche strukturelle Trends, die die Aufrechterhaltung eines hohen Niveaus technischer

Infrastruktur erschweren. Besonders relevant sind (1) der demografische Wandel insbesondere durch das Ausscheiden der Babyboomer-Generation bei gleichzeitiger Akademisierung der nachrückenden Kohorten, (2) die verschärfte weltpolitische Lage mit einem Anstieg hybrider Angriffe auf kritische Infrastrukturen sowie (3) die weiter steigende gesellschaftliche und technische Komplexität, insbesondere im Energiesektor. Zusammengenommen verschärfen diese Entwicklungen den Druck auf technische Infrastrukturen und erschweren den Aufbau von gesellschaftlicher Resilienz.

Eine grundlegende Verschiebung in Hinblick auf die Aufrechterhaltung der Infrastrukturen liegt im demografischen Wandel und dort insbesondere auf zwei Ebenen. Nach Berechnungen des Statistischen Bundesamts werden in den kommenden 15 Jahren rund 13,4 Mio.

Erwerbspersonen das gesetzliche Rentenalter erreichen – etwa ein Drittel der heutigen Erwerbsbevölkerung. Gleichzeitig nehmen erhebliche Anteile die Möglichkeit von frühzeitiger Verrentung in Anspruch; betroffen sind vor allem die geburtenstarken Jahrgänge der „Babyboomer“ mit Geburtsjahrgängen von etwa 1957 bis 1969. Bis 2036 werden dann fast 20 Mio. Erwerbstätige in Rente gehen, während deutlich weniger Jüngere nachrücken. Dies bedeutet neben Verteilungskonflikten zwischen Erwerbstätigen und Rentner*innen eine erhebliche Steigerung der Arbeitskosten in qualifizierten Berufen und damit steigende Kosten für die Aufrechterhaltung aller gesellschaftlichen Strukturen, insbesondere aber der Infrastruktur. Abb. 3 zeigt die Veränderungen der Altersstruktur im Zeitverlauf (vgl. Schaefer & Deschermeier (2024) sowie Destatis (2025a).

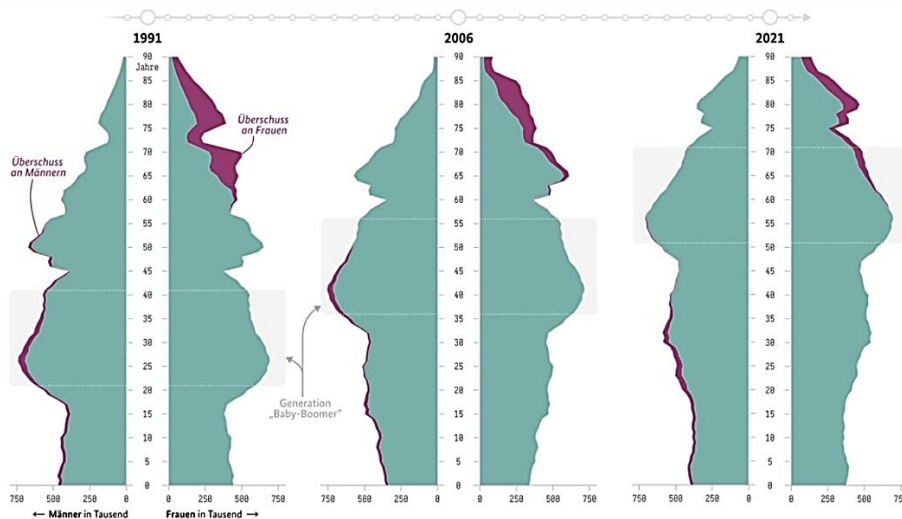


Abb. 3: Demografische Struktur der Bundesrepublik Deutschland

Quelle: BiB (2025), aus BiB 2022, Daten: Destatis

Dieser Effekt wird vom zweiten Trend verschärft, dass seit Jahrzehnten der Anteil akademisch Qualifizierter steigt, während beruflich-technische Ausbildungswege relativ an Gewicht verlieren. Abb. 4 verdeutlicht diesen Zusammenhang und die sich über die Generationen vergrößernde Differenz zwischen den Anteilen an Auszubildenden und Studierenden (vgl. Destatis, 2023). Gleichzeitig liegt unter den Studierenden der Schwerpunkt im Bereich der Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, während technische und naturwissenschaftliche Fächer deutlich weniger belegt werden (Destatis, 2025b).

In der Summe bedeutet dies: Eine zahlenmäßig starke, in deutlich höherem Maße beruflich-technisch ausgebildete Generation scheidet aus dem Berufsleben aus (vgl. dazu auch Abb. 4). Gleichzeitig rücken deutlich kleinere und stärker akademisierte Kohorten in mehrheitlich

nicht-technischen Fächern nach – bei einem physisch weitgehend konstanten oder sogar wachsenden Bestand an Infrastrukturen. Die pro Kopf zu leistende Wertschöpfung und Instandhaltung der bestehenden Infrastrukturen steigt, wodurch der Druck auf die bestehenden Strukturen wächst. Dies führt zu einer Erhöhung der Fragilität der Strukturen und zu einem gleichzeitig erforderlichen Abbau vieler Strukturen aufgrund der zu geringen Zahl an technisch-beruflich qualifizierten Erwerbstätigen. Für die verbleibenden technischen Infrastrukturen werden die erforderlichen Lohnkosten deutlich steigen, da für die entsprechenden Funktionsposten eine weitaus geringere Anzahl qualifizierter Personen zur Verfügung steht, was zu höherem Wettbewerb und steigenden Löhnen führt. Eine Kompensation dieser Effekte durch Migration oder Import von Dienstleistungen erscheint aktuell wenig realistisch.

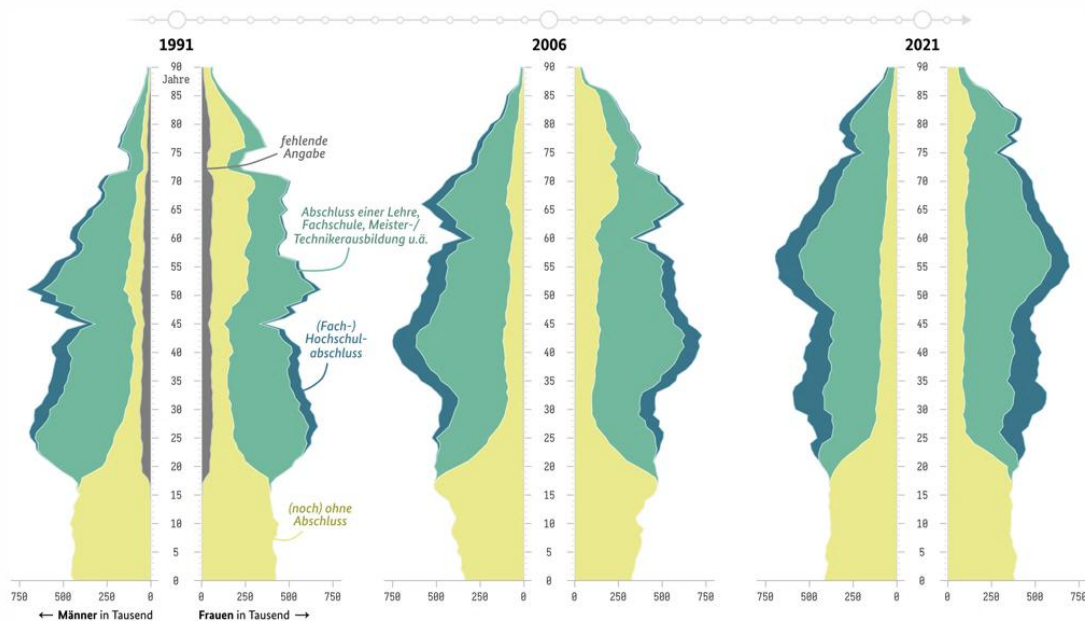


Abb. 4: Anteile der Bevölkerung mit Studium und beruflicher Ausbildung

Quelle: BiB (2025), aus BiB 2022, Daten: Mikrozensus

Eine akute zusätzliche Dimension des Drucks auf Infrastrukturen besteht durch die weltpolitische Lage und daraus resultierende hybride Bedrohungen. Nach Jahrzehnten der relativ hohen inneren und äußeren Sicherheit führt der Wandel weltweiter Machtverhältnisse und die Zunahme inner- und interstaatlicher Konflikte in Europa zur Erkenntnis, dass Gesellschaft und Infrastrukturen verletzlich und unzureichend resilient sind. Die hybride Kriegsführung gegen Deutschland und seine Verbündeten – darunter Spionage, Sabotage sowie Angriffe auf Energie-, Kommunikations- und Transportinfrastruktur – verdeutlichen diese neue Grundgefährdung (Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages, 2025). Dasselbe gilt für Bedrohungen im Cyberraum, die in Deutschland auf eine relativ schwache Sicherheitskultur und geringe Investitionen in Cybersicherheit treffen. Dabei sind insbesondere Betreiber kritischer Infrastrukturen Ziel von digitalen Angriffen, da diese mit relativ geringem Aufwand erhebliche Kosten und Schaden in gegnerischen Gesellschaften erzielen können. Entsprechend kommt das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik in seinem Lagebericht 2023 zu dem Fazit, dass die „Bedrohung im Cyberraum so hoch wie nie zuvor“ ist; insbesondere Betreiber kritischer Infrastrukturen werden als besonders gefährdet hervorgehoben (Zur Bedrohungslage vgl. BSI, 2023).

Auf politischer Ebene besteht der Versuch, dieser Gefährdung durch das KRITIS-Dachgesetz zu begegnen, das Betreiber großer Energie-, Verkehrs-, Gesundheits- oder IT-Infrastrukturen zu verstärkten Schutzmaß-

nahmen, Meldepflichten und Resilienzplänen verpflichtet – ausdrücklich vor dem Hintergrund wachsender hybrider Bedrohungen (BMI, 2024). Übergreifend zeigt dies, dass die verstärkte Vernetzung und Digitalisierung der vergangenen Jahre nicht nur die Funktionalität, sondern auch die Angriffsfläche einer Gesellschaft gegenüber ihren Gegnern erhöht hat. Dies erzwingt wachsende Sicherungsaufwände, Redundanzen und Überwachungsschichten, die wiederum Ressourcen und Fachpersonal erfordern. Insbesondere der Betrieb kritischer Infrastrukturen wird dadurch ressourcenintensiver und gleichzeitig aufgrund äußerer und innerer Angriffe volatiler. Dies erzwingt gleichermaßen eine Fokussierung der Ressourcen und einen sinkenden Spielraum für zusätzliche gesellschaftliche und technische Komplexität an anderer Stelle (vgl. zu diesem Aspekt z.B. Bitcom (2024) zum Ausmaß von Cyberkriminalität gegen deutsche Unternehmen und die resultierenden steigenden Ausgaben für IT-Sicherheit).

Schließlich ist als dritte zentrale Einflussgröße auf die steigende Anfälligkeit der Infrastrukturen der Energiesektor zu nennen. Die Energiewende und mit ihr der stark gestiegene Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung hat dazu geführt, dass im Bereich der Energieproduktion und -konsumption die technische Komplexität erheblich zugenommen hat. Der Umbau des Energiesystems auf stärker fluktuierende erneuerbare Energien erhöht die Netzauslastung und macht den Netzbetrieb anspruchsvoller; netzbezogene Eingriffe (Redispatch, Abregelungen, Reserveabrufe)

werden häufiger nötig, um die Stabilität des Systems zu sichern (VDE, 2025). In einem Systemstabilitätsbericht, den die Übertragungsnetzbetreiber im Auftrag der Bundesnetzagentur vorgelegt haben, wird betont, dass die Systemstabilität in den kommenden Jahren nur durch ein Bündel zusätzlicher Maßnahmen – Netzausbau, neue Reservekraftwerke, angepasste Systemdienstleistungen, technische Anforderungen an Einspeiser – gewährleistet werden kann (ÜNB/BNetzA, 2023). Der Bundesrechnungshof wiederum weist auf Risiken für die Stromversorgung hin, insbesondere wegen Verzögerungen beim Netzausbau und einer drohenden Lücke an steuerbarer Kraftwerksleistung, die auch durch kompensatorische Maßnahmen nicht abgedeckt werden kann.² Insgesamt wandelt sich im Zuge der deutschen Energiewende das Energiesystem von einem begrenzten Verbund zentraler, gut planbarer Großkraftwerke zu einem hochgradig verteilten, volatilen Echtzeitsystem mit einer Vielzahl zusätzlicher Akteure, Schnittstellen und Regelungsbedarfe – also genau jenem Typ von technischen Großsystemen, der in der Systemliteratur als besonders fragil gegenüber Störungen und Kaskadeneffekten gilt (vgl. Perrow, 1984).

Die hierzu einschlägige Grundlagenquelle *Normal Accidents* (Perrow, 1984) argumentiert, dass bestimmte

Hochrisiko-Systeme aufgrund ihrer Struktur zu „normalen Unfällen“ neigen: In Systemen mit hoher interaktiver Komplexität (viele, nichtlinear wechselwirkende Komponenten) und enger Kopplung (schnelle Abläufe, wenig Puffer, starre Reihenfolgen) entstehen schwere Störungen nicht durch einen einzelnen Fehler, sondern durch das Zusammenspiel mehrerer kleiner Abweichungen, die niemand vollständig überblicken kann. Solche Systemunfälle sind deshalb nicht bloß unglückliche Zufälle oder individuelles Versagen, sondern systemimmanent. Sie lassen sich auch durch mehr Technik, Redundanz oder Regeln nur begrenzt verhindern, weil genau diese Sicherheitsmaßnahmen das System wiederum komplexer machen und zusätzliche Interaktionen erzeugen. Perrow (1984) zeigt zudem, dass organisatorische Faktoren – Kommunikationswege, Entscheidungsstrukturen, ökonomischer Druck – mindestens so wichtig sind wie die Technik selbst; manche Technologien mit hohem Schadenspotenzial hält er deshalb nur dann für verantwortbar, wenn ihre Komplexität grundlegend reduziert oder sie ganz aufgegeben werden. Der dazu gehörige Quadrant aus Komplexität der betreffenden Systeme und der Enge der Kopplung wird in Abb. 5 gegeben mit Beispielen für die jeweiligen Systembereiche und zu erwartende Risiken.

Interaktions- / Kopplungsdiagramm

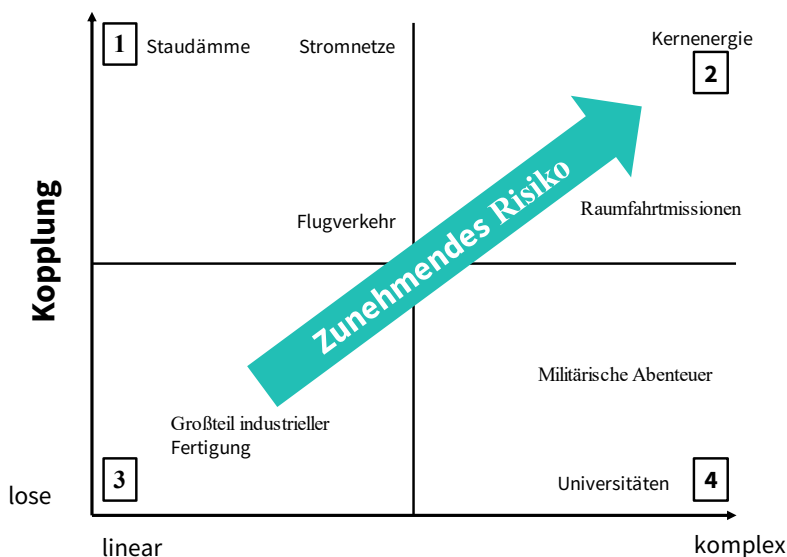


Abb. 5: Die vier Quadranten der Theorie der normalen Unfälle nach Perrow

Quelle: Darstellung nach Perrow (1984), S. 97

² Vgl. Bundesrechnungshof (2024). Ein zentrales Zitat hierbei lautet: „Es bestehen erhebliche Risiken für die Versorgungssicherheit mit Strom. Parallel zu den Verzögerungen beim Netzausbau droht zum Ende dieses Jahrzehnts eine erhebliche Kapazitätslücke erneuerbarer sowie emissionsarmer gesicherter, steuerbarer Kraftwerksleistung. Zur

Vermeidung von Versorgungsengpässen müssten dann Kohlekraftwerke weiter betrieben werden. Der angestrebte vorgezogene Kohleausstieg bis zum Jahr 2030 erscheint damit fraglich. Dies wird auch durch aktuelle Entscheidungen der BNetzA unterstrichen, die Abschaltung von Kohlekraftwerken vor April 2031 zu untersagen.“ (S. 32).

Überträgt man diese Perspektive auf die deutsche Energiewende, so wird das Stromsystem zunehmend zu genau einem solchen komplexen, eng gekoppelten System: Viele dezentrale, volatile Erzeuger (v.a. Wind und Photovoltaik), eng getaktete Echtzeitsteuerung über IT-Systeme, Märkte und Netzleittechnik, Sektorkopplung mit Wärme und Verkehr und hohe regulatorische Dichte erhöhen sowohl die Zahl der Akteure und Schnittstellen als auch die Geschwindigkeit und Abhängigkeiten der Abläufe. Die notwendigen „Sicherheitsmaßnahmen“ – Redispatch, Einspeisemanagement, Reservekraftwerke, neue Systemdienstleistungen, immer ausgefeiltere Schutz- und Automatisierungstechnik – stabilisieren den Betrieb, machen das Gesamtsystem aber zugleich noch komplexer und damit anfälliger für unerwartete Kettenreaktionen, inklusive Cyber-Komponenten. In einer Perrow-Lesart steht die Energiewende daher vor der doppelten Aufgabe, die Komplexitätssteuerung einzubeziehen: nicht nur ein immer komplexeres Hochrisiko-System zu bauen, sondern auch gezielt auf Vereinfachung, robuste Strukturen, Puffer und lokale Eingriffsfähigkeit zu setzen, um die Wahrscheinlichkeit „normaler“ Systemunfälle zu begrenzen. In der Logik von Abb. 5 verschiebt die Energiewende systematisch das Stromnetz (power grid) von einem eng gekoppelten, aber begrenzt komplexen hin zu einem eng gekoppelten und hochkomplexen System, was das Risiko entsprechend erhöht.

Insgesamt verschränken sich diese drei Entwicklungen mit der bereits diskutierten energie- und ressourcenbedingten Begrenzung gesellschaftlicher Komplexität: Eine stark schrumpfende und weniger häufig technisch qualifizierte Erwerbsbevölkerung muss eine weitgehend unveränderte oder sogar komplexere Infrastruktur unter Bedingungen höherer äußerer und innerer Bedrohungslagen und höherer Komplexität im Energiesystem aufrechterhalten. Alle diese Faktoren erhöhen daher die Fragilität der gesellschaftlichen Institutionen und der physischen Infrastruktur und verhindern eine Zunahme der Resilienz. Die entscheidende Frage ist damit, wie der strukturelle Druck auf die gesellschaftliche und technische Komplexität nicht in ungeplante Zusammenbrüche, sondern in bewusst gestaltete, resilienzorienteerte Anpassungen münden kann und welche Rolle das Handwerk hierbei künftig spielen wird.

2.3 Resilienz als Zielsetzung

In den jüngeren deutschen staatlichen Planungen zum Bevölkerungsschutz und zur Sicherheitspolitik wird „Resilienz“ als zentrale Zielkategorie eingeführt. Die Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen der Bundesregierung definiert Resilienz als

Fähigkeit eines Systems, einer Gemeinschaft oder einer Gesellschaft, sich rechtzeitig und effizient den Auswirkungen von Gefährdungen zu widersetzen, diese zu absorbieren, sich an sie anzupassen und sich möglichst schnell zu erholen, um grundlegende Strukturen und Funktionen aufrechtzuerhalten (BMI, 2022). In ähnlicher Weise beschreibt das Bundesinnenministerium in einem aktuellen Gesetzesentwurf Resilienz im Kontext kritischer Infrastrukturen als die Fähigkeit eines Systems, Störungen zu widerstehen oder sich an sie anzupassen und dabei seine Funktionsfähigkeit zu erhalten oder rasch wiederherzustellen (BMI, 2024). Hier wird also Resilienz als dynamische Fähigkeit verstanden, die Anpassung, Lernfähigkeit und die rasche Wiederherstellung von staatlichen und gesellschaftlichen Kernfunktionen unter Krisenbedingungen in den Mittelpunkt stellt.

In der wissenschaftlichen Literatur gibt es fächerspezifisch verschiedene Interpretationen des Resilienz-begriffs. Ein wichtiger Ausgangspunkt der Diskussion liegt in der Ökologie bzw. daran angelehnt der Systemtheorie. Hier unterscheidet Holling klassisch die „engineering resilience“ – die schnelle Rückkehr in einen Gleichgewichtszustand – von „ecological resilience“, verstanden als Fähigkeit eines Systems, Störungen zu absorbieren, Veränderungsprozesse einzuleiten und dadurch seine grundlegenden Strukturen und Funktionszusammenhänge in einem veränderten Gleichgewichtszustand zu bewahren (Holling 1973; Holling 1996). Resilienz bedeutet hierbei also nicht Stabilität im Sinne von Unveränderlichkeit, sondern die Möglichkeit, innerhalb bestimmter Grenzen flexibel zu bleiben, um nach einer Störung erneut zu erwünschten Gleichgewichtszuständen zurückzukehren. Die aktuellen staatlichen Ansätze zur Erzielung von Resilienz verstehen diese überwiegend als Schutz und Wiederherstellung bestehender komplexer Strukturen, insbesondere mit Fokus auf den Schutz der physischen Resilienz kritischer Anlagen durch Risikoanalysen, Störungsmonitoring, Resilienzpläne und Business-Continuity-Management (BMI, 2024). Entsprechend steht hier die Kontinuität der bestehenden Strukturen im Vordergrund (vgl. obere Grafik in Abb. 6). Elemente einer stärker ökologisch/transformativ gedachten Resilienz, also z.B. die Anpassung an neue Rahmenbedingungen, Umbau von Strukturen, Akzeptanz veränderter Systemzustände tauchen zwar auf – etwa bei Klima, Lieferketten oder Diversifizierung der Energieversorgung –, bleiben aber untergeordnet. Zentrales Ziel der Ansätze ist es, den Status quo insbesondere in Hinblick auf Infrastruktur und Versorgungsstandards im Krisenfall so weit wie möglich wiederherzustellen (BMI 2022, 2024).

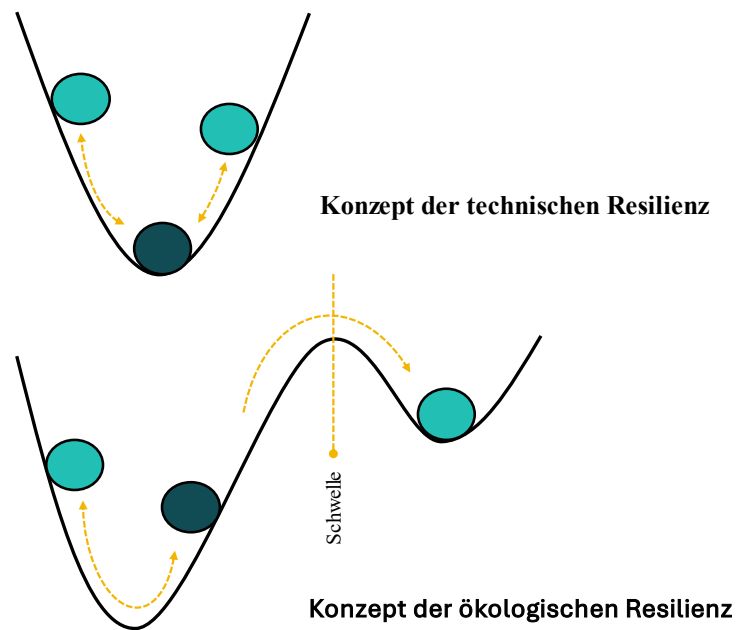


Abb. 6: Engineering vs. Ecological Resilience
 Quelle: Darstellung nach Steinmann et al. (2024), S. 2

Der Schwerpunkt auf die „engineering“-Perspektive ist aus staatlicher Sicht plausibel und zu wichtig, um kurzfristig unter Nutzung staatlicher und privater Ressourcen erneut stabile Zustände und einen optimalen Schutz der Bevölkerung zu erreichen. Eine Fokussierung auf diese Perspektive allein würde jedoch die zuvor beschriebenen langfristigen Herausforderungen für den Erhalt gesellschaftlicher Komplexität vernachlässigen. Lediglich Kapazitäten für die kurzfristige Kompensation von Komplexitätskrisen auszubauen würde hingegen in einer Situation sinkender Gesamtressourcen lediglich Ressourcen an anderer Stelle des Systems abziehen, die dort krisenhafte Zustände wahrscheinlicher machen würden. Insofern muss eine längerfristige Perspektive der Komplexitätsreduktion im Sinne einer „ecological“ Resilienz berücksichtigt werden, die eine langfristige Fähigkeit des gesellschaftlich-technischen Systems zur dynamischen Veränderung und dabei einen Erhalt grundlegender Systemfunktionen beinhaltet (vgl. untere Grafik in Abb. 6).

Vor diesem Hintergrund lässt sich ökologische Resilienz aus längerer Sicht als Gegenpol zur Erhöhung der technisch-gesellschaftlichen Komplexität verstehen. Komplexität – verstanden als Verdichtung von Institutionen, Spezialisten, Regelwerken und Infrastrukturen (Tainter, 1988) – erlaubt einer Gesellschaft, vielfältige differenzierte Funktionen hoch effizient und auf hohem Wohlstandsniveau zu erbringen. Sie macht diese Funktionen aber zugleich abhängig von effizienten Prozessen, spe-

zialisiertem Humankapital und der hohen Verfügbarkeit günstiger Energie. Zustände der Resilienz aber erfordern Puffer, Redundanz, Modularität und Anpassungsfähigkeit – Eigenschaften, die Störungen lokal begrenzen und Anpassungen ermöglichen, aber gleichzeitig zwangsläufig mit geringerer Effizienz, höheren laufenden Kosten und einem niedrigeren Niveau an ausdifferenzierter Komplexität einhergehen. Resilienz ist daher nicht einfach „mehr Sicherheit“, sondern das Ergebnis bewusster Abwägungen zwischen Komplexität, Effizienz und Risiko – mit entsprechenden Kosten, Vor- und Nachteilen sowie Verteilungswirkungen für unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen (vgl. z.B. Holling, 1996; Walker & Salt, 2006).

Aus der im vorangegangenen Abschnitt skizzierten energie- und demografischen Ausgangslage ergibt sich, dass die auf fossilen Energieträgern mit hohem EROI aufgebaute technische und organisatorische Komplexität der Industriegesellschaften perspektivisch auf Dauer nicht in gleicher Weise aufrechterhalten werden kann. Sinkende Nettoenergie, steigende Energie- und Rohstoffkosten sowie der Bedarf an massiven Investitionen in die Energiewende bedeuten, dass ein wachsender Anteil gesellschaftlicher Ressourcen allein in den Erhalt des bestehenden Infrastrukturniveaus fließt (Hall & Klitgaard, 2012). Gleichzeitig reduziert der demografische Wandel – insbesondere das Ausscheiden der geburtenstarken Jahrgänge bei gleichzeitiger Akademisierung der nachrückenden Kohorten – die personelle Basis für

technisch-praktische Instandhaltungsarbeiten. Aus dieser Perspektive erscheint eine Reduktion gesellschaftlicher und technischer Komplexität als biophysikalisch und demografisch erzwungener Anpassungsprozess, der bewusst gestaltet werden muss, um infrastrukturelle Ausfälle und soziale Konflikte auf lange Sicht zu begrenzen bzw. handhabbar zu halten.

Die im weiteren Verlauf der Studie zu entwickelnde These lautet, dass das Handwerk in diesem Prozess der Erhöhung der gesamtgesellschaftlichen Resilienz auf

zwei Ebenen eine Schlüsselfunktion einnehmen wird. Erstens bei der Organisation einer kurzfristig orientierten „engineering“-Resilienz, um akute Krisen durch die zweckmäßige Allokation und Organisation von technischem Know-how zu bewältigen, und zweitens als zentraler Träger praktisch-technischer Kompetenzen in einer breiten Bevölkerungsschicht und damit als Akteur der langfristig wirksamen Komplexitätsreduktion in der technisch-infrastrukturellen Dimension. Diese zwei Dimensionen werden im Folgenden ausgeführt.

3. Die Rolle des Handwerks

Die im Grundlagenteil entwickelte Argumentation führt zur Konsequenz, dass unter Bedingungen sinkender Nettoenergie (fallendem EROI), steigender Instandhaltungsaufwände („maintenance metabolism“), demografisch bedingter Fachkräfteverknappung sowie wachsender Stör- und Angriffslagen die Aufrechterhaltung eines hohen Niveaus gesellschaftlicher und technischer Komplexität strukturell schwieriger wird. Resilienz lässt sich dann nur begrenzt durch zusätzliche Schutz-, Steuerungs- und Überwachungsschichten erhöhen, weil diese häufig neue Schnittstellen, Abhängigkeiten und laufende Kosten erzeugen und damit die Interaktionskomplexität sowie die damit verbundenen Risiken weiter steigern. In dieser Perspektive kann Resilienz als Ergebnis bewusster Architekturentscheidungen hin zu Vereinfachung, Entkopplung, Modularität, Reparierbarkeit, Redundanz und lokaler Eingriffsfähigkeit verstanden werden. Diese Eigenschaften erhöhen die Fähigkeit, Störungen zu absorbieren und Funktionen während Krisen aufrecht zu erhalten, gehen jedoch mit Effizienzverlusten und höheren Kosten einher.

Hier wird das Handwerk systemisch relevant. Eine resilienzorientierte Komplexitätsreduktion verschiebt den Fokus von hochoptimierten, zentral gesteuerten Prozessen hin zu praktisch-technischer Kompetenz in der Breite. Dies bedeutet die Fähigkeit, Systeme zu installieren, zu warten, zu reparieren, provisorisch wiederherzustellen und an lokale Bedingungen anzupassen. Das Handwerk stellt dafür nicht nur Arbeitskraft, sondern regional verteiltes Erfahrungswissen, improvisationsfähige Problemlösungen und kurzfristig verfügbare Eingriffskapazitäten bereit. Vor diesem Hintergrund verfolgt dieses Anwendungskapitel zwei zusammenhängende Perspektiven. Der erste Teil entwickelt die längerfristige, strukturelle Linie: Wie sich (1) Komplexitätsreduktion, (2) ein höherer Anteil handwerklich Qualifizierter und (3) ein größerer Autarkie- bzw. Inselbetriebsgrad von KRITIS-Komponenten so verbinden lassen, dass Resilienz über robuste, modulare und lokal handhabbare Strukturen entsteht. Damit wird dem Ansatz der ökologischen Resilienz gefolgt. Der zweite Teil nimmt die kurzfristige Perspektive der „engineering resilience“ ein. Dies bedeutet die Einbindung des Handwerks in den Bevölkerungsschutz zur Bewältigung akuter Schadenslagen. Hier steht die schnelle Stabilisierung, Reparatur und Wiederherstellung kritischer Funktionen im Vordergrund – und damit die Notwendigkeit, Schnittstellen zwischen Handwerksorganisationen, KRITIS-Betreibern und staatlichen Strukturen vorab verbindlich zu regeln und über Übungen zu institutionalisieren.

3.1 Das Handwerk und langfristige Resilienz

Aus der im Grundlagenteil herausgearbeiteten Konstellation – sinkende Nettoenergie und damit begrenzte finanzielle Spielräume, demografisch schrumpfende und zugleich weniger praktisch-technisch ausgebildete Erwerbskohorten sowie eine wachsende Störanfälligkeit eng gekoppelter, hochgradig vernetzter Systeme – lässt sich die Schwerpunktsetzung dieses Anwendungskapitels ableiten. Wenn Resilienz langfristig nicht nur als schnelle Rückkehr zum Status quo, sondern als dauerhafte Erhaltung zentraler Versorgungsfunktionen unter schwieriger werdenden Rahmenbedingungen verstanden wird, müssen Veränderungen erfolgen, um die strukturellen Ursachen von Fragilität und Überforderung anzugehen. Diese werden im Folgenden in drei Teilaspekten verdeutlicht.

1. Reduktion technischer und gesellschaftlicher Komplexität

Durch Vereinfachung, Entkopplung, Standardisierung und Reparierbarkeit sinken laufende Koordinations- und Instandhaltungslasten, Abhängigkeiten werden reduziert, und Kaskadeneffekte werden besser begrenzt. Resilienz entsteht hier also durch „robuste Einfachheit“ statt durch zusätzliche, wiederum komplexitätstreibende Steuerungs- und Sicherheitslagen.

2. Erhöhung des Fähigkeitsniveaus

Dieser Pfad erfordert zwingend eine Erhöhung des Fähigkeitsniveaus in der Breite, operationalisiert über einen höheren Anteil handwerklich Qualifizierter: Resilienz ist unter knapperen Ressourcen tendenziell arbeits- und wartungsintensiver (mehr Pflege, Prüfung, Austausch, Reparatur, provisorische Wiederherstellung), und sie benötigt lokal verfügbare Eingriffsfähigkeit; ohne ausreichend praktisch-technische Kompetenzen wird Komplexitätsabbau nicht gestaltbar.

3. Höherer Autarkiegrad der verwendeten Vorprodukte

Ein höherer Autarkiegrad der verwendeten Vorprodukte ergänzt diese beiden Linien. Der Schwerpunkt sind hierbei möglichst weitgehend autark produzierte, modular aufgebaute Subsysteme, die systemische Abhängigkeiten von zentralen Steuerungen vermeiden. Ebenso werden Lieferkettenrisiken aufgrund der Abhängigkeit von potenziell instabilen oder gegnerischen Ländern begrenzt.

Abschließend werden die Trade-offs – also die Kosten nicht wahrgenommener Alternativen – dieses Strebens nach Resilienz offengelegt. Vereinfachung, Qualifikationsausbau und Autarkie erhöhen typischerweise Vorhalte- und Betriebskosten, reduzieren kurzfristige Effizienz- und Komfortniveaus, verschieben Verteilungswirkungen und erzeugen Zielkonflikte zwischen Standardisierung und lokaler Anpassungsfähigkeit. Diese Trade-offs werden abschließend diskutiert und aus Handwerkssicht bewertet.

3.1.1 Abbau gesellschaftlicher und technischer Komplexität

Die Grundbewegung zur Herstellung erhöhter Resilienz angesichts der unvorteilhaften Rahmenbedingungen für höhere gesellschaftliche und technische Komplexität muss in der systematischen Senkung von Komplexität liegen. Diese ist eine logische Erfordernis für die Erhöhung der individuellen und gesellschaftlichen Resilienz. Hierfür ist es erforderlich, Komplexität räumlich und funktional zu begrenzen. Anstatt zu versuchen, ein sehr hohes Niveau an Differenzierung und Komfort in allen gesellschaftlichen Bereichen aufrechtzuerhalten, müssen Prioritäten gesetzt werden und Ressourcen auf diejenigen Infrastrukturen konzentriert werden, die für die zentralen Bestandteile der Daseinsvorsorge erforderlich sind. Dies verringert den Umfang der Systeme, die unter allen Umständen funktionsfähig gehalten werden müssen, und schafft Raum, diese Kernbereiche robuster auszugestalten. Solches kann durch Redundanz, zusätzliche Wartungsressourcen, lokale Backup-Strukturen und einfache, weniger störanfällige Technik erfolgen (vgl. Hall & Klitgaard, 2012).

Ebenso kann Komplexität strukturell begrenzt werden, indem eng gekoppelte, hochoptimierte Strukturen zugunsten modularer, entkoppelter und dezentraler Arrangements umgebaut werden. Dies können z.B. lokale Energieinseln, regionale Wertschöpfungsketten,

redundante Kommunikationswege oder analoge Rückfallebenen in kritischen Steuerungsprozessen sein, welche die Gefahr großflächiger Kaskaden und Systemunfälle reduzieren können, auch wenn sie kurzfristig teurer und weniger effizient sind (vgl. Perrow, 1984). Diese Herangehensweise führt über eine bewusste Komplexitätsreduktion zu sozialen Lern- und Anpassungsprozessen, die für Resilienz zentral sind. Wenn bestimmte, besonders ressourcenintensive Verbrauchs- und Komfortstrukturen zurückgebaut werden – etwa durch Verringerung des Material- und Energieverbrauchs, Vereinfachung von Infrastrukturen oder Regionalisierung von Produktion –, entstehen neue soziale Normen, Routinen und Praktiken, die geringere Verwundbarkeit bedeuten und auf höhere individuelle Kompetenz und Eigenständigkeit zielen (vgl. Hall & Klitgaard, 2012).

Für die gesellschaftliche Resilienz bedeutet das: Eine bewusst gestaltete Reduktion von Komplexität kann dazu beitragen, Spielräume für lokale Handlungskompetenzen, technisches Können und die Selbstorganisationsfähigkeit von Akteuren vor Ort zu vergrößern. Dies gilt insbesondere in Bereichen, in denen hochspezialisierte zentrale Strukturen nicht mehr aufrechtzuerhalten sind. Resilienz bedeutet in diesem Sinne, die aufgrund von Energie-, Ressourcen- und demografischen Zwängen unvermeidliche Komplexitätsreduktion frühzeitig so zu gestalten, dass zentrale gesellschaftliche Funktionen – insbesondere die kritischen Infrastrukturen – möglichst robust erhalten bleiben, obwohl das Niveau von individuellem Komfort, sozialer Differenzierung und technischer Spezialisierung dadurch insgesamt sinkt (vgl. Tainter, 1995). Die alternative Entwicklung wird in Abb. 7 verdeutlicht, in der eine stetig ansteigende Komplexität aufgrund kontinuierlicher Problemlösung mit abnehmendem Grenznutzen an einem Kipppunkt zu einer raschen Senkung der Komplexität (Kollaps) führt (vgl. Evans, 2017).

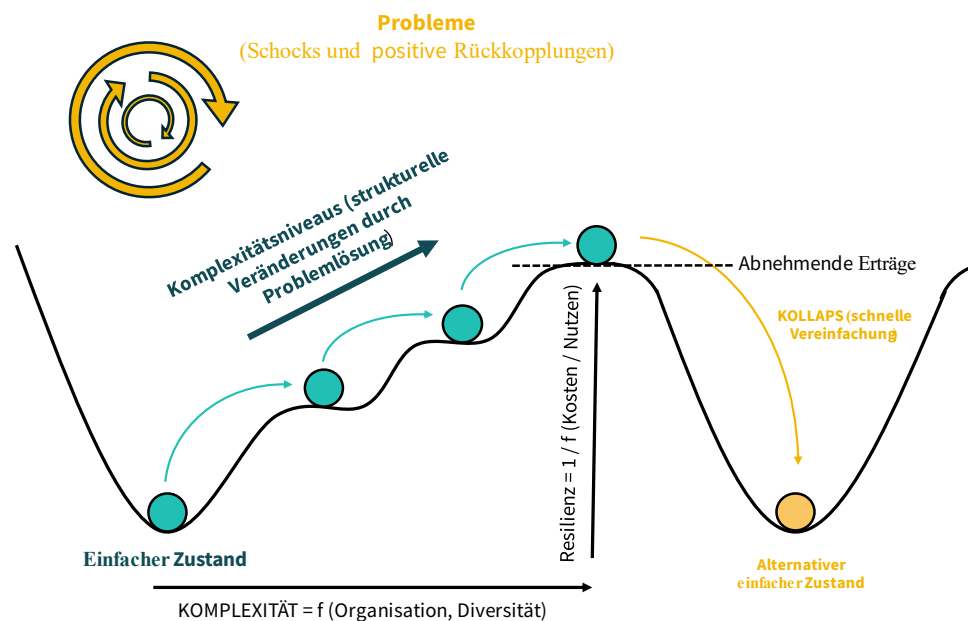


Abb. 7: Steigende Komplexität und schnelle Komplexitätsreduktion

Quelle: Darstellung nach Evans (2017), S. 15

Um diese rasche Komplexitätsreduktion mit allen sozialen und gesellschaftlichen Konflikten zu vermeiden, ist eine frühzeitige Senkung der Komplexität und die Entwicklung entsprechender gesellschaftlicher Rahmenbedingungen erforderlich. Diese Transformationserfordernisse können in fünf Handlungsempfehlungen zusammengefasst werden (in Anlehnung an Alexander, 2012):

1. **Fokussierung und Priorisierung von Komplexität**
Erforderlich ist eine Konzentration knapper Ressourcen auf einen definierten Kern kritischer Infrastrukturen, statt an allen Stellen Differenzierung aufrechtzuerhalten. Die staatliche Definition und Schwerpunktsetzung auf kritische Infrastrukturen ist hierbei ein Schritt in diese Richtung.
2. **Strukturelle Vereinfachung und Entkopplung von Systemen**
Dies beschreibt den Umbau eng gekoppelter, hochoptimierter Strukturen hin zu modularen, dezentralen und teilautarken Arrangements, um Kaskadeneffekte und „Normalunfälle“ zu begrenzen. Die Energiewende in Richtung einer Regionalisierung und Entkopplung der Energieproduktion ist eine Entwicklung, die zu dieser Anforderung passt.
3. **Aufbau von Redundanz, Puffern und robusten Technologien**
Dies bedeutet den bewussten Verzicht auf maximale Effizienz zugunsten von Reservekapazitäten,

einfachen und reparierbaren Technologien, zusätzlichen Wartungsroutinen und Backup-Strukturen in priorisierten Bereichen. Die Abkehr von zentralisierter Energieproduktion über fossile Kraftwerksstrukturen und der Verzicht auf Hochrisikotechnologien wie der Kernkraft kann als ein Aspekt dieser Entwicklung interpretiert werden.

4. **Stärkung lokal verankerter praktisch-technischer Kompetenzen**
Hierunter kann der Ausbau von Fähigkeiten zur eigenständigen Wartung, Reparatur und improvisierten Wiederherstellung vor Ort gefasst werden – also mehr „Eingriffsfähigkeit an der Basis“ statt ausschließlicher Abhängigkeit von hochspezialisierten zentralen Strukturen. Die durch die Regionalisierung von Energieproduktion entstehenden handwerklichen Ausbau- und Instandhaltungsstrukturen, die den regionalen Gegebenheiten und Nachfragestrukturen entsprechen, können als ein erster Schritt hin zur regionalen Stärkung kritischer Fähigkeiten angesehen werden.
5. **Institutionalisierung von Lern- und Anpassungsprozessen**
Gemeint ist hierbei die Etablierung von Routinen, in denen Störungen ausgewertet, Abläufe angepasst, Szenarien geübt und neue soziale Normen eingeübt werden, um mit unvermeidlicher Komplexitätsreduktion souverän umzugehen. Die bereits erfolgenden sozialen Anpassungsprozesse,

die aktuell schon aufgrund des zurückgehenden Arbeitskräftepotenzials, der sinkenden finanziellen staatlichen Leistungsfähigkeit und der reduzierten Funktionsfähigkeit zentralisierter Infrastrukturen stattfinden, können als erste Aspekte dieser Entwicklung verstanden werden.

Diese so formulierten Anforderungen gehen folglich deutlich über den eng gefassten „engineering“-Ansatz der Resilienz hinaus, der bislang in den staatlichen Plänen vertreten wird. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass eine konsequente Umsetzung einer „engineering“-fokussierten Resilienz aufgrund des hohen Ressourcenaufwands zwangsläufig aufgrund stark begrenzter staatlicher Mittel in Bezug auf Personal und Finanzmittel starke Veränderungen und Komplexitätsreduktionen in anderen gesellschaftlichen und technischen Bereich bewirken wird. Insofern kann eine staatliche, durch Krisen erzwungene Schwerpunktsetzung hin zur „engineering“-Resilienz eine langfristige Komplexitätsreduktion zu einem niedrigeren Komplexitätsgleichgewicht anstoßen. Für die strukturierte Entwicklung hin zu einem Komplexitätsgleichgewicht niedrigerer Komplexität können aus Handwerksperspektive zusätzlich insbesondere die Erhöhung handwerklicher Fähigkeitsniveaus und der Autarkiegrad der genutzten Vorprodukte betrachtet werden.

3.1.2 Erhöhung des handwerklichen Qualifikationsniveaus

In der zuvor diskutierten Funktionsweise ist gesellschaftliche Komplexität vor allem ein Mittel erfolgreicher Problemlösung. Zusätzliche Institutionen, Spezialisierungen und Informationsverarbeitung erhöhen zunächst Leistungsfähigkeit und Wohlstand, erzeugen jedoch dauerhaft wachsende Overhead-Kosten und unterliegen langfristig abnehmenden Grenzerträgen. Die Fähigkeit, komplexe Systeme effizient zu betreiben, hängt dabei wesentlich von Bildungs- und Qualifikationsstrukturen ab, die Spezialwissen, Koordination und Kontrolle ausbilden. In Phasen hoher Ressourcen- und

Energieüberschüsse kann eine Gesellschaft daher große Anteile ihrer Erwerbsarbeit in abstrakte, nicht-technische Rollen verlagern (Administration, Management, Beratung, Regulierung, daten- und wissensbasierte Steuerung), während relativ wenige Personen die materiellen Basisaufgaben – Bau, Betrieb, Wartung, Reparatur – tragen. Genau dieses Arrangement ist jedoch verletzlich, wenn die energetischen Überschüsse sinken und gleichzeitig die demografische Basis der praktisch-technischen Qualifikationsstufen schrumpft: Dann steigt nicht nur der relative Aufwand für „maintenance“, sondern auch die Fähigkeit, die materielle Reproduktion der Infrastruktur zuverlässig zu gewährleisten, wird selbst zum Engpass (Tainter, 2006). Die Aufgabe zur Erhaltung der technischen Infrastruktur ist überproportional stark im Handwerk verortet, weswegen ein Fokus auf die Stärkung der handwerklichen Kapazitäten erforderlich ist (vgl. dazu ausführlich Abschnitt 3.2.1).

Deutschland hat im Vergleich zu anderen westlichen Industrienationen eine Sonderrolle, weil es über ein ausgeprägtes „duales“ Qualifikationsregime verfügt. Das Berufsbildungssystem stellt traditionell eine breite Facharbeiter- und Handwerksbasis bereit und ist eng mit Betrieben, Kammern und beruflichen Aufstiegswegen verknüpft. In den letzten Jahrzehnten hat sich diese Balance jedoch stark in Richtung Hochschulbildung verschoben und damit die oben beschriebene Entwicklung hin zu abstrakten Qualifikationen im Rahmen der Wissensökonomie vollzogen: 1950 kamen (im früheren Bundesgebiet) 75,5 Auszubildende auf 10 Studierende; 2021 waren es nur noch 4,3 Auszubildende auf 10 Studierende – bei rund 2,9 Mio. Studierenden und etwa 1,3 Mio. Auszubildenden (Destatis, 2023). Abb. 8 verdeutlicht diesen Zusammenhang anhand des Anteils an Auszubildenden und Studierenden. Diese Entwicklung ist unter dem Oberbegriff der „Akademisierung“ ausführlich diskutiert und für den Fachkräftemangel im Handwerk sowie generell in Ausbildungsberufen verantwortlich gemacht worden (vgl. z.B. ZDH, 2025a).

Auszubildende und Studierende in Tausend

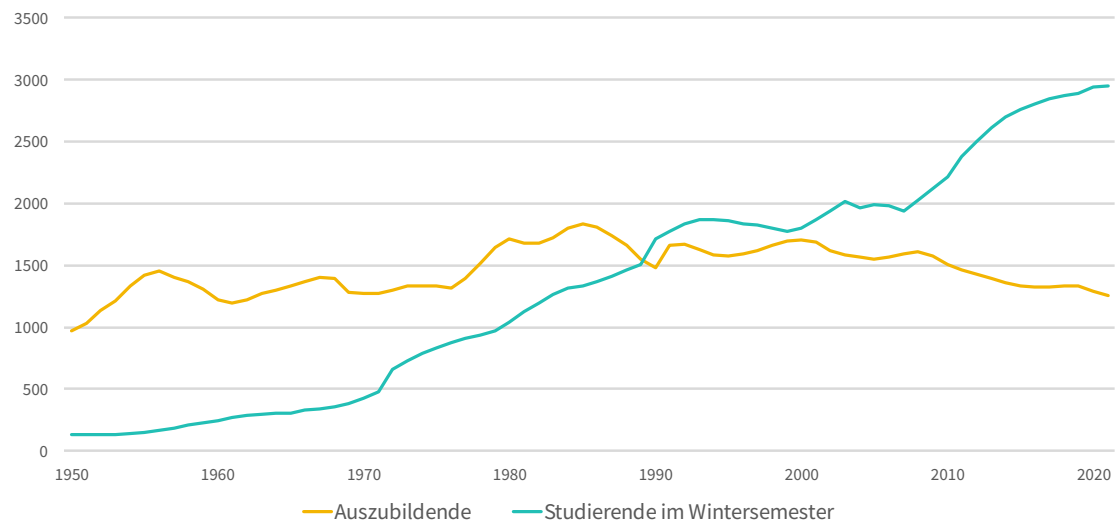


Abb. 8: Auszubildende und Studierende

Hinweis: Bis 1989 Früheres Bundesgebiet, seit 1990 Deutschland.
Quelle: Darstellung nach Statistisches Bundesamt [Destatis] 2025b

Diese Entwicklung ist kurz- und mittelfristig plausibel, indem immer weitere Teile der Bevölkerung den Statuspräferenzen, Einkommens- und Arbeitsbedingungen sowie dem Ausbau akademischer Angebote folgen. Damit verbindet sich ein weiterer sozialstruktureller Mechanismus: Setzt sich die akademische Expansion fort, während die reale Aufnahmefähigkeit der komplexen, abstrakten Funktionsschichten (höher bezahlte und mit hohem sozialen Status versehene Wissens- und Steuerungsrollen) langsamer wächst oder unter Knappheitsbedingungen sogar zurückgeht, entstehen Fehlanreize und Instabilitätsrisiken. Im Mechanismus der „credential inflation“ expandieren Bildungsabschlüsse angebotsgetrieben schneller als entsprechende gesellschaftliche Positionen, wodurch (akademische) Bildungsrenditen sinken, der Verdrängungswettbewerb zunimmt und Erwartungen enttäuscht werden (Collins, 2011). In der struktural-demografischen Perspektive kann sich diese Dynamik zu einer Form von „Elite overproduction“ verdichten: Wenn die Zahl der Elite-Aspiranten (hier: statusorientiert über Bildungszertifikate) die verfügbaren Status- und Machtpositionen übersteigt, steigt intraelitäre Konkurrenz, politische Polarisierung und damit die Wahrscheinlichkeit gesellschaftlicher Instabilität, insbesondere in Phasen fiskalischer und realwirtschaftlicher Kontraktion. (vgl. z.B. Turchin, 2013 für dieses Argument).

Für die hier verfolgte Zielsetzung langfristiger Resilienz folgt daraus eine klare Schwerpunktsetzung: Resilienz über geringere Komplexität, höhere lokale Eingriffs-

fähigkeit und robustere (teilautarke) Infrastruktur setzt eine Anpassung der Qualifikationsstrukturen voraus. Dies bedeutet eine Verschiebung hin zu mehr handwerklich-technischer Bildung als tragender Basis gesellschaftlicher Problemlösungsfähigkeit (vgl. dazu auch Abschnitt 3.2.1) und damit eine Stärkung des dualen Systems als resilienzrelevanter Infrastruktur. Diese Anpassung ist deshalb so dringlich, weil die Energiewende tendenziell zunehmend material- und wartungsintensivere Infrastrukturen (Netze, dezentrale Erzeugung, Speicher, Gebäude-Retrofit) mit sich bringt und gleichzeitig der demografische Wandel die Verfügbarkeit der dafür notwendigen Fachkräfte reduziert. Es ist daher zu erwarten, dass die gesellschaftliche Aufnahmefähigkeit für eine große Anzahl abstrakt akademisch Qualifizierter sinkt, während die Nachfrage nach praktisch-technischer Kompetenz steigt (Turchin, 2013).

Hieraus lassen sich eine Reihe von erforderlichen Entwicklungsrichtungen ableiten, die zur Grundlage für eine Umsteuerung der Qualifizierungsstrukturen genommen werden kann (für Detailvorschläge, die diese Entwicklungsrichtungen operationalisieren vgl. ZDH (2025a) zur sog. „Bildungswende“).

1. Relative finanzielle Attraktivität und „Return on Skill“ verschieben

Kernmechanismus ist hier die individuelle Opportunitätskosten- und Renditeabwägung: Wenn die gesellschaftliche Resilienz künftig stärker von Wartung, Reparatur, Renovierung und lokaler Eingriffs-

fähigkeit abhängt, muss sich das auch in der erwarteten materiellen und immateriellen Rendite handwerklich-technischer Bildung niederschlagen. Dies bedeutet vor allem Faktoren wie Einkommen, Arbeitsplatzqualität, Planbarkeit, Aufstiegsfähigkeit. Das Ziel ist somit eine strukturelle Verschiebung der Nutzen-Kosten-Rechnung bei Bildungsentscheidungen zugunsten dualer Pfade. Der zentrale Wirkungskanal ist hierbei eine systematische Steigerung handwerklicher Löhne und Gehälter in Relation zu anderen Branchen.

2. Status- und Legitimationsordnung verändern

Ein wesentlicher Treiber der Akademisierung ist nicht nur Einkommen, sondern Status. Eine resilienorientierte Strategie muss daher die symbolische Hierarchie zwischen Hochschul- und Berufsbildung adressieren und anpassen. Handwerklich-technische Qualifikation sollte als kritische Kompetenz der Daseinsvorsorge und nicht als nachgelagerte Alternative mit niedrigerem sozialen Status interpretiert werden. Neben dem Effekt höherer Löhne wirkt dies direkt auf Bildungsentscheidungen, Erwartungen und soziale Vergleichsmaßstäbe. Die Kampagnen des ZDH und verschiedener Fachverbände zur Steigerung der Berufsbildattraktivität sind hierbei erste Schritte zur Veränderung der zugrunde liegenden sozialen Hierarchien.

3. Durchlässigkeit, Modularisierung und Aufstiegsicherheit als Systemprinzip

Damit duale Bildung auch für leistungsstarke Kohorten attraktiv ist, braucht sie Möglichkeiten flexibler Bildungsbiografie. Dies bedeutet, dass die Übergänge zwischen beruflicher und akademischer Bildung einfach, transparent und reputationsstark sein müssen. Es erfordert stärker modulare Qualifikationsarchitekturen, die sozialen Aufstieg, Spezialisierung und Umorientierung ermöglichen und damit das Gefühl einer unabänderlichen frühen Pfadfestlegung durch eine handwerkliche Bildungsentscheidung reduzieren.

4. Ausbildungskapazität staatlicherseits als Resilienzinfrastruktur behandeln

Die duale Ausbildung ist staatlicherseits nicht nur als Nachfrageproblem (zu wenige Bewerber), sondern auch als Angebots- und Qualitätsproblem (betriebliche Kapazitäten, Ausbilderressourcen, Lernortkooperation, berufsschulische Infrastruktur) zu verstehen. Ausbildung in handwerklich-technischen Berufen sollte folglich als kritische Ausbildungskapazität für künftige gesellschaftliche Resilienz verstanden werden, analog zur Redundanz in technischen Systemen. Dieser Ausbau muss über eine

Priorisierung staatlicher Mittel zu Gunsten der beruflichen Bildung anstelle des weiteren Ausbaus der Hochschulbildung erfolgen.

5. Bildungssteuerung an Resilienz-Argumentation koppeln

In der Argumentationslinie einer gefährdeten Komplexität ist entscheidend, dass ein System seine „Problemlösungsfähigkeit“ bei knapper werdenden Ressourcen erhält. Das lässt sich bildungspolitisch als Steuerungsprinzip verwenden. Qualifikationsziele könnten demnach nicht nur an individuellen Präferenzen oder kurzfristigen Arbeitsmarktdindikatoren ausgerichtet werden, sondern vorrangig an Resilienzbedarfen (Instandhaltung, Reparierbarkeit, Notbetrieb von kritischen Infrastrukturen). Diese Argumentation kann eine nachvollziehbare Priorisierungslogik staatlicher Mittel für Bildungsinvestitionen im beruflichen Bereich bereitstellen.

Verknüpft mit der Qualifizierungsdimension muss für eine erhöhte nationale oder europäische Resilienz gegenüber externen Herausforderungen die systemische Abhängigkeit von internationalen Lieferketten für kritische Vorprodukte reduziert werden.

3.1.3 Verringerung der Abhängigkeit von internationalen Lieferketten

Die Forderung nach einem höheren Autarkiegrad von Vorprodukten und Komponenten kritischer Infrastrukturen zielt im Kern darauf ab, systemische Abhängigkeiten zu reduzieren. Die heutige global vernetzte Produktionsweise ist jedoch gerade dadurch leistungsfähig, dass sie extreme Spezialisierung und arbeitsteilige Optimierung über Länder- und Sektorgrenzen hinweg ermöglicht. Diese Spezialisierung erzeugt Produktivitätsgewinne, niedrige Preise und hohe Güervielfalt – erhöht aber zugleich die Interdependenz und damit die Wahrscheinlichkeit, dass Störungen räumlich weit ausgreifen (OECD, 2025).

Der Grund liegt darin, dass das internationale Handelssystem die Mechanismen eines Hochrisiko-Systems (Perrow, 1984) aufweist: interaktive Komplexität (nicht-lineare, schwer vorhersehbare Wechselwirkungen) und enge Kopplung (geringe Puffer, hohe Taktung, sequenzielle Abhängigkeiten). Je stärker Lieferketten „lean“, just-in-time und auf wenige spezialisierte Knoten konzentriert sind, desto weniger Zeit und Ausweichoptionen existieren, um Störungen zu absorbieren; kleine Ausfälle oder politisch motivierte Eingriffe können sich dann kaskadenartig durch viele nachgelagerte Produktionsstufen fortpflanzen. Die Resilienzproblematik entsteht damit nicht primär aus einzelnen „Fehlern“, sondern aus der Systemarchitektur einer hochoptimierten,

eng gekoppelten und global skalierten Produktions- und Logistikinfrastruktur.

Ein höherer Autarkiegrad (national oder europäisch) wirkt in diesem Sinne wie eine Entkopplungsstrategie: Abhängigkeiten sollen durch Regionalisierung, Diversifizierung, Vorräte/Puffer, kompatible Substitutionsmöglichkeiten und teilautarke Betriebsmodi reduziert werden. Genau hier liegt aber der zentrale Trade-off: Resilienzmaßnahmen in Lieferketten beruhen häufig entweder auf Redundanz (Puffer, Mehrfachbeschaffung, Lager, Reservekapazitäten) oder auf Flexibilität (schnelle Umrüstbarkeit, alternative Designs, verteilte Lieferanten); beides jedoch kostet Geld, Koordinationsaufwand und Effizienz. In einer Logik knapper Ressourcen erfordert Resilienz eine strukturelle Umlenkung von Ressourcen weg von maximaler Effizienz hin zu Vorhaltung, Robustheit und Umrüstfähigkeit (vgl. dafür grundlegend OECD, 2025; Christopher & Peck, 2004; Sheffi & Rice, 2005).

Damit wird zugleich verständlich, warum nationale oder europaweite Resilienz über Autarkie bei Vorprodukten die Komplexität und Leistungsfähigkeit moderner Technik beeinträchtigt. Die Leistungsfähigkeit vieler

Technologien (Energie-, Digital-, Medizintechnik, Mobilität) basiert auf global verteilten Wertschöpfungsstufen, Skaleneffekten und der Verfügbarkeit kritischer Vorprodukte und Rohstoffe. Entsprechend begründet die EU ihre Rohstoff- und Industriepolitik gerade mit der Tatsache, dass „critical raw materials“ für zentrale Technologien unverzichtbar sind und Versorgungssicherheit strategisch relevant ist. (EC, 2025b). Je stärker die Lieferketten jedoch politisch in Richtung „in-region“-Produktion bewegt werden, desto stärker steigen Kosten, Investitionsbedarf und die nötige Zeit bis zur Umsetzung. Zugleich sinkt die Vielfalt an verfügbaren Komponenten, und komplexe Systeme müssen stärker auf Standardisierung, Austauschbarkeit und „good enough“-Designs umgebaut werden, um mit knapperen Vorprodukten überhaupt betreibbar zu bleiben. Dies übersetzt sich in weniger Spitzenleistung im Normalbetrieb, dafür höhere Überlebens- und Wiederanlauffähigkeit im Störfall (Perrow, 1984). Abb. 9 aus Maslarić et al., (2013) verdeutlicht diesen Grundzusammenhang zwischen Effizienz („lean“), Resilienz und der Notwendigkeit, über Risikoabwägung im Supply Chain Management eine optimale Balance zu finden.

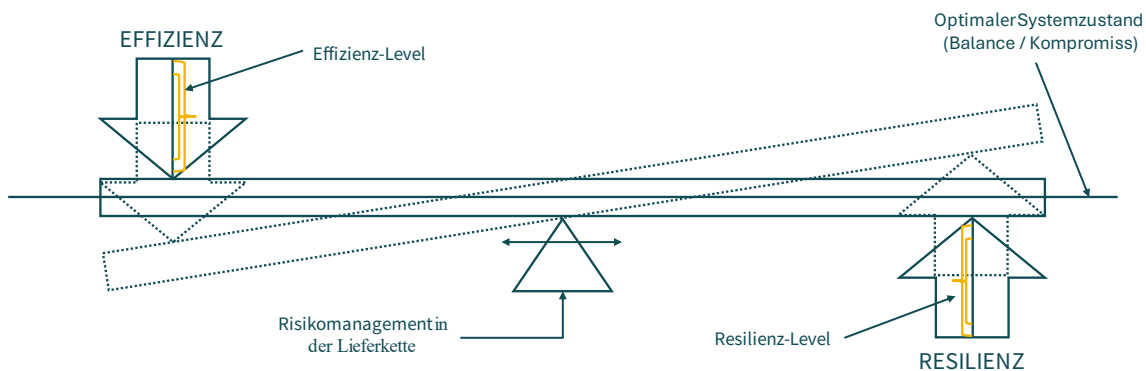


Abb. 9: Trade-off zwischen Resilienz und Effizienz in Lieferketten

Quelle: Darstellung nach Maslarić et al., (2013), S. 233

Aus Handwerksicht ist im Falle der Durchsetzung einer stärkeren Resilienz in Hinblick auf internationale Lieferketten mit einem stärkeren Fokus auf handwerkliche Qualifizierung zu rechnen. Der Grund liegt darin, dass teilautarke Technik Risiken aus der globalen Lieferkette in den lokalen Betrieb verschiebt und dort die Anforderungen an Diagnose-, Reparatur- und Wiederherstellungsfähigkeit erhöht. Autarkie bedeutet deshalb nicht nur „mehr Produktion vor Ort“, sondern auch mehr Humankapital vor Ort: Fachkräfte, die Systeme installieren, prüfen, warten, reparieren, provisorisch betreiben und nach Störungen wieder hochfahren können. Ohne eine solche lokal verfügbare Kompetenzbasis wird die

Autarkie selbst zur neuen Fragilität (weil die Systeme zwar formal entkoppelt sind, praktisch aber an fehlenden Fähigkeiten, Werkzeugen, Dokumentation oder Ersatzteilen scheitern). Hieraus lassen sich eine Reihe von erforderlichen Entwicklungsrichtungen für das Handwerk ableiten, die zum Ziel einer Erhöhung der Resilienz in Bezug auf internationale Lieferketten beitragen können.

1. Regionale Ersatzteil- und Komponentenstrategie

Mit zunehmender Entkopplung und sinkender Komponentenvielfalt wird die Fähigkeit, kritische Teile verfügbar zu halten, zur Kernbedingung lokaler

Funktionsfähigkeit. Aus Handwerkssicht bedeutet das den Aufbau von Ersatzteilstrategien: definierte Mindestbestände für kritische Baugruppen, Substitutionslisten, Mehrfachbeschaffung sowie ein stärkerer Fokus auf die Reparatur statt reiner Neubeschaffung.

2. Unterstützung und Mitgestaltung des Design-for-Repair

Wenn Systeme unter knapperen Vorproduktstrukturen auf Austauschbarkeit und „good enough“-Designs umgestellt werden sollen, entscheidet die Praxistauglichkeit dieser Standards über Resilienz im Betrieb. Das Handwerk kann sich dabei in Normung, Schnittstellen- und Modulstandards sowie Reparierbarkeitsanforderungen einbringen, um Wartbarkeit, Dokumentierbarkeit und Teilekompatibilität sicherzustellen.

3. Qualifikationsprofile auf Resilienzfähigkeiten erweitern

Teilautarke Betriebsmodi verlagern Risiken aus der globalen Lieferkette in den lokalen Betrieb und erhöhen dort die Anforderungen an Störungsdiagnose, provisorische Instandsetzung und sichere Rückkehr in den Regelbetrieb. Aus Handwerkssicht folgen daraus Qualifizierungserfordernisse, bei der verstärkt Fehlerdiagnostik, Failsafe- und Backup-Konzepte, manuelle Betriebsmodi, Inbetriebnahme unter Störbedingungen sowie dokumentationsgestützte Wiederherstellung in Aus- und Weiterbildung verankert werden sollten.

3.1.4 Trade-offs der Erhöhung von Resilienz und die Rolle des Handwerks

Die in Abschnitt 3.1 skizzierte Form langfristiger Resilienz, also vor allem Komplexitätsreduktion, breiter Qualifikationsaufbau und (Teil-)Autarkie versteht Fragilität nicht als „Störfallabweichung“, sondern als Strukturproblem hochgradig vernetzter, eng gekoppelter Systeme. Vereinfachung, Standardisierung, Modularität und Reparierbarkeit senken Koordinationslasten, verkürzen Wiederanlaufzeiten und begrenzen Kaskadenrisiken; Redundanzen und lokale Backup-Strukturen erhöhen die Überlebensfähigkeit solcher Systeme unter der Bedingung knapper Ressourcen (vgl. Perrow, 1984; Hall & Klitgaard, 2012).

Für das Handwerk ist diese Zielsetzung grundsätzlich vorteilhaft, weil die Logik resilienter Infrastrukturen auf kontinuierlicher Wartung, Instandsetzung, Umbau und provisorischer Funktionssicherung basiert. Resilienz wird praktisch hergestellt – durch Einbau, Prüfung, Störungsdiagnose, Ersatzteilmanagement, Reparatur und sichere Wiederinbetriebnahme. Insofern verschiebt sich

mit dem Streben nach gesamtgesellschaftlicher Resilienz der Schwerpunkt von „Neubau-/Optimierungslogik“ hin zur „Betriebs-/Erhaltungslogik“, was handwerkliche Wertschöpfung stärkt und die regionale Kompetenzbasis strategisch aufwertet. Gleichzeitig entsteht ein gesellschaftlicher Lern- und Anpassungseffekt: Robustere, weniger komplexe Technik verlangt weniger Spezialkoordination, erhöht die Transparenz und erleichtert die Dezentralisierung von Verantwortung. Dies trifft genau dort zu, wo zentralisierte Steuerungsfähigkeit unter dem demografischen und fiskalischen Druck abnimmt (vgl. Tainter, 1995; 2006).

Dem steht jedoch ein Bündel von Nachteilen gegenüber, die sich im Kern als „Resilienzsteuer“ beschreiben lassen. Redundanz, Lagerhaltung, Mehrfachbeschaffung, Reservekapazitäten, Überdimensionierung, Wartungsroutinen und robuste Designs erhöhen Vorhalte- und Betriebskosten, senken die Effizienz und verschieben Ressourcen von Komfort und Vielfalt zu Stabilität (vgl. Christopher & Peck, 2004; Sheffi & Rice, 2005). Teilautarkie und Regionalisierung reduzieren geopolitische und logistische Abhängigkeiten, können aber Skaleneffekte, Komponentenvielfalt und den technologischen Fortschritt begrenzen. Zugleich steigt der Transformationsaufwand, weil Systeme auf Austauschbarkeit und Basis-Standards umkonstruiert werden müssen (vgl. Maslarić et al., 2013). Für das Handwerk sind diese Trade-offs ambivalent: Einerseits wachsen Nachfrage und strategische Bedeutung, andererseits steigen Kapazitätsdruck, Haftungs- und Sicherheitsanforderungen sowie die Erwartung, dauerhaft mehr „Maintenance-Arbeit“ zu leisten – bei gleichzeitigem Fachkräftemangel.

Resilienz kann damit zur strukturellen Überforderung des Handwerks werden, wenn sie politisch als umfassendes Umbauprogramm beschlossen wird, ohne die Ausbildungs-, Betriebs- und Vergütungsstrukturen so anzupassen, dass die notwendige handwerkliche Eingriffsfähigkeit tatsächlich verfügbar ist. Hinzu kommt ein Spannungsfeld zwischen Standardisierung und lokaler Anpassungsfähigkeit: Standards erleichtern Austauschbarkeit, Vorratshaltung und Schulung, können aber regionale Lösungen und innovationsbasierte Spezialisierung einschränken; umgekehrt erhöht lokale Vielfalt die Passgenauigkeit, treibt jedoch Ersatzteil- und Qualifikationskomplexität. Resilienzmaßnahmen verteuern zwangsläufig Leistungen im Normalbetrieb, während die Vorteile vor allem als vermiedene Schäden im Krisenfall auftreten. Dadurch entstehen zwangsläufig politische Gegenbewegungen, um die Kosten umzuverteilen oder zu vermeiden. Die naheliegende Reaktion auf politischer Ebene auf dieses Dilemma ist dabei eine „Resilienz-Rhetorik“, die lediglich Maßnahmen ohne

substanzielle Kosten und mit geringer Wirkung symbolisch umsetzt, um Widerstände zu umgehen.

3.2 Das Handwerk und die Reaktion auf akute Krisen

Akute Krisen – etwa Starkregen und Hochwasser, Sturmereignisse, langanhaltende Stromausfälle, militärische Angriffe, Cyberangriffe auf Infrastrukturen oder großflächige Störungen von Kommunikationsnetzen – stellen das Funktionssystem „kritische Infrastruktur“ unter extremen Zeit- und Entscheidungsdruck (für eine

formale Definition des Begriffs der kritischen Infrastruktur vgl. BBK, 2021). In diesen Lagen entscheidet weniger die langfristige Transformationsfähigkeit als die Fähigkeit, Schäden schnell einzugrenzen, kritische Funktionen zu stabilisieren und Kernstrukturen wiederherzustellen. Abb. 10 verdeutlicht diesen Grundzusammenhang, wobei der Auslöser ein beliebiger Schock für die kritische Infrastruktur sein kann (Disruption), das Maß an Robustheit (Robustness) bzw. Vulnerabilität (Vulnerability) die Vorbereitung widerspiegelt und die Geschwindigkeit (Rapidity) die Wiederherstellungszeit markiert.

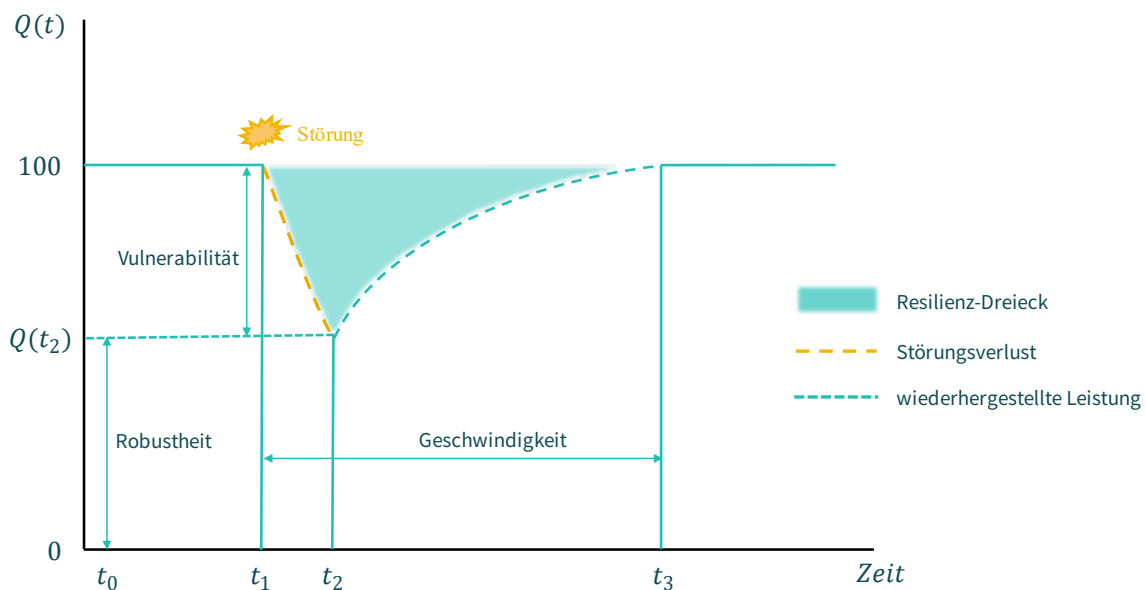


Abb. 10: Schock und Wiederherstellungszeit

Quelle: Darstellung nach Bergantino et al. (2024), S. 838

Ziel der Vorbereitung auf derartige Schocks ist es entsprechend, im Vorfeld die Robustheit zu erhöhen, die Vulnerabilität zu reduzieren und die Bedingungen für eine schnelle Wiederherstellung zu verbessern. Das Handwerk ist in diesem Kontext ein zentraler, bislang aber strukturell wenig beachteter Akteur.

3.2.1 Relevanz des Handwerks für die akute Krisenreaktion

Das Handwerk stellt viele handelnde Personen mit dem erforderlichen Fachwissen und damit die operative Basis der materiellen Reproduktion und Instandsetzung in nahezu allen Sektoren kritischer Infrastrukturen. Die in der COVID-19-Pandemie geführte Diskussion um „systemrelevante“ Tätigkeiten hat diese Rolle des Handwerks bereits in Ansätzen verdeutlicht. Die Handwerks-

organisationen verwiesen dabei explizit auf die Notwendigkeit, handwerkliche Gewerke als Bestandteil der kritischen Infrastruktur anzuerkennen, um etwa Zugang zu Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen für Wartungs- und Reparatursätze sicherzustellen. Damit wurde politisch anerkannt, dass der Ausfall handwerklicher Leistungen in Bereichen wie Energieversorgung, Gebäudetechnik, Fahrzeugflotten oder Lebensmittelproduktion die Daseinsvorsorge unmittelbar gefährden kann (vgl. z.B. ZDH, 2020). Die nachfolgende Tabelle zeigt in diesem Zusammenhang zunächst eine handwerksrelevante Auswahl der sog. KRITIS-Sektoren mit ihren kritischen Funktionen und schlägt eine Zuordnung relevanter handwerklicher Gewerke in den jeweiligen Bereichen vor, um dieses Argument zu verdeutlichen.

Tabelle 1: KRITIS-Sektoren und relevante Handwerksgewerke

KRITIS-Sektoren (Auswahl)	Typische kritische Funktionen	Relevante Handwerksgewerke (Auswahl)
Energie	Netzstabilität, Notstromversorgung, Einspeisung	Elektrohandwerk, Energie- und Gebäudetechnik, Elektromaschinenbau, Netz- und Anlagenbau, Notstromspezialisten
Wasser & Abwasser	Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung, Pumpwerke	SHK-Handwerk, Tiefbau, Brunnenbauer, Pumpen- und Armaturentechnik, Steuerungs-/Leittechnik
Ernährung	Produktion, Verarbeitung, Kühlketten, Logistik	Lebensmittelhandwerk, Kältetechnik, Elektro- und Gebäudetechnik
Gesundheit	Betrieb von Kliniken, Praxen, Pflegeeinrichtungen	Medizintechnik, Zahntechnik, Kälte- und Klimatechnik, Elektro-/IT-Handwerk, Bau- und Ausbaugewerke, Textilreinigung
Transport & Verkehr	ÖPNV, Logistik, Straßen- und Schienenverkehr	Kfz- und Nutzfahrzeugtechnik, Metallbau, Verkehrsanlagentechnik, Gleis- und Straßenbau
Digitale Infrastruktur	Rechenzentren, TK-Netze, Leitstellen	Informationstechniker, Elektrotechnik, Klimatechnik
Entsorgung	Müllabfuhr, Recycling, Sonderabfall	Kfz-Technik, Anlagenbau, Metall- und Elektro-Maschinenbau, Elektrotechnik
Staat & Verwaltung	Verwaltungen, Leitstellen, Polizeistandorte	Elektro-, Informationstechnik, Bau- und Ausbaugewerke

Quellen: BBK, 2025; OPENCRTIS, 2025 sowie eigene Zuordnung

Hierbei ist die quantitative Relevanz des Handwerkssektors zu betonen. Mit rund 1,04 Mio. Betrieben und etwa 5,6 Mio. Beschäftigten stellt das Handwerk etwa 12,3 % aller Erwerbstätigen in Deutschland; zugleich werden rund 342.000 Personen in Handwerksbetrieben ausgebildet, was 28,2 % aller Auszubildenden entspricht (vgl. ZDH, 2025d). Ein erheblicher Teil des Humankapitals, das für Betrieb, Wartung und Umbau

von Infrastrukturen erforderlich ist, wird folglich im Handwerk ausgebildet und beschäftigt.

Die Handwerkszählung liefert eine statistische Grundlage für die Einordnung des Handwerks als Infrastruktur-relevanten Sektor. Für das Jahr 2023 weist sie insgesamt 4.442.660 tätige Personen im Handwerk aus. Diese verteilen sich auf die Gewerbegruppen wie folgt:

Tabelle 2: Tätige Personen und Anteile nach Gewerbegruppen

Gewerbegruppen	Anzahl tätige Personen	Anteile
Bauhauptgewerbe	776.198	17,47 %
Ausbaugewerbe	1.535.262	34,56 %
Handwerke für den gewerblichen Bedarf	601.294	13,53 %
Kraftfahrzeuggewerbe	582.323	13,11 %
Lebensmittelgewerbe	481.421	10,84 %
Gesundheitsgewerbe	207.032	4,66 %
Handwerke für den privaten Bedarf	259.130	5,83 %

Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2025

Bereits aus dieser groben Gruppierung ergibt sich, dass knapp 70 % aller im Handwerk tätigen Personen in Gewerbegruppen beschäftigt sind, die direkt mit der

Planung, Errichtung, Instandhaltung und dem Betrieb von Gebäuden, technischen Anlagen und Fahrzeugen befasst sind – also im Bauhaupt- und Ausbaugewerbe

sowie in den Handwerken für den gewerblichen Bedarf. Rechnet man das Kraftfahrzeuggewerbe hinzu, steigt dieser Anteil auf fast 80 %. Das Handwerk bildet damit, in statistisch klar abgrenzbarer Weise, den zentralen „Infrastruktur-Cluster“ innerhalb der Gesamtwirtschaft: Die überwiegende Mehrheit der Beschäftigten arbeitet an der materiellen Grundlage von Energie-, Wärme-, Wasser-, Verkehrs- und Produktionsinfrastrukturen.

Die im staatlichen Resilienz- und KRITIS-Diskurs entwickelten Strategien – etwa die gesetzlichen Vorgaben des KRITIS-Dachgesetzes, die Maßnahmenkataloge zur Erhöhung der Versorgungssicherheit oder Programme zur Modernisierung der Wärme- und Strominfrastruktur – planen daher implizit mit den Umsetzungskapazitäten des Handwerks. Während Planung, Regulierung und Finanzierung der Krisenreaktion überwiegend durch staatliche und unternehmerische Akteure verantwortet werden, muss die konkrete Umsetzung im breiten Krisenfall vorrangig auch durch handwerkliche Betriebe erfolgen. In kleineren Schadensfällen und regional begrenzten Krisen ist zwar eine vorrangig staatlicherseits durchgeführte Reaktion denkbar, die auf Mittel von Bundeswehr, technischem Hilfswerk und anderen Akteuren zurückgreift. In größeren Katastrophen im Bundesgebiet wären diese Akteure jedoch rasch überfordert und müssten eine Einbindung aller relevanten gesellschaftlichen Ressourcen erreichen, für die in erster Linie das Handwerk in Frage käme. Entsprechend lässt sich das Handwerk damit als wichtiger Akteur einer resilienzorientierten Infrastrukturpolitik für die Vorbereitung und Reaktion auf großflächige Krisensituationen verstehen. Zusammengefasst hat das Handwerk dabei eine Reihe von Vorteilen für die Bewältigung von großflächigen Krisensituationen:

- Es übersetzt abstrakte Vorgaben (z.B. Anforderungen an Ausfallsicherheit, Priorisierung kritischer Infrastrukturen, Effizienz- und Klimaziele) in konkrete technische Lösungen vor Ort und kennt diese daher genau.
- Es verfügt über das situative Wissen zu Bestandsgebäuden, lokalen Netzsituationen und realen Betriebsbedingungen von technischer Infrastruktur, das für eine kurzfristige Resilienz erforderlich ist.
- Es bildet ein dichtes Netz regional verankerter, klein- und mittelständischer Betriebe, das auch unter Krisenbedingungen handlungsfähig bleiben kann – vorausgesetzt, Fachkräfte, Material und organisatorischer Rahmen sind vorhanden.

Die Erfahrung des Wiederaufbaus nach der Flutkatastrophe im Ahrtal 2021 hat in diesem Kontext eindrück-

lich gezeigt, dass Handwerksbetriebe sowohl als Betroffene als auch als tragende Säule des Wiederaufbaus agierten und kollegiale Hilfsstrukturen bis hin zu überregional koordinierten Plattformen durch die Handwerksorganisation (z.B. „handwerk-baut-auf.de“) aktiviert werden konnten, um konkrete Krisenbewältigung durchzuführen. Gleichzeitig ist festzuhalten, dass für den Einsatz des Handwerks in überregionalen und tiefergehenden Krisensituationen bislang keine weitergehenden Überlegungen bestehen: Es existiert keine systematisch institutionalisierte Einbindung des Handwerks in Strukturen des Zivil- und Katastrophenschutzes und keine systematische, gemeinsame Übungstätigkeit zur regionalen Krisenbewältigung. Verbunden damit verfügen staatliche Akteure der Krisenvorsorge und -reaktion über kein flächendeckendes Lagebild zu vorhandenen handwerklichen Fähigkeiten, Kapazitäten und Ressourcen.

Zusätzlich problematisch wird dies aufgrund der ungleichen regionalen Verteilung des Handwerks im Raum: Gerade weil Mobilität in schweren Krisen stark eingeschränkt sein kann (z.B. zerstörte Straßen, Kraftstoffknappheit, Stromausfall), ist die lokale Verfügbarkeit und die Einbindung von Handwerkskapazitäten in Strukturen der Krisenreaktion entscheidend. Es besteht aber eine räumliche Asymmetrie zwischen Verwundbarkeit und Ressourcenverfügbarkeit. In hochverdichteten, infrastrukturintensiven Räumen ist der pro-Kopf-Anteil an Handwerksbetrieben tendenziell geringer, während ländliche Räume eine höhere Dichte an Betrieben und handwerklichen Kompetenzen aufweisen (Runst & Haverkamp, 2018).

Für eine Erhöhung der kurzfristigen Reaktionsfähigkeit und Resilienz ist es daher eine zentrale Frage, welche staatlichen und privaten Akteure auf welche Weise organisatorisch mit dem Handwerk verknüpft werden können, um eine Erhöhung der Reaktionsfähigkeit im Krisenfall zu erreichen.

3.2.2 Schnittstellen staatlicher Akteure und Handwerk

Die Einbindung des Handwerks in akute Krisenlagen setzt voraus, dass seine Akteure strukturell in die bestehende Architektur des Bevölkerungsschutzes und des Katastrophenmanagements eingebettet werden. Das deutsche Bevölkerungsschutzsystem ist durch einen ausgeprägten Föderalismus sowie eine funktionale Differenzierung geprägt: Bund, Länder, Kommunen, Betreiber kritischer Infrastrukturen und Einsatzorganisationen tragen jeweils unterschiedliche, teils überlappende Verantwortungen (siehe Abb. 11).



Abb. 11: Akteure des Katastrophenschutzes im föderalen Gefüge

Quelle: DKKV (2025a); eine ausführliche Beschreibung der Akteure findet sich bei DKKV (2025b)

Das Handwerk verfügt gleichermaßen über eine stark gegliederte eigene Organisationslandschaft (Kammern, Innungen, Fachverbände, Einzelbetriebe, komplementäre technische Akteure), die naturgemäß primär auf Markt- und Berufsregulierung und nicht auf Krisen- und Katastrophenfunktionen ausgerichtet ist. Vor diesem Hintergrund geht es in den folgenden Abschnitten darum, die beiden Systeme – staatliche Reaktionsträger und Handwerksstrukturen – gegenüberzustellen, um sichtbar zu machen, an welchen Stellen Ansatzpunkte für eine solche institutionalisierte Verknüpfung liegen können.

3.2.2.1 Staatliche Akteure und föderale Ebenen

Der Bevölkerungsschutz in Deutschland ist als Mehrebenensystem organisiert, in dem verschiedene staatliche und nichtstaatliche Akteure mit jeweils eigenen Zuständigkeiten und Logiken zusammenwirken. Im Zentrum stehen Bund, Länder und Kommunen, ergänzt um Betreiber kritischer Infrastrukturen sowie die klassischen Einsatzorganisationen. Dieses System kann als leistungsfähig, aber gleichzeitig komplex und fragmentiert charakterisiert werden (Geier, 2021).

Auf der kommunalen Ebene konzentriert sich die praktische Bewältigung fast aller Alltagskrisen und vieler größerer Schadenslagen. Gemeinden und kreisfreie Städte sind für die Gefahrenabwehr zuständig; sie halten Feuerwehren vor, richten bei Bedarf örtliche Krisenstäbe ein und koordinieren im Ereignisfall Maßnahmen von der Evakuierung bis zur Notversorgung. Kommunen

sind damit die erste staatliche Instanz, die mit konkreten Störungen konfrontiert sind – seien es lokale Stromausfälle, Starkregenereignisse, Störungen im Verkehrsfluss oder der Ausfall einzelner Einrichtungen (Geier, 2021).

Für das Handwerk bedeutet dies: Kommunen stehen im Alltag in vielfältigen Beziehungen zu Handwerksbetrieben, etwa über Bau- und Ordnungsämter, öffentliche Ausschreibungen, Wartungsverträge für Gebäude und Anlagen oder kommunale Wohnungsunternehmen. Dieses Alltagswissen über die lokale Wirtschaftsstruktur wird jedoch bislang kaum systematisch für den Krisenfall nutzbar gemacht. Es ist anzunehmen, dass auf kommunaler Ebene nur in seltenen Fällen ein strukturierter Überblick darüber besteht, welche Betriebe über besondere Notfallkompetenzen verfügen (z.B. Notstrom, Pumpentechnik o.ä.), oder darüber, welche Kapazitäten unter Krisenbedingungen realistisch mobilisiert werden können. Dies führt in akuten Lagen dazu, dass handwerkliche Ressourcen lediglich personengebunden aktiviert werden können. Eine belastbare, planbare Schnittstelle zwischen kommunaler Krisenorganisation und Handwerk besteht in aller Regel nicht.

Die Bundesländer bilden die nächsthöhere Ebene im föderalen Gefüge. Sie tragen verfassungsrechtlich die Verantwortung für den Katastrophenschutz und regeln diesen über Landesgesetze und -verordnungen. Operativ

arbeiten viele Länder mit unteren Katastrophenschutzbehörden auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte, die im Katastrophenfall eigene Stäbe einrichten, überregionale Ressourcen koordinieren und die Zusammenarbeit mit den Hilfsorganisationen steuern. Obere Katastrophenschutzbehörden sind in der Regel die Innenministerien, die strategische Vorgaben machen, landesweite Konzepte verabschieden und die Verzahnung mit Bundesbehörden und Nachbarländern sicherstellen (Geier, 2021).

Für das Handwerk ist an dieser Stelle eine zentrale Ebene der Kooperation gegeben: Auf Landesebene können formalisierte Vereinbarungen und Standards für die Zusammenarbeit zwischen Katastrophenschutz und Handwerksorganisationen etabliert werden – etwa Rahmenvereinbarungen mit Handwerkskammern und Fachverbänden, einheitliche Daten- und Meldeformate oder die Definition von Rollen wie „Handwerksbeauftragte“ in Krisenstäben. Landkreise wiederum wären prädestiniert, überkommunale Ressourcen zu bündeln und in großflächigen Lagen (z.B. regionale Stromausfälle, großräumige Hochwasserereignisse) gezielt auf Handwerksbetriebe zurückzugreifen.

Auf Bundesebene stehen weniger die unmittelbare operative Gefahrenabwehr als vielmehr die strategische Rahmensetzung und überregionale Unterstützung im Vordergrund. Zentrale Akteure sind hier das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), die Bundesnetzagentur (BNetzA) und die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW). Das BBK entwickelt übergreifende Konzepte, führt Risikoanalysen durch, betreibt bundesweite Warnsysteme (u. a. MoWaS, Cell Broadcast), erstellt Leitfäden und organisiert Aus- und Fortbildung im Bevölkerungsschutz. Das THW stellt als technisch ausgerichtete Einsatzorganisation Fähigkeiten rund um Logistik, Notstromversorgung, Wasserförderung, Brückenbau und Instandsetzung zur Verfügung und unterstützt damit Länder und Kommunen in Großschadenslagen (BBK, 2025).

Für das Handwerk ist der Bund vor allem als Normgeber und Förderer relevant. Bundesrecht setzt etwa den Rahmen für Zivilschutz, KRITIS-Strategien und IT-Sicherheitsanforderungen; über Programme und Publikationen können Bund und BBK Impulse geben, wie technische Betriebe systematisch in das Krisenmanagement eingebunden werden. Denkbar wären zum Beispiel gemeinsame Untersuchungen von Bundesinstitutionen und handwerklichen Spitzenorganisationen sowie Vereinbarungen zu Fähigkeitslagebildern des Handwerks oder die Entwick-

lung von Mustervereinbarungen für die Einbindung von Betrieben in Katastrophenschutzpläne.

Eine besondere Rolle unabhängig von der föderalen staatlichen Struktur spielen die Betreiber Kritischer Infrastrukturen (KRITIS). Sie sind – unabhängig von der staatlichen Ebene – funktional dafür verantwortlich, dass zentrale Dienstleistungen wie Energieversorgung, Wasser/Abwasser, Transport, Ernährung, Gesundheitsversorgung, Finanz- und Versicherungswesen, Informationstechnik und Telekommunikation sowie staatliche Verwaltungen verfügbar bleiben. Bund und Länder haben sich auf neun KRITIS-Sektoren verständigt, für die spezifische Schutzstrategien und Resilienzanforderungen entwickelt wurden (vgl. BBKV, 2025b).

Aus Handwerksperspektive ist dabei festzuhalten, dass sich die Betreiber stark auf Handwerks- und Dienstleistungsbetriebe stützen – insbesondere in den Gewerken Elektro, SHK, Tief- und Straßenbau, IT- und Kommunikationstechnik sowie Metall- und Maschinenbau. Instandhaltung, Störungsbeseitigung und Notfallreparaturen werden häufig über Rahmenverträge mit ausgewählten Betrieben organisiert. Für die Krisenreaktion ergibt sich daraus eine ambivalente Situation: Einerseits sind viele handwerkliche Kapazitäten formal bereits an KRITIS-Betreiber gebunden und verfügen über detaillierte Anlagenkenntnis. Andererseits bleiben diese Strukturen für die staatlichen Krisenstäbe oft intransparent; die Frage, welche Betriebe mit welchen Kapazitäten wann und wo eingesetzt werden, wird primär innerhalb der Unternehmensorganisation von KRITIS-Betreibern entschieden.

Die Einsatzorganisationen – Feuerwehren, Hilfsorganisationen und THW – bilden schließlich den sichtbarsten Akteur des deutschen Bevölkerungsschutzes. Sie verfügen über eingespielte Führungsstrukturen, standardisierte Einsatzmittel und hohe operative Erfahrung. Besonders charakteristisch ist der sehr hohe Anteil ehrenamtlicher Kräfte, der in der Literatur immer wieder als Stärke, aber auch als Vulnerabilitätspunkt des Systems hervorgehoben wird (vgl. BBK, 2025b).

Zwischen den Einsatzorganisationen und Handwerksbetrieben gibt es zahlreiche personelle Überschneidungen: Viele ehrenamtliche Kräfte sind im Hauptberuf Handwerker*innen, Meister oder Betriebsinhabende. In der Praxis ist daher denkbar, dass handwerkliche Ressourceneinsätze im Krisenfall häufig über persönliche Netzwerke angestoßen werden, sodass Betriebe informell in den Krisenstab vermittelt werden oder Material über private Kontakte organisiert werden. Solche personengebundenen Verknüpfungen sind in vielen Lagen wertvoll, sie

sind aber weder einfach skalierbar noch verlässlich planbar. Fällt die Schlüsselperson aus oder ist selbst als Betroffene eingebunden, bricht die informelle Schnittstelle weg.

Insgesamt lässt sich zunächst festhalten, dass das deutsche Bevölkerungsschutzsystem über eine differenzierte und leistungsfähige Struktur aus Bund, Ländern, Kommunen, KRITIS-Betreibern und Einsatzorganisationen verfügt. Das Handwerk spielt auf der praktischen Ebene informell eine zentrale Rolle. Gleichzeitig besteht für das Handwerk bislang keine klar definierte, institutionell verankerte Rolle in diesem System. Kontakte sind

vor allem informell, regional sehr unterschiedlich und nicht systematisch abgesichert. Will man das Handwerk kurzfristig und planvoll in akute Krisenreaktionen einbinden, reicht es deshalb nicht, punktuell Kooperationen zu vereinbaren. Nötig wäre eine bewusste Gestaltung von Schnittstellen – in Form von standardisierten Zuständigkeiten, Meldewegen, Datenstrukturen und rechtlich-ökonomischen Rahmenbedingungen –, die die vorhandenen handwerklichen Ressourcen in die bestehende Mehrebenenarchitektur des Bevölkerungsschutzes integrieren. Tabelle 3 gibt für diese Schnittstellen eine erste strukturierende Übersicht.

Tabelle 3: Förderale Ebenen und Berührungspunkte zum Handwerk

Ebene / Akteur	Berührungspunkte zum Handwerk
Bund	Normsetzung, Leitfäden, Förderprogramme; Einbindung von Betrieben über THW-Einsätze und KRITIS-Regulierung
Länder / Kreise	Standardisierung von Schnittstellen (z.B. mit Handwerkskammern), Festlegung von Rollen, überkommunale Koordination
Kommunen	Alltagskontakte zu Betrieben, Vertragsbeziehungen, Kenntnis der lokalen Struktur – bisher kaum systematisch für Krisen genutzt
KRITIS-Betreiber	Rahmenverträge mit Fachbetrieben, Instandhaltung und Störungsbeseitigung; hoher Bedarf an spezialisierten handwerklichen Leistungen
Einsatzorganisationen	Personelle Überschneidungen mit Handwerk, punktuelle Zusammenarbeit; potenzielle Andockpunkte für formelle Kooperationen

3.2.2.2 Strukturen des Handwerks

Auf der anderen Seite des Bevölkerungsschutzsystems steht eine eigenständige, historisch gewachsene Organisationslandschaft des Handwerks. Die Handwerksorganisation ist dabei primär auf Märkte, berufliche Selbstverwaltung und Qualifizierung ausgerichtet. Zentral sind hier Funktionen der Selbstverwaltung, der Berufsregulierung, der Aus- und Weiterbildung sowie der Interessenvertretung gegenüber Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Öffentlichkeit (vgl. ZDH, 2025b, für eine Übersicht zur Handwerksorganisation). In den Konzepten des Bevölkerungsschutzes taucht diese Handwerkslandschaft nur indirekt auf – etwa als „Wirtschaft“ oder „private Unternehmen“ – und wird selten als eigenständiger, systematisch einzubindender Akteur begriffen.

Eine besondere Rolle in der handwerklichen Organisationslandschaft spielt der Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH) in Verbindung mit dem Unternehmerverband Deutsches Handwerk (UDH). Der ZDH ist als Spitzenverband der deutschen Wirtschaft mit Sitz in Berlin die zentrale politische Interessenvertretung des

Handwerks auf Bundesebene. Er bündelt die Arbeit der 53 Handwerkskammern sowie rund 50 Zentralfachverbände und vertritt damit die Gesamtinteressen von über einer Million Handwerksbetrieben mit mehreren Millionen Beschäftigten gegenüber Bundestag, Bundesregierung, zentralen Bundesbehörden, der Europäischen Union und internationalen Organisationen. Der ZDH dient der einheitlichen Willensbildung in grundsätzlichen Fragen der Handwerkspolitik und fungiert als zentrales Bindeglied zwischen der föderal gegliederten Handwerksbasis und der Bundespolitik. Der eng mit dem ZDH verknüpfte Unternehmerverband Deutsches Handwerk (UDH), der die Zentralfachverbände und weitere Kooperationspartner des Handwerks vereint, bildet wiederum die wirtschaftspolitische „Untergliederung“ auf Unternehmensebene und ist eng mit der ZDH verzahnt (vgl. ZDH, 2025e).

Für Bevölkerungsschutz und die Resilienz kritischer Infrastrukturen ist diese Spitzengliederung deshalb relevant, weil ZDH/UDH als natürliche Ansprechpartner für die Bundesressorts Innen, Wirtschaft,

Arbeit und Digitalisierung fungieren können, wenn es um die Ausgestaltung rechtlicher Rahmenbedingungen (z.B. Haftungsfragen, Vergütungsregime, arbeitszeitrechtliche Ausnahmen im Katastrophenfall), Förderprogramme für krisenrelevante Qualifikationen oder die Einbindung des Handwerks in nationale Resilienzstrategien (z.B. KRITIS-, NIS-2- oder CER-Umsetzung) geht. Über ihre Stellung als Dachverbände sind ZDH und UDH in der Lage, Erfahrungen aus Kammern, Innungen und Betrieben zu aggregieren und in Form konsolidierter Positionen in die Bundespolitik zurückzuspiegeln. Dies bildet insgesamt die Grundvoraussetzung dafür, die Rolle des Handwerks im Bevölkerungsschutz nicht nur regional, sondern auch auf Ebene der zentralen Gesetzgebung zu verankern.

Ein Schwerpunkt der handwerklichen Organisationsstruktur sind die Handwerkskammern und die Innungen. Die Handwerkskammern sind als Körperschaften des öffentlichen Rechts für einen klar umrissenen regionalen Zuständigkeitsbereich verantwortlich. Sie führen die Handwerksrolle mit allen Handwerksbetrieben des Kammerbezirks, organisieren mit anderen Akteuren die berufliche Bildung, beraten Betriebe rechtlich und betriebswirtschaftlich und vertreten die regionale Handwerkerschaft gegenüber Politik, Verwaltung und anderen gesellschaftlichen Akteuren. Damit verfügen sie über eine nahezu vollständige Übersicht über die in ihrem Gebiet ansässigen Handwerksbetriebe. Dies beinhaltet, welche Gewerke vertreten sind, wo die Betriebe angesiedelt sind und indirekt, wie groß die Betriebe sind.

Für die Krisenreaktion bedeutet dies ein bislang kaum genutztes Potenzial. Handwerkskammern können auf Basis der Handwerksrollen einen Ausgangspunkt bilden, um systematisch zu erfassen, welche Betriebe über spezifische Notfallkompetenzen verfügen, wie ihre personellen und technischen Kapazitäten aussehen und in welchem räumlichen Kontext sie tätig sind.

Parallel zu den Kammerstrukturen existieren Innungen und Fachverbände als gewerkespezifische Zusammenschlüsse von Betrieben, die vor allem fachliche Koordination, Interessenvertretung und Erfahrungsaustausch organisieren. In vielen Regionen haben Innungen über Jahre dichte, vertrauensvolle Netzwerke aufgebaut, in denen sich die Betriebe kennen, gegenseitig unterstützen und im Bedarfsfall auch kurzfristig Kapazitäten mobilisieren können. In akuten Krisenlagen ist es denkbar, dass Innungen in der Lage sind, innerhalb kurzer Zeit zusätzliche Betriebe zu aktivieren, Aufträge umzuleiten und sonstige Unterstützung zu organisieren.

Diese informellen Mobilisierungs- und Koordinationsfähigkeiten sind aus Sicht der Krisenreaktion wertvoll. Dennoch sind Innungen und Fachverbände bislang nicht systematisch in die formellen Kommunikations- und Alarmierungswege des Katastrophenschutzes eingebunden. Ihre potenzielle Rolle als „Vermittler“ zwischen staatlichen Stellen und der Vielzahl einzelner Betriebe bleibt damit unausgeschöpft.

Analog zur Bundesebene existieren in vielen Ländern Landesvertretungen der Handwerkskammern bzw. Landeshandwerkstage, die als gemeinsame Stimmen der Handwerkskammern gegenüber Landesregierungen und Landtagen auftreten. Da der Katastrophenschutz in Deutschland verfassungsrechtlich primär Ländersache ist und wesentliche Regelungen sowie operative Konzepte durch Landesgesetzgeber und Landesregierungen gestaltet werden, bieten diese Landesvertretungen einen zentralen Anknüpfungspunkt, um Perspektiven des Handwerks in Fragen der Krisen- und Katastrophenresilienz systematisch in die Landespolitik einzuspeisen.

Auf Ebene des Katastrophenschutzes liegen entsprechend Potenziale in der Mitwirkung an Landeskatastrophenschutzplänen, der Beteiligung an ressortübergreifenden Arbeitsgruppen zur KRITIS-Resilienz, der Entwicklung landesspezifischer Modelle zur Einbindung von Betrieben sowie der funktionalen Kopplung von Wirtschafts- und Innenressort auf Länderebene. Auf diese Weise könnten Landesvertretungen der Handwerkskammern zu Schnittstellen zwischen den föderalen Katastrophenschutzstrukturen und den regionalen Handwerksnetzwerken werden.

Unterhalb dieser Organisationsebene stehen die einzelnen Handwerksbetriebe mit ihren sehr heterogenen Kapazitäten und Spezialisierungen. Das Spektrum reicht von Ein-Personen-Unternehmen, die vor allem lokal arbeiten, bis hin zu mittelgroßen und großen Betrieben mit mehreren Dutzend oder gar über hundert Mitarbeitenden, komplexer Maschinenausstattung und einem überregionalen Einsatzgebiet. Diese Heterogenität betrifft mehrere Dimensionen: die Personalstärke, den Qualifikationsmix innerhalb der Belegschaften, die technische Ausstattung sowie den Grad der Einbindung in bestimmte Sektoren oder Wertschöpfungsketten. Diese Akteure eint, dass sie häufig über sehr spezifisches Anlagen- und Systemwissen verfügen. Gleichzeitig sind sie ohnehin in Wartungs- und Instandhaltungsverträgen verankert und damit Teil der realen technischen Wertschöpfungsketten: Sie kommen bei planmäßigen Inspektionen, Störungen und Umbauten zum

Einsatz und sind in der Logik der Betreiber kritischer Anlagen fest eingeplant. In den klassischen Strukturen des Bevölkerungsschutzes sind diese Betriebe jedoch noch weniger sichtbar als das Handwerk insgesamt.

Für die Krisenreaktion ist entsprechend nicht nur die reine Zahl der Betriebe relevant, sondern insbesondere das Vorhandensein von sehr spezifischen Fähigkeiten, deren Kenntnisse auf Ebene des Katastrophen- und Zivilschutzes sowie ihre effektive Einbindung. In Krisenlagen – wie etwa nach der Flutkatastrophe im Ahrtal – hat sich gezeigt, dass Handwerksbetriebe bereit sind, erhebliche zusätzliche Kapazitäten zu mobilisieren, Personal in andere Regionen zu entsenden, Material zu teilen und provisorische Infrastrukturlösungen aufzubauen. Allerdings geschieht dies überwiegend ungesteuert. Der

Koordinationsaufwand ist entsprechend hoch, die Transparenz über verfügbare Kapazitäten gering, und die Priorisierung orientiert sich oft eher an Zufällen der Nachfrage als an gesamtgesellschaftlichen Notwendigkeiten. Gleichzeitig zeigt beispielsweise die Koordination durch die Handwerkskammer Koblenz im Rahmen der Flutkatastrophe im Ahrtal (<https://www.handwerk-baut-auf.de/>), dass im Krisenfall eine Koordination durch übergeordnete Institutionen zu einer raschen Verbesserung und Lenkung der Kapazitäten führen kann.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die handwerkliche und technische Landschaft aus Sicht der Krisenreaktion auf den verschiedenen organisatorischen Ebenen viele sinnvolle Anknüpfungspunkte bietet. Tabelle 4 gibt hierfür einen zusammenfassenden Überblick.

Tabelle 4: Handwerksakteure und Anknüpfungspunkte zum Katastrophenschutz

Handwerksakteur	Anknüpfungspunkte zum Katastrophenschutz
ZDH / UDH (Bundesebene)	Ansprechpartner für Bundesressorts (BMI, BMWF etc.), Mitwirkung an nationalen Resilienz- und KRITIS-Strategien, Impulsgeber für Rechtsrahmen, bundesweite Leitlinien zur Einbindung des Handwerks
Landesvertretungen / Landeshandwerkstage	Beteiligung an Landeskatastrophenschutzplänen, Mitarbeit in interministeriellen Arbeitsgruppen, Entwicklung landesspezifischer Modelle, Anbindung an Innen- und Wirtschaftsministerien der Länder
Handwerkskammern	Aufbau und Pflege von „Fähigkeitslagebildern“, Schnittstelle zu Kommunen/Kreisen, Benennung und Schulung von Handwerksbeauftragten für Krisenstäbe, Koordination von Betrieben im Katastrophenfall
Innungen / Fachverbände	Schnelle Mobilisierung gewerkespezifischer Betriebe, fachliche Beratung von Krisenstäben (z.B. Elektro, SHK), Mitwirkung an gewerkeorientierten Notfallstandards und Übungsszenarien
Handwerksbetriebe	Praktische Notfallhilfe und Aufbau provisorischer Infrastrukturen, Unterstützung beim Wiederaufbau, Bereitstellung von Personal, Fahrzeugen und Spezialtechnik, ggf. Teilnahme an Alarmierungs- und Bereitschaftsmodellen

Gleichzeitig wird durch die Beschreibung deutlich, dass mit Kammern, Innungen und Fachverbänden leistungsfähige Strukturen existieren, die über Daten, Netzwerke und Koordinationskompetenzen verfügen, bislang aber nicht systematisch in Katastrophenschutzstrukturen eingebunden sind. Ebenso weisen die Einzelbetriebe eine hohe fachliche Spezialisierung und erhebliche, im Ereignisfall mobilisierbare und hochrelevante Zusatzkapazitäten auf, die jedoch ohne übergreifende Steuerung schnell in eine Überlastung oder Fehlallokation münden können. Gerade diese Kombination aus organisatorischer Leistungsfähigkeit, fachlicher Spezialisierung und strukturell fehlender Einbindung macht deutlich, warum ein systematisches Fähigkeitslagebild, eine

institutionalisierte Schnittstelle zwischen Bevölkerungsschutz und Handwerksorganisation sowie regelmäßige Übungen für den Krisenfall notwendig wären. Ohne eine solche Verbindung bleibt die Einbindung des Handwerks in akute Krisen zufällig, personengebunden und nur begrenzt planbar.

3.2.2.3 Fazit: Schnittstellen zwischen Staat und Handwerk im Krisenfall

Zwischen dem föderal gegliederten System des Bevölkerungsschutzes und der heterogenen und kleinteilig strukturierten Handwerkslandschaft besteht derzeit eine strukturelle Lücke. Zwar spielen handwerkliche Betriebe faktisch eine zentrale Rolle bei Reparatur, Instandsetzung

und Wiederaufbau nach Schadensereignissen, doch diese Rolle ist bislang kaum in den formalen Strukturen von Katastrophenschutz und Krisenvorsorge verankert. Handwerkskammern, Innungen und Fachverbände tauchen in strategischen Dokumenten zum Bevölkerungsschutz, zur Resilienz kritischer Infrastrukturen oder zu Katastrophenschutzkonzepten lediglich im Rahmen allgemeiner Hinweise zur „Wirtschaft“ oder zu „privaten Unternehmen“ auf, nicht aber als systematisch zu integrierende Partnerorganisationen. Folglich besteht keine Grundlage für eine vorausschauende Kooperation und Koordination mit dem Handwerk. Praktisch heißt dies, dass Handwerksbetriebe in Krisen eine Rolle spielen, allerdings meist über bereits bestehende Geschäftsbeziehungen, persönliche Netzwerke oder spontane Hilfsinitiativen, nicht aber im Rahmen eines vorab abgestimmten, geübten und rechtlich wie organisatorisch abgesicherten Systems.

Dort, wo Kooperation tatsächlich stattfindet – etwa im Zuge der Flutkatastrophe im Ahrtal, bei großflächigen Sturmereignissen oder regionalen Hochwassern –, zeigt sich das Handwerk als hochgradig leistungsfähiger und solidarischer Akteur. Betriebe mobilisieren zusätzliches Personal, verlagern Kapazitäten, stellen Spezialtechnik zur Verfügung und beteiligen sich über Monate an Sicherungs- und Wiederaufbauarbeiten. Diese Kooperation bleibt jedoch überwiegend ad hoc und ereignisgetrieben: Es entstehen spontan aufgebaute Hilfsnetzwerke, Plattformen und Koordinationsrunden, die aber keine dauerhafte Einbindung nach sich ziehen. Ein dauerhafter Lerneffekt im Sinne stabiler Governance-Strukturen, verbindlicher Schnittstellen und institutionalisierter Rollen stellte sich bislang höchstens regional begrenzt ein.

Aus der Perspektive einer vorausschauenden Krisenvorsorge wäre es allerdings wichtig, institutionalisierte Schnittstellen zwischen Bevölkerungsschutz und Handwerksorganisationen zu schaffen. Diese müssten mindestens drei Kernfunktionen übernehmen:

1. **Informationsfunktion:** Erforderlich wäre ein systematisch gepflegtes Lagebild zu Fähigkeiten und Kapazitäten des Handwerks, das kommunalen, Kreis- und Landesbehörden sowie Betreibern kritischer Infrastrukturen zugänglich ist. Umgekehrt müssen behördliche Informationen – etwa zu Gefährdungslagen, Schutzprioritäten, rechtlichen Rahmenbedingungen oder Übungsvorhaben – verlässlich zur Handwerksorganisation und den Betrieben weitergegeben werden.
2. **Koordinationsfunktion:** Zwischen der Führungsebene (Krisenstäbe, Leitstellen, KRITIS-Betreiber) und der Umsetzungsdimension (Betriebe, Beschäftigte, technische Ressourcen) braucht es verbindliche Mechanismen zur Abstimmung von Prioritäten, zur

Bündelung von Anfragen und zur Vermeidung widersprüchlicher Aufträge.

3. **Legitimations- und Absicherungsfunktion:** Wenn Betriebe im Rahmen der öffentlichen Krisenbewältigung tätig werden, müssen sie dies erkennbar unter einem öffentlich verantworteten Mandat tun können – mit klaren Haftungsregeln, transparenten Vergütungsmechanismen und verlässlichen arbeits- und versicherungsrechtlichen Rahmenbedingungen.

Aus dieser Analyse und den drei vorgestellten Kernfunktionen lassen sich thesehaft zentrale Erfordernisse für die Einbindung des Handwerks in die Krisenvorsorge ableiten:

- **Institutionelle Verankerung:** Das Handwerk (Kammern, Innungen, ZDH/Landeshandwerkstage) muss als eigenständiger Akteur in Strategien, Gesetzen und Leitlinien des Bevölkerungsschutzes und der KRITIS-Resilienz explizit benannt und mit definierten Rollen ausgestattet werden.
- **Fähigkeitslagebild:** Es bedarf eines dauerhaft gepflegten, mehrstufigen Lagebilds handwerklicher Fähigkeiten und Kapazitäten, das in kommunale, Landes- und Betreiberplanungen integriert ist und im Krisenfall schnell nutzbar gemacht werden kann.
- **Formalisierte Schnittstellen:** Zwischen Krisenstäben (auf Ebene von Kommunen, Kreisen, Ländern), Betreibern kritischer Infrastrukturen und Handwerksorganisationen sind feste Schnittstellen (z.B. Handwerksbeauftragte, definierte Ansprechpartner, standardisierte Meldewege) einzurichten.
- **Kooperative Planung und Übung:** Handwerksorganisationen und Betriebe müssen systematisch in Risikoanalysen, Vorsorgeplanungen und regelmäßige Übungen eingebunden werden, um Abläufe, Rollenverständnisse und Kommunikationswege einzuüben.
- **Rechtliche und ökonomische Absicherung:** Einsätze des Handwerks im Rahmen des Katastrophenschutzes sind durch klare Haftungsregelungen, Vergütungsstandards, arbeitszeitrechtliche Sonderregelungen und versicherungsrechtliche Klärungen abzusichern.

Diese Erfordernisse können den Übergang von einer überwiegend spontanen, informell getragenen Beteiligung des Handwerks zu einem strukturierten, vorausschauend gestalteten Beitrag zur gesamtgesellschaftlichen Krisenvorsorge gestalten.

4. Fazit und Forschungsausblick

Die vorliegende Studie verfolgt das Ziel, die Rolle des Handwerks als ein zentraler Akteur der Aufrechterhaltung kritischer Infrastruktur in die Diskussion um Erhöhung der gesellschaftlichen und technischen Resilienz einzubinden. Daraus soll abgeleitet werden, wie die Rolle des Handwerks in Krisenvorsorge und Krisenreaktion so gestaltet werden kann, dass ein Zugewinn an Versorgungssicherheit und Krisenresilienz für Deutschland entsteht.

Ausgangspunkt der Analyse ist dabei die Konstellation aus (a) wachsendem Druck auf hochgradig verflochtene und technisch anspruchsvolle Infrastruktursysteme (Energie, Wasser, Verkehr, IT, Gesundheit etc.), (b) langjähriger Unterinvestition in Netze und Anlagen bei gleichzeitig steigenden Anforderungen (Energiepreise, Elektrifizierung, Komfort- und Sicherheitsansprüche), (c) sinkenden Spielräumen durch eine veränderte energie- und sicherheitspolitische Lage und (d) einer demografisch bedingten Verknappung praktisch-technischer Kompetenzen, die sich im Handwerk besonders deutlich zeigt. Damit verschärft sich eine grundlegende Herausforderung moderner, komplexer Infrastrukturen: Komplexe, eng gekoppelte Systeme erzielen im Normalbetrieb Effizienzgewinne, erhöhen aber systemisch die Störanfälligkeit; Resilienz verlangt dagegen Puffer, Redundanz, Reparierbarkeit und lokale Eingriffsfähigkeit. Diese Eigenschaften erhöhen die laufenden Kosten und senken die Effizienz der betreffenden Systeme. Vor diesem Hintergrund argumentiert die vorliegende Studie, dass das Streben nach Resilienz nicht nur als ein technisch kurzfristig lösbares Problem verstanden werden sollte, sondern ebenso als langfristige strategische Priorisierungsfrage. Innerhalb dessen muss das Handwerk sowohl für akute Schadenslagen als auch für eine langfristige Anpassung an ein realistisch tragbares Ressourcen- und Kompetenzniveau eine Schlüsselrolle einnehmen.

Um diese Argumentation zu entwickeln, wird Resilienz als Zielkategorie in ihrer doppelten Logik dargestellt, zum einen einer kurzfristig dominanten „engineering resilience“, die auf schnelle Stabilisierung und Wiederherstellung des Status quo abzielt, zum anderen einer langfristig notwendigen „ecological resilience“ im Sinne der Fähigkeit zur Anpassung der Infrastrukturen an neue Rahmenbedingungen durch Strukturwandel und Vereinfachung. Diese Unterscheidung wird mit einer Komplexitätsdiagnose verknüpft, die zwei strukturelle Mechanismen betont: Erstens wird argumentiert, dass zusätzliche Komplexität abneh-

mende Grenzerträge aufweist, dass zusätzliche organisatorische und technische Komplexität dauerhaft energetische Überschüsse voraussetzt und dass es bei sinkender Nettoenergie oder steigenden Erhaltungsaufwänden zu einem zwingend notwendigen, aber gesellschaftlich stark konflikträchtigen Rückbau von Komplexität führt. Zweitens wird gezeigt, dass im Sinne „normaler Unfälle“ in hochkomplexen und eng gekoppelten Systemen schwere Störungen systemimmanent werden, weil Interaktionen nicht vollständig antizipierbar sind und Sicherheitsmaßnahmen selbst neue Komplexität erzeugen. Insgesamt entsteht so ein Engpass-Dreieck aus sinkender Nettoenergie und steigenden Kosten der Aufrechterhaltung komplexer Infrastrukturen, demografisch bedingt schrumpfender praktisch-technischer Kompetenzbasis und wachsenden externen Bedrohungen für Deutschland. Daraus folgt, dass sich Resilienzgewinne unter knapper werdenden Ressourcen nicht beliebig durch zusätzliche Steuerungs-, Schutz- und Überwachungskomplexität erzielen lassen, sondern bewusste Vereinfachung, Entkopplung, Standardisierung, Modularität, Reparierbarkeit und lokale Handlungsfähigkeit erfordern. Dies ist zwingend verbunden mit expliziten Trade-offs (in Form von Kosten, Komfort, Effizienz, Verteilungswirkungen) sowie einer staatlichen und gesellschaftlichen Priorisierung auf Kernfunktionen der Daseinsvorsorge.

Auf dieser Basis wird schließlich eine Doppelrolle für das Handwerk entwickelt: erstens als operativer Träger kurzfristiger Krisenreaktion und zweitens als struktureller Ermöglicher langfristiger Resilienz im Sinne robuster Einfachheit.

In der langfristigen Perspektive wird Resilienz als Umbaupfad beschrieben, der Komplexität reduziert, Qualifikationsstrukturen zugunsten praktisch-technischer Fähigkeiten ausrichtet und (Teil-)Autarkie von internationalen Lieferketten stärkt. In allen drei Dimensionen verschiebt sich der Schwerpunkt von Effizienz und Komplexitätsaufbau hin zu Wartung, Reparatur, Funktionssicherung und Fähigkeit zur einfachen Wiederinbetriebnahme in Krisensituationen und damit tendenziell zu handwerklicher Wertschöpfung. In der kurzfristigen Perspektive wird gezeigt, dass die Betriebe des Handwerks in nahezu allen KRITIS-Sektoren wichtige Funktionen erfüllen. Zugleich zeigt die Analyse eine strukturelle Lücke: Die faktische Bedeutung des Handwerks spiegelt sich bislang kaum in formalen Strukturen des Bevölkerungsschutzes wider,

Kooperationen bleiben häufig ad hoc, personengebunden und regional zufallsabhängig.

Die Studie leitet deshalb als zentrale Schlussfolgerung ab, dass die Herstellung kurzfristiger („engineering“-) Resilienz eine institutionelle Einbindung des Handwerks erfordert. Nötig sind dafür (a) ein dauerhaft gepflegtes Fähigkeits- und Kapazitätslagebild, das Handwerk und Krisenreaktionskräfte verbindet, (b) klare Koordinationsmechanismen zwischen Krisenstäben, KRITIS-Betreibern und Handwerksorganisationen sowie (c) Mechanismen der rechtlich-ökonomischen Absicherung für Betriebe im Krisenfall. Diese Kooperationsstrukturen müssen jeweils auf Ebene von Kommunen über Länder bis zum Bund verankert und über regelmäßige Kommunikation und Übungen betrieben werden. Auf diese Weise kann ein wirksamer Beitrag des Handwerks zur Krisenreaktionsfähigkeit aufgebaut werden, um dadurch gesellschaftliche Resilienz gegenüber Krisenlagen zu erhöhen.

Die Ergebnisse dieser Studie können genutzt werden, um Anknüpfungspunkte zu aktuellen Forschungsinteressen im Bereich der gesellschaftlichen Resilienz aufzugreifen. Diese zielen auf anwendungsorientierte Verbundprojekte ab, die die Resilienz der Bevölkerung in Krisen- und Katastrophenlagen stärken und dabei szenario- und gefahrenübergreifend vorgehen. Dabei wird ein gesamtgesellschaftlicher Ansatz betont, der das koordinierte Zusammenspiel von Staat und Verwaltung, Wissenschaft, Wirtschaft, Politik, Zivilgesellschaft sowie Bürgern und Bürgerinnen in den jeweiligen Regionen systematisch einbezieht. Staatlicherseits sind dabei breit übertragbare Konzepte, Methoden und Werkzeuge gefragt, die Risikobewusstsein, Selbsthilfefähigkeiten und regionale Resilienz (z.B. auf Ebene von Nachbarschaften/Quartieren, Schulen, Betrieben, Vereinen) verbessern. Dabei ist es entscheidend, die Bevölkerung, die Wissenschaftskommunikation und alle relevanten Partner in die Forschung einzubeziehen. Entsprechend ist es vielversprechend, die kurzfristige Perspektive der Resilienzerhöhung aufzugreifen und damit die konstatierte Implementierungslücke zwischen Handwerksorganisationen und Bevölkerungsschutz systematisch zu adressieren. Hierfür sind eine Reihe von möglichen Forschungsschwerpunkten einzeln oder kombiniert denkbar.


Ein erster Schwerpunkt wäre ein auf die Flutkatastrophe im Ahrtal fokussierter Forschungsansatz, der die faktische Rolle des Handwerks in der akuten Schadensbewältigung und im Wiederaufbau rekonstruiert. Dies kann über Prozess- und Netzwerkstudien zu Alarmierung, Priorisierung, Materiallogistik sowie Schnittstellen zu Krisenstäben/KRITIS-Betreibern erfolgen.

Ebenso können die Koordinationsansätze der Handwerkskammern (u. a. über Plattformen/Informationsangebote) als Ausgangspunkt für eine qualitative Wirkungsanalyse und die Erarbeitung von Best Practices genutzt werden. Die Erfahrungen des noch sehr aktuellen Ereignisses können folglich genutzt werden, um Vorschläge und Richtlinien für die strukturelle Einbindung des Handwerks in die Strukturen der Krisenreaktion abzuleiten.

Zweitens sollte die institutionelle Verknüpfung des Handwerks mit verschiedenen Governance-Ebenen (Kommune – Kreis – Land – Bund) analysiert werden. Dies kann z.B. durch den prototypischen Aufbau und die Erprobung eines mehrstufigen „Fähigkeitslagebilds Handwerk“ auf Ebene eines Kreises und einer Handwerkskammer erfolgen. Dabei sollen mit den verantwortlichen staatlichen und privaten Akteuren Aspekte wie die Daten-Governance, Datenschutz, Aktualisierungsroutinen, Rollen- und Berechtigungskonzepte, aber auch die Einführung standardisierter Funktionen wie „Handwerksbeauftragte/r“ in Krisenstäben und Leitstellen analysiert werden. Dies kann in Verbindung mit Handwerksbetrieben, Innungen und Fachverbänden erfolgen und um gemeinsam entwickelte Alarmierungs-, Beauftragungs-, Haftungs- und Vergütungsregime ergänzt werden, die später im Rahmen von Übungen belastbar erprobt werden können. Auf diese Weise kann prototypisch in einer Region die konkrete Zusammenarbeit von Handwerk und Krisenreaktionskräften vorbereitet werden.

Drittens wäre die Untersuchung internationaler Vergleichsstudien hilfreich, um alternative Arrangements der Einbindung nichtstaatlicher Kapazitäten (inkl. Wirtschaft / Kommunen / Freiwilligensektor) in lokale Resilienz- und Reaktionsstrukturen herauszuarbeiten und als Referenzmodelle für die deutsche Mehrebenenarchitektur aufzubereiten. Denkbar wäre hier der Vergleich mit britischen Local Resilience Forums (koordinierte Risiko- und Notfallplanung auf lokaler Ebene, mit systematischer Einbindung weiterer Akteure) oder niederländischen Ansätzen, die Training und Übungen explizit in Kooperation mit öffentlichen und privaten Partnern vorsehen. Aus dem internationalen Vergleich und der Analyse der jeweiligen Rolle des Handwerks lassen sich Designprinzipien für deutsche Schnittstellen ableiten.

Viertens könnte die Forschung zu bevölkerungsnahen Formaten der lokalen Krisenreaktion mit Handwerksbeteiligung aufgegriffen werden. Dies könnte Möglichkeiten eruieren, Handwerksbetriebe und -organisationen als Multiplikatoren für risikobasierte Vorsorge- und Selbsthilfepraktiken aufzustellen. Solches könnte

A teal triangle is located in the top left corner of the page.

z.B. Aspekte wie sichere Notstrom-/ Wasser-/ Wärme-Notmaßnahmen im Quartier oder „do’s & don’ts“ bei Gebäudeschäden beinhalten. Hierbei bietet sich insbesondere eine Forschungskoope-ration mit Betrieben und Fachverbänden im Bereich Elektro und SHK an, mit deren Hilfe technisch belastbare Informationen aufbereitet werden können. Parallel kann die mögliche Bereitstellung der Informationen zur individuellen Krisenvorsorge über die Handwerksorganisa-tionen untersucht und mögliche Geschäftsmodelle für Handwerksbetriebe im Bereich der individuellen Kri-senvorsorge analysiert werden.

Kritisch für den Erfolg dieser und anderer Forschungs-vorhaben ist der enge Kontakt zu Handwerksbetrie-ben, Handwerkskammern, Innungen und Fachver-

bänden sowie zu den Akteuren der Krisenreaktion, um über die Forschungstätigkeit eine gute Verbindung der beiden bislang getrennten Bereiche zu erreichen. Aufgrund der bislang begrenzten Datenlage ist von qualitativen, explorativen Forschungsdesigns auszu-gehen, die erste Grundthesen zu den Forschungsfel-dern erarbeiten. Diese können im zweiten Schritt über Umfragen auf Ebene der Handwerkskammern, Son-derumfragen der Fachverbände oder des Zentralver-bands des Deutschen Handwerks quantitativ validiert werden. Solch eine breite Validierung ermöglicht schließlich die Ableitung von empirisch robust unter-legten Handlungsempfehlungen an die Akteurs-bereiche Handwerk und Krisenreaktion, die eine stärkere institutionelle Verschränkung vorbereiten.

5. Literatur

- Alexander, S. (2012). *Resilience through simplification: Revisiting Tainter's theory of collapse* (Simplicity Institute Report 12h). Simplicity Institute. <https://ssrn.com/abstract=2095648>
- Bergantino, A. S., Gardelli, A. & Rotaris, L. (2024). Assessing transport network resilience: Empirical insights from real-world data studies. *Transport Reviews*, 44 (4), 834-857. <https://doi.org/10.1080/01441647.2024.2322434>
- Bitkom e. V. (2024). *Angriffe auf die deutsche Wirtschaft nehmen zu* [Presseinformation]. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Angriffe-auf-die-deutsche-Wirtschaft-nehmen-zu> (Abruf am 17.04.2026).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [BBK] (2021). *Klärung und Erweiterung des KRITIS-Vokabulars*. https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/KRITIS/baukasten-kritis-vokabular-1.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (Abruf am 17.04.2026).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe [BBK] (2025). *Sektoren und Branchen KRITIS*. https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/Sektoren-Branchen/sectoren-branchen_node.html (Abruf am 17.04.2026).
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik [BSI] (2023). *Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2023*. https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht2023.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (Abruf am 17.04.2026).
- Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung [BiB] (2025). *Demografischen Wandel neu entdecken*. <https://www.bib.bund.de/DE/Presse/Pressegesprache/2022-07-11-Broschuere-Demografischen-Wandel-neu-entdecken.html> (Abruf am 17.04.2026).
- Bundesministerium des Innern und für Heimat [BMI] (2022). *Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen in Deutschland*. https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/Sendai-Katrima/deutsche-strategie-resilienz-lang_download.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Abruf am 17.04.2026).
- Bundesministerium des Innern und für Heimat [BMI] (2024). *Gesetzentwurf zur Stärkung der Resilienz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Dachgesetz)*. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/DE/Downloads/kabinettsfassung/KM4/reg-kritis-dachgesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Abruf am 17.04.2026).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi] (2020). *Öffentliche Infrastruktur in Deutschland: Probleme und Reformbedarf. Gutachten*, Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- Bundesrechnungshof (2024). *Bericht nach § 99 BHO zur Umsetzung der Energiewende*. https://www.bundesrechnungshof.de/SharedDocs/Downloads/DE/Berichte/2024/energiewende-volltext.pdf?__blob=publicationFile (Abruf am 17.04.2026).
- Christopher, M. & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15 (2), 1-13. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>
- Collins, R. (2011). Credential inflation and the future of universities. *Italian Journal of Sociology of Education*, 3(2), 228-251.
- Deschermeier, P. & Schäfer, H. (2024). *Die Babyboomer gehen in Rente*, IW-Kurzbericht, No. 78/2024, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln.
- Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e. V. [DKKV] (2025a). *Bevölkerungsschutz in Deutschland*. <https://dkkv.org/themenseiten/bevoelkerungsschutz-in-deutschland/> (Abruf am 17.04.2026).
- Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e. V. [DKKV] (2025b). *Kurzbericht zur Akteurskartierung des deutschen Katastrophenrisikomanagements*. <https://dkkv.org/wp-content/uploads/2025/02/DKKV-2024-Kurzbericht-zur-Akteurskartierung-des-deutschen-Katastrophenrisikomanagements.pdf> (Abruf am 17.04.2026).
- Etkin, D. & Timmerman, P. (2013). Emergency management and ethics. *International Journal of Emergency Management*, 9 (4), 277-297. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2013.059866>

- European Commission (2025a). European industrial strategy. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy_en (Abruf am 17.04.2026).
- European Commission (2025b). *Critical Raw Materials Act*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en (Abruf am 17.04.2026).
- Evans, H.-C. (2017). *Public understanding and perceptions of climate change and global warming in Zimbabwe and South Africa* [Unpublished manuscript]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/322020909_Public_understanding_and_perceptions_of_climate_change_and_global_warming_in_Zimbabwe_and_South_Africa
- Geier, W. (2021). Strukturen, Akteure und Zuständigkeiten des deutschen Bevölkerungsschutzes. *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ)*. Bundeszentrale für politische Bildung. <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/bevoelkerungsschutz-2021/327989/strukturen-akteure-und-zustaendigkeiten-des-deutschen-bevoelkerungsschutzes> (Abruf am 17.04.2026).
- Hall, C. A. S. & Day, J. W., Jr. (2009). Revisiting the limits to growth after peak oil. *American Scientist*, 97, 230–237.
- Hall, C. A. S. & Klitgaard, K. A. (2012). *Energy and the wealth of nations: Understanding the biophysical economy*. Springer.
- Hall, C. A. S., Lambert, J. G. & Balogh, S. B. (2014). EROI of different fuels and the implications for society. *Energy Policy*, 64, 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.049>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Holling, C. S. (1996). Engineering resilience versus ecological resilience. In P. Schulze (Ed.), *Engineering within ecological constraints*, National Academy Press, 31–44. <https://doi.org/10.17226/4919>
- International Energy Agency [IEA] (2026). Reliable, affordable access to all fuels and energy sources. <https://www.iea.org/topics/energy-security?utm> (Abruf am 17.04.2026).
- KfW Bankengruppe (2024). *KfW-Kommunalpanel 2024*. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Kommunalpanel/KfW-Kommunalpanel-2024.pdf>
- KfW Bankengruppe (2025). *KfW-Kommunalpanel 2025*. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Kommunalpanel/KfW-Kommunalpanel-2025.pdf>
- KfW Research (2025). *Mittelstand stellt sich auf Herausforderungen durch demografischen Wandel ein*. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2025/Fokus-Nr.-489-Maerz-2025-Arbeitskraefte.pdf> (Abruf am 17.04.2026).
- Lambert, J. G., Hall, C. A. S. & Balogh, S. B. (2013). *EROI of global energy resources: Status, trends and social implications* [Manuscript]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/269277869_EROI_of_Global_Energy_Resources_Status_Trends_and_Social_Implications
- Maslarić, M., Bačkalić, T., Nikoličić, S. & Mirčetić, D. (2013). Assessing the trade-off between lean and resilience through supply chain risk management. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 4 (4), 229–236. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2013-4-128>
- Meadows, D. H., Randers, J. & Meadows D. (2004). *Limits to Growth: The 30-Year Update*. Chelsea Green Publishing.
- Murphy, D. J. (2022). Energy return on investment of major energy carriers. *Sustainability*, 14 (13), 7098. <https://doi.org/10.3390/su14137098>
- OPENCritis (2025). *Kritische Sektoren*. <https://www.openkritis.de/it-sicherheitsgesetz/kritis-sektoren.html> (Abruf am 17.04.2026).
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2025). *OECD supply chain resilience review: Navigating risks*. <https://doi.org/10.1787/94e3a8ea-en>
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Basic Books, New York.
- Runst, P. & Haverkamp, K. (2018). *Handwerk im ländlichen Raum*. Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung, Heft 22, Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen. <https://doi.org/10.3249/256894>
- Sheffi, Y. & Rice, J. B., Jr. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47 (1), 41–48.

- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2025). Handwerkszählung. <https://www.statistikportal.de/de/handwerkszaehlung>
- Statistisches Bundesamt [Destatis] (2023). *Pressemitteilung Nr. N036: 2021 kamen 4,3 Auszubildende auf 10 Studierende, 1950 waren es noch 75,5 Azubis*. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/06/PD23_N036_12.html (Abruf am 17.04.2026).
- Statistisches Bundesamt [Destatis] (2025a). *Pressemitteilung Nr. N048: 13,4 Millionen Erwerbspersonen erreichen in den nächsten 15 Jahren das gesetzliche Rentenalter*. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/08/PD25_N048_13.html (Abruf am 17.04.2026).
- Statistisches Bundesamt [Destatis] (2025b). *Studierende nach Fächergruppen*. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Tabellen/studierende-insgesamt-faechergruppe.html> (Abruf am 17.04.2026).
- Steinmann, P., Tobj, H. & van Voorn, G. A. K. (2024). Resilience metrics for socio-ecological and socio-technical systems: A scoping review. *Systems*, 12 (9), 357. <https://doi.org/10.3390/systems12090357>
- Tainter, J. A. (1988). *The collapse of complex societies*. Cambridge University Press.
- Tainter, J. A. (1995). Sustainability of complex societies. *Futures*, 27 (4), 397-407. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(95\)00016-P](https://doi.org/10.1016/0016-3287(95)00016-P)
- Tainter, J. A. (2006). Social complexity and sustainability. *Ecological Complexity*, 3 (2), 91-103. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2005.07.004>
- Turchin, P. (2013). *Complex population dynamics: a theoretical/empirical synthesis*. Princeton University Press.
- Turchin, P. (2013). Modeling Social Pressures Toward Political Instability. *Cliodynamics*, 4, 241-280.
- Übertragungsnetzbetreiber [ÜNB] / Bundesnetzagentur (2024). *Systemstabilitätsbericht 2023*. https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NEP/Strom/Systemstabilitaet/2023.pdf (Abruf am 17.04.2026).
- VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (2025). *Sicherheit und Stabilität im europäischen Stromsystem* (VDE Hintergrund). <https://www.vde.com/resource/blob/2388242/b160c4502670cfc7e70e9f107657a966/vde-hintergrund-netzstabilitaet-data.pdf> (Abruf am 17.04.2026).
- Walker, B. & Salt, D. (2006). *Resilience thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press.
- Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2025). *Aktueller Begriff: „Krieg gegen den Westen“ – Deutlicher Anstieg von Zwischenfällen hybrider Kriegführung*. <https://www.bundestag.de/resource/blob/1055824/bac7fd4bbd7996ef61f0b3fc8100833/Krieg-gegen-den-Westen.pdf> (Abruf am 17.04.2026).
- Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020). *Öffentliche Infrastruktur in Deutschland: Probleme und Reformbedarf* [Gutachten]. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/gutachten-oeffentliche-infrastruktur-in-deutschland.html> (Abruf am 17.04.2026).
- Zentralverband des Deutschen Handwerks [ZDH] (2020). *Aus der Corona-Krise lernen: Systemrelevanz einheitlich definieren* (ZDH-Kompakt). https://www.zdh.de/fileadmin/Oeffentlich/Handwerkspolitik/ZDH-Kompakt/2020/2020-09-28_ZDH_Kompakt_Systemrelevanz.pdf (Abruf am 17.04.2026).
- Zentralverband des Deutschen Handwerks [ZDH] (2025a). *Deutschland braucht eine Bildungswende*. <https://www.zdh.de/bildungswende/> (Abruf am 17.04.2026).
- Zentralverband des Deutschen Handwerks [ZDH] (2025b). *Organisationen des Handwerks*. <https://www.zdh.de/ueber-uns/organisationen-des-handwerks/> (Abruf am 17.04.2026).
- Zentralverband des Deutschen Handwerks [ZDH] (2025c). *Fachkräftesicherung im Handwerk*. <https://www.zdh.de/themen-und-positionen/fachkraeftesicherung/> (Abruf am 17.04.2026).
- Zentralverband des Deutschen Handwerks [ZDH] (2025d). *Kennzahlen des Handwerks*. <https://www.zdh.de/daten-und-fakten/kennzahlen-des-handwerks/> (Abruf am 17.04.2026).
- Zentralverband des Deutschen Handwerks [ZDH] (2025e). *Über uns*. <https://www.zdh.de/ueber-uns/> (Abruf am 17.04.2026).