Dr.-Ing. Sebastian Festag

Sicherheit und Nachhaltigkeit:

Herausforderungen, Folgenabschätzung und Schutzstrategien

Safety and Sustainability: Challenges,Assessment and Strategies

XXXVII. Internationales Symposion der GfS
23. Mai 2023, Austria Center Vienna (Wien)



© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Sicherheit und Nachhaltigkeit:
Herausforderungen, Folgenabschätzung und Schutzstrategien

Safety and Sustainability: Challenges, Assessment and Strategies

XXXVII. Internationales Symposion der GfS
23. Mai 2023, Austria Center Vienna (Wien)

Im Auftrag der GfS
herausgegeben von

Sebastian Festag

Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft e. V. (GfS)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

In Kooperation mit der IVSS-Sektion Maschinen- und Systemsicherheit

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Herausgeber:
Dr. Sebastian Festag im Auftrag der GfS
Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft e. V.
GfS-Geschäftsstelle
c/o BG ETEM
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln

© 2023 VdS Schadenverhütung GmbH Verlag
Amsterdamer Str. 174, 50735 Köln
Tel.: 0221 7766-0, Fax: 0221 7766-109, www.vds.de
ISBN: 978-3-936050-37-0

Festag, Sebastian (Hrsg.): Sicherheit und Nachhaltigkeit: Herausforderungen, Folgenabschätzung und Schutzstrategien [Safety and Sustainability: Challenges, Assessment and Strategies]. XXXVII. Internationales Symposion der GfS, Köln: VdS-Verlag (ISBN: 978-3-936050-37-0)

Bildquelle (Cover): JOE LORENZ DESIGN – `stock.adobe.com`

Der vorliegende Band stellt die Meinung der jeweiligen Autoren dar und spiegelt nicht grundsätzlich die Meinung der Verantwortlichen bzw. des Herausgebers. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Druck:
KRMP Intermedia GmbH
Habsburgerring 1
50674 Köln
Tel.: 0221/71797450

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

der Ruf nach Nachhaltigkeit ist groß, aber auch nicht neu. Die Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft befasst sich im vorliegenden Werk mit den Herausforderungen im Kontext von Sicherheit und Nachhaltigkeit sowie andererseits mit den damit verbundenen Folgenabschätzungen und Schutzstrategien. In diesem Rahmen werden die politischen Strategien, Entwicklungen und Anforderungen der Nachhaltigkeit aufgezeigt. Dies wird in den Zusammenhang mit den verschiedenen, sich zum Teil gegenseitig überlagernden Krisen (z. B. Pandemie, Klimakrise) gestellt. Im Anschluss daran werden Gesichtspunkte der Folgenabschätzung und Schutzstrategien skizziert. Es werden (a) strategische Verankerungen von Nachhaltigkeitskriterien in die Prävention, (b) die Verflechtungen mit der Digitalisierung, (c) die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsfragen in der Bildung und (d) Wechselwirkungen zwischen Nachhaltigkeit und Energiesystemen angesprochen.

Den Vorsitzenden der Sektionen und allen Autoren gilt mein herzlicher Dank für ihre inhaltliche Unterstützung beim Gelingen des Symposions und des vorliegenden Werks. Ich danke dem Organisationskomitee für die Mitarbeit an der Programmgestaltung:

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

- Dipl.-Ing. Harald Hauff
- Dr. rer. nat. Jürgen Hecht
- Dipl.-Ing. Christoph-Johannes Kirchner
- Dr. Dr. Christian Rückerl

Der langfristige Blick auf die Gefahren von Systemen sowie der ressourcenschonenden Umgang mit unserer Welt sind wichtige und zentrale Anliegen unserer Gesellschaft. Möge sich der Ruf nach Nachhaltigkeit nicht als Modeerscheinung entpuppen, sondern mögen den Verlautbarungen auch Taten folgen. Ich wünsche den Lesern aus den Einblicken in die Thematik Impulse für das eigene Handeln.

Wien, im Mai 2023

Dr. Sebastian Festag
(Präsident der GfS)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Inhaltsverzeichnis

Vorwort **I**

1 Eröffnung des Symposions *(Sebastian Festag)* **1**

2 Herausforderungen und Folgenabschätzung *(Martin Schmauder & Miesner)* **9**

2.1 Ausgangssituation – zur Nachhaltigkeit 10

2.2 Nachhaltigkeitsberichterstattung durch kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) 12

2.3 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz entlang Lieferketten 15

2.4 Menschengerechte Gestaltung der Arbeit – Ergonomie . . . 18

2.5 Fazit 24

3 Foresight Study on the Circular Economy and its Effects on OSH *(Annick Starren)* **25**

3.1 Project background 25

3.2 Scenarios on the Circular Economy and OSH 27

3.2.1 Four macro-scenarios until 2040 in the EU (phase 1) 27

3.2.2 Tailoring of the scenarios via stakeholder engagement (phase 2) 28

3.3 Results of the project 29

3.3.1 Key project findings 29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

3.3.2 Growing number of vulnerable workers in the EU . 32
3.3.3 Most affected sectors 40
3.4 Policy pointers and actions to safeguarding workers in the transition to a CE 49
3.4.1 Actions to safeguard workers in the transition to a CE 49
3.4.2 Key action for policy: involving key green initiatives to support cross-policy dissemination 55
3.4.3 In conclusion 56

4 Die neue Realität der Polykrisen *(Ortwin Renn)* 59

5 Folgenabschätzung und Schutzstrategien *(Heinz Sauerburger)* 61

6 Nachhaltigkeit: Prävention und Strategiearbeit *(Bastian Fochmann)* 69
6.1 Eine klare Prozessarchitektur für Prävention und Strategiearbeit 70
6.2 Strategische Handlungsfelder 72
6.3 Nachhaltigkeit als integrative Kraft 72

7 Nachhaltigkeit und Digitalisierung – zwei unternehmensrelevante Transformationen *(Sascha Stowasser)* 75
7.1 Die digitale und ökologische Transformation 76
7.2 Nachhaltige Arbeit 77
7.3 Ausgewählte Handlungsfelder zur Bewältigung der Transformationen 78
7.3.1 Arbeits- und Gesundheitsschutz 79
7.3.2 Transformationen erfordern ein zielgerichtetes und partizipatives Changemanagement 80

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

7.3.3 Führung 85
7.4 Fazit 87

8 Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in Sicherheitsfragen *(Wolfgang Hochbruck & Mareike Huber)* 89
8.1 Fall 1: Kahramanmaras, Türkei, Februar 2023 92
8.2 Fall 2: Babcock Ranch, Florida, September 2022 94
8.3 Fall 3: Nordamerika, Sommer 2022 95
8.4 Fall 4: Kakadu-Nationalpark, Australien 104
8.5 Transfer und nachhaltige Entwicklung 107

9 Sustainable networked renewable energy systems: challenges and solutions *(Hermann de Meer)* 111
9.1 Introduction 112
9.2 Challenges and solutions in sustainable energy systems . . 114
9.2.1 Enabling blackstart in renewable energy systems . . 114
9.2.2 Protecting the energy system using RES 117
9.3 Next steps in improving sustainability of RES-enabled energy systems 120
9.4 Conclusion 122

10 Abschluss des Symposions *(Juraj Sinay)* 125

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

1 Eröffnung des Symposions

Dr. Sebastian Festag, Präsident der GfS

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ ist derzeit in Mode und der Ruf nach solchen Vorgehensweisen riesengroß. Dabei ist der Ansatz der Nachhaltigkeit nicht neu. Vor ungefähr 300 Jahren machte Hans Carl von Carlowitz den Ansatz der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung von Wäldern populär. Holz war damals – wie heute – ein beliebter Baustoff und Energieträger zum Kochen und Heizen. Da es damals keine Bewirtschaftung des Waldes im heutigen Verständnis gab, wurde Holz zur Mangelware. Die Kluft zwischen Angebot und Nachfrage löste eine Rohstoffkrise und ein Umdenken aus.

Die Situation damals ist ähnlich zu der aktuellen Situation. Heute sprechen wir von einer Situation, die als „Polykrisensituation“ (siehe Kapitel 4) beschrieben wird. Derzeit überlagern sich mehrere Krisen: Zum einen leistet die Coronapandemie ihren Beitrag zur Polykrise. Neben der eigentlichen Coronapandemie, die für sich bereits eine gesellschaftliche Krise darstellt, führt die Pandemie über mehrere Verflechtungen (z. B. Reaktionen der Wirtschaft und übersteuertes Kaufverhalten von Bürgern sowie die über einen längeren Zeitraum andauernde „Zero-Covid“-Strategie der chinesischen Regierung mit Öffnung und Schließung von Häfen) in die

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Bauteilkrise. Dabei wird die Rohstoff- und Bauteilkrise nicht nur durch die Coronapandemie begünstigt, sondern auch durch (a) ein großes Wachstum der Halbleiterindustrie mit einem entsprechenden Bedarf an begrenzt verfügbaren Halbleitern (ZVEI, 2021), (b) eine Kältewelle in Texas (USA) im Februar 2021 mit einem Produktionsstopp und infrastrukturellen Schäden bei Samsung, NXP und Infineon infolge von Stromausfällen aufgrund von heftigen Schneefällen, (c) Fertigungseinschränkungen durch einen Wassermangel (das Wasser wird zum Reinigen der Chip-Komponenten benötigt) aufgrund einer Dürreperiode in Taiwan (März 2021), (d) einen Brand in der Chipfabrik Renesas Electronics (Japan) im März 2021, wobei ein Großteil der Produktion zerstört wurde, (e) großflächige Waldbrände (u. a. in Kanada) und (f) die auf Effizienz getrimmte Globalisierung (so werden nach Baumann (2022) Mikrochips zu großen Teilen (ca. 51 %) in den USA entwickelt, zu großen Teilen (ca. 73,4 %) in Asien produziert und weltweit eingesetzt) sowie (g) die Blockade des Suez-Kanals durch das Containerschiff „Ever Given“ (Ehrhardt, 2021). All dies führt im Ergebnis zu einem aus dem Tritt geratenen Wirtschaftsverkehr (z. B. befürchtete die Automobilbranche coronabedingt eine schwächere Nachfrage und stornierte Aufträge bei Chipherstellern (vgl. WiWo, 2022), wobei der Nachfrageeinbruch nur kurzfristig eintritt, um anschließend überdurchschnittlich zu steigen (vgl. Gerstl, 2022)) mit zum Teil einseitigen Abhängigkeiten in den Lieferketten.

Einen weiteren Teil trägt der Ukraine-Konflikt zur Polykrise mit der damit einhergehenden Energiekrise bei. Schon lange haben sich Abhängigkeiten vom russischen Gas abgezeichnet. Und dann kommt ein sich durch die Veränderung der Altersverteilung in der Bevölkerung (demografischer Wandel) ebenfalls schon seit Langem anbahnender Arbeits- bzw. Fachkräftemangel (Personalmangel) hinzu.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Nebenbei bemerkt verändert sich das Wirtschaftssystem in den letzten Jahren krisenbedingt dynamisch. Ausgehend von einer hierzulande (freien) Marktwirtschaft mit staatlichen Regelungssystemen sind Ausläufer zu einer sozialen Marktwirtschaft während der Coronapandemie (in der Sozialfaktoren durch die Krise weisen; z. B. wurden zum Weiterbetrieb von Unternehmen zeitweise Kriterien zur Erfassung der „Systemrelevanz“ herangezogen) zu erkennen hin zu einer drohenden Mangelwirtschaft aufgrund der Bauteil- und Rohstoffkrise sowie des Fach- und Arbeitskräftemangels.

Der Klimawandel trägt sein Übriges zur Polykrise bei. Zwar wird noch über die anthropogenen Einflüsse auf den Klimawandel diskutiert, allerdings ist zweifelsfrei zu erkennen, dass sich das Klima verändert und derzeit in einer Wärmeperiode befindet, was erhebliche Veränderungen und Naturgefahren mit sich bringt.

Zurück zum Ursprung des Nachhaltigkeitsansatzes: Damals wie heute war Holz ein gefragter Rohstoff und eine Mangelware zugleich, weshalb von Carlowitz die langfristige Bewirtschaftung von Wäldern entwickelte, bei der dem Wald nur so viel Holz entnommen wird, wie natürlich nachwachsen kann, sodass er sich selbst erhalten kann. Das ist die Basis für die Forstwirtschaft, wie wir sie heute kennen – auch wenn in jüngerer Zeit auch hier anthropogene Einflüsse in Kritik stehen (vgl. Wohlleben, 2016).

Nachhaltigkeit bedeutet demzufolge langfristig schonend und systemerhaltend mit Ressourcen umzugehen. Mit anderen Worten zielt Nachhaltigkeit darauf ab, „[. . .] ein menschenwürdiges Leben [zu] ermöglichen und gleichzeitig die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft zu bewahren“ (vgl. Grober, 2013, S. 46).

Der Wunsch nach nachhaltigen Lösungen, ja Lebensweisen, ist in allen

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Bereichen zu finden und betrifft durch die weltumspannenden Krisensymptome einen jedermann. Krisen sind immer schon ein Beschleuniger für Veränderungen. Doch was muss sich ändern? Der gemeinsame Nenner der Polykrise ist hier darin zu finden, dass systemerhaltende Vorgehensweisen gefragt sind, bei denen die Effekte vor allem eine größere Perspektive mit langfristig wirksamen Vorgehensweisen bekommen. Das Handeln und Unterlassen soll nicht nur den aktuellen Moment befriedigen, sondern vor allem langfristig keine übermäßigen Schäden auslösen. Bei dem Ansatz der Nachhaltigkeit geht es demzufolge um systemisches, vorausschauendes und verantwortungsbewusstes Handeln. Der Wertemaßstab für dieses verantwortungsbewusste Handeln verlagert sich von Wirtschaftlichkeit, Konsum und Material auf soziale und natürliche Werte. Hierzu haben sich die Vereinten Nationen im Jahr 2015 mit der verabschiedeten Agenda 2030 zu 17 globalen Zielen für eine bessere Zukunft verpflichtet (siehe Bild 1.1), um eben „weltweit ein menschenwürdiges Leben zu ermöglichen und gleichzeitig die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft zu bewahren“ (Vereinte Nationen, 2015).

Über diese staatliche Initiative sollen die Wertvorstellungen über Kollektive wie Organisationen auf die Gesellschaft bis zum Einzelnen übergreifen. Wird die Sicht auf die Ebene eines Kollektives (z. B. Unternehmen) übersetzt, so ergeben sich verschiedene Dimensionen und Prioritäten zum Handeln. In erster Näherung ergeben sich die folgenden Dimensionen, die von Fragen der Nachhaltigkeit und den verschiedenen Zielen unterschiedlich berührt sind:

- Rechtsrahmen der Organisation (Kreislaufwirtschaft, Reparierbarkeit, „Green Deal“)
- Zweck der Organisation (Wofür/Beitrag, Vision, „Purpose“)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

- Organisationsstrategie (langfristige Ausrichtung der Organisation, Positionierung und Identität der Organisation)
- Leistungen der Organisation (z. B. Produkte, Produktlebenszyklus, Dienstleistungen, Geschäftsmodelle)
- Infrastruktur der Organisation (z. B. Werkgelände, Gebäude, Informationstechnik)
- Menschen (Werte), Kultur der Organisation
- Einsatz von Methoden, Instrumenten, Techniken, Werkzeugen
- Umwelt der Organisation (z. B. regionale Bedingungen, Standort, Wetter)



Bild 1.1: Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (Vereinte Nationen, 2015)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Der **Rechtsrahmen** konzentriert sich auf die **Gesetze** (und ähnliche Instrumente) für Nachhaltigkeit, was in Europa als „Green Deal“ bezeichnet wird und einerseits darauf abzielt die CO_2-Emissionen, Umweltverschmutzungen und das Abfallaufkommen zu reduzieren sowie andererseits die natürlichen Ressourcen und die Biodiversität zu erhalten (vgl. Europäische Kommission, 2023). Hierbei ist mit einem Blick auf die Industrienationen zu erkennen, dass zum einen bestehende Regelwerke in einen Kreislauf gebracht (z. B. Eco-Design RL, Verpackungsgesetz) und um Umweltschutzkriterien ergänzt (z. B. Bauprodukteverordnung) sowie zum anderen spezifische neue Regularien (z. B. EU-Batterienverordnung) entworfen werden. Im Mittelpunkt stehen die Kreislaufwirtschaft und Reparierbarkeit von Produkten (wobei hier Kompetenzgrenzen nach Festag et al. (2022) eingehalten werden müssen), um nach Möglichkeit (a) den Einsatz von Sekundärrohstoffen zu fördern, (b) Abfälle zu vermeiden und (c) Nutzungsdauern von Systemen zu erhöhen (vgl. ZVEI, 2022). Der rechtliche Rahmen rückt den Blick auf die **rechtlichen Risiken** und die Einhaltung des Rechtsrahmens (**Rechtskonformität**) von Individuen und Kollektiven. Das kann sehr weit ausgelegt sein.

Durch die Auseinandersetzung mit der Nachhaltigkeit und den entsprechenden Rechtsrahmen sollen in Bezug auf Kosten und Produkte (**Kosten- und Produktrahmen**) einerseits die Kosten durch konstruktive Anpassungen, Material- und Gewichtseinsparung reduziert werden und soll andererseits die Öko-Effizienz durch z. B. „Recycling“ oder längere Nutzungsdauern erhöht werden (was nur so weit gehen darf, bis andere Sicherheitskriterien nicht ungünstig beeinflusst werden – auf diese Weise können zwischen Sicherheitskriterien diverse Zielkonflikte entstehen). Etwas weiter gefasst lässt sich die Dimension in die Infrastruktur und Leistung differenzieren. Die Dimension der **Infrastruktur** bezieht sich auf

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

die kreislauforientierte Produktion, Schonung von Ressourcen, Schadstoffmeidung sowie das Reparieren, Wiederverwenden, Weiterverwenden und Rezyklieren (d. h. Wiederherstellung der einzelnen Bestandteile). In diesem Zuge lassen sich der CO_2-Fußabdruck einer Organisation, eines Individuum oder einer Leistung abbilden. Die Dimension des **Produktes** oder der **Leistung** berücksichtigt unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit Themen wie die Kostenreduktion durch Materialeffizienz, die Gewinnung und Verwendung von Sekundärrohstoffen, die Reduzierung von Abfällen, die Verlängerung der Nutzungsdauern von Systemen und das Produktdesign. Die Leistung einer Organisation ist mit dem Geschäftsmodell verbunden. Hier geht es um **zirkuläre Produktinnovationen** (z. B. modulares Design, austauschbare Komponenten) und **zirkuläre Geschäftsmodelle** (z. B. Produkt-Service-Systeme, Kooperationen und Partnerschaften). Hier drückt sich bereits die Dimension des **Werterahmens** aus. Die Werte einer Organisation spiegeln sich bereits in der Sinnfrage einer Organisation wider. Der Sinn einer Organisation stellt den Beitrag einer Organisation dar. Es ist auch die Rede vom **Zweck** oder Purpose (Wofür). Im Zweck der Organisation sind Antworten auf die Frage, was die Organisation zur Nachhaltigkeit beiträgt und welche Bedeutung Nachhaltigkeit für die Organisation hat. Damit stellt sich die Frage nach den Nachhaltigkeitszielen der Organisation, die sich an den Zielen der Vereinten Nationen orientieren können. Der Purpose entspricht der Definition der **Vision** (hier gibt es auch davon abweichende Definitionen) einer Organisation und skizziert die „Tragweite“ der Wertschöpfungskette auf die Nachhaltigkeit bzw. der Nachhaltigkeit für die Wertschöpfungskette. Aus der Vision lässt sich die Strategie einer Organisation ableiten. Hierbei wird dargestellt, wie die Vision und der Beitrag der Organisation zur Nachhaltigkeit erreicht werden. Es werden strategische Ziele definiert und Prioritäten gesetzt (was wird sofort gestoppt, was muss wann geändert und begonnen werden?).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Eine weitere Dimension berührt den **Systemrahmen** mit regenerativen Systemen (z. B. umfassender Systemwandel unter Einbeziehung sozial-ökologischer Faktoren). Die Dimensionen des Menschen ist wesentlich von den Werten betroffen. So bilden die Menschen im System die Werte. Nachhaltigkeit ist ein Element der Sinnstiftung einer Organisation und kann als Markenmerkmal und Mitarbeitergewinnungs- bzw. -bindungsinstrument dienen. Nachhaltigkeit ist außerdem ein Kulturbestandteil. Sie ist in bestimmter Weise gegeben oder eben nicht. Die Werte lassen sich beeinflussen und können sogar einen Systemwandel darstellen, in dem ein Mehrwert sozial-ökologisch bemessen wird.

Im System oder in der Organisation spielen auch die **Methoden** eine Rolle, die einerseits die Nachhaltigkeit in den Mittelpunkt stellen (z. B. in den Verfahren eingesetzt werden, die bei Beurteilungen und Entscheidungen die Aufmerksamkeit vor allem auf langfristige Gesichtspunkte lenken) oder andererseits den Einsatz von ressourcenschonenden Werkzeugen begünstigen.

Abschließend spielt die Dimension der **Umwelt** eine wichtige Rolle bei der Betrachtung von Nachhaltigkeit. Hierunter fallen z. B. die Geografie und Wetter- bzw. Klimabedingungen, das natürliche Umfeld sowie der Erhalt der Biodiversität.

Unter der Beachtung all dieser Dimensionen – die jeden Einzelnen, Kollektive bis hin zur gesamten Bevölkerung betreffen – zeigt sich, dass der Ruf nach Nachhaltigkeit zwar schnell erledigt ist, aber die Umsetzung in die Tat ein umfangreiches Unterfangen darstellt. Die Wahrnehmung der Polykrisen in der Jetztzeit können helfen, einen Wandel in die Wege zu leiten. Schnelle Ergebnisse sind dabei nicht zu erwarten.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

2 Herausforderungen und Folgenabschätzung

Prof. Dr. Martin Schmauder & Jonas Miesner, Technische Universität Dresden, GfS

Die Veränderungen der europäisch begründeten Rahmenbedingungen zur nachhaltigen Entwicklung haben mit der jüngst verabschiedeten „Corporate Sustainability Reporting Directive“ (CSDR) auch kleine und mittlere Unternehmen erreicht. Vorgesehen ist die Berichterstattung von Nachhaltigkeitsaspekten im Lagebericht – ggf. auch entlang Lieferketten. Die absehbaren Folgen für die soziale Dimension der Nachhaltigkeit erfordern eine systematische Dokumentation bzgl. der Sicherung der Qualität der Arbeitsbedingungen. Dabei kann sich einerseits am gesetzlichen Arbeitsschutz orientiert werden, um eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen vorzunehmen. Konkretisierend verfügt die Arbeitswissenschaft bzw. Ergonomie über Instrumente, die über technische Normen standardisiert sind. Sie finden seit Jahren erfolgreich Anwendung und können gleichermaßen entlang Lieferketten Anwendung finden und einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung liefern.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

2.1 Ausgangssituation – zur Nachhaltigkeit

Seit einigen Jahren ist der Begriff der „Nachhaltigkeit“ in aller Munde, doch nur vereinzelt zeigen sich Reaktionen seitens der Arbeitswissenschaft. Gleichzeitig häufen sich politische Initiativen auf europäischer Ebene, die das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung fokussierten. Was verbirgt sich nun genau hinter dem europäisch aufgehängten Begriff der Nachhaltigkeit?

Bei der „Nachhaltigkeit“ handelt es sich um ein Hyperonym (auch Oberbegriff), das nach gegenwärtigem Verständnis auf der Ebene der Europäischen Union festgesetzt ist.

Einen wichtigen Beitrag, der zum gegenwärtigen Verständnis der Nachhaltigkeit hinführte, lieferte die „Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung“ (UNCED) im Jahr 1992 in Rio de Janeiro. In der daraus hervorgehenden Resolution, die als „Agenda 21“ bekannt ist, wird das Konzept der „nachhaltigen Entwicklung“ erstmals dargelegt. Im Fokus dieser Resolution stehen drei Dimensionen, die die Nachhaltigkeit gemeinsam umschließen. Es handelt sich um

- die soziale Dimension,
- die ökologische Dimension und
- die wirtschaftliche Dimension.

Zu den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung gehört es, „eine sozialverträgliche wirtschaftliche Entwicklung bei gleichzeitiger Schonung der Ressourcenbasis und der Umwelt zum Nutzen künftiger Generationen“ zu

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

schaffen (Agenda 21). Die Europäische Union hat dieses Konzept in ihrer Strategie für nachhaltige Entwicklung umgesetzt, die im Jahr 2001 verabschiedet wurde (KOM(2001)264, 2015) endgültig).

Auch weiterhin sind die Ziele der Europäischen Union im Bezug zur Nachhaltigkeit an ebendiese drei Dimensionen geknüpft: Mit der „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ (vom 25. September 2015) wurden im Rahmen einer weiteren Generalversammlung der Vereinten Nationen 17 „Ziele für nachhaltige Entwicklung“ (eng. Sustainable Development Goals, SDGs) und 169 Zielvorgaben verkündet (A/RES/70/1, 2015). Auch an dieser Resolution orientierte sich die Europäischen Union: In einer Pressemitteilung teilte der Rat der Europäischen Union mit, „die Agenda 2030 vollständig umzusetzen und die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung zu verwirklichen“.

Im Zuge dieser „nachhaltigen Entwicklung“ wurden über die Jahre verschiedene Initiativen angestoßenen und umgesetzt, die über den hier dargelegten Rahmen weit hinausgehen. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf eine vergleichsweise junge Richtlinie der Europäischen Union zu richten – die EU-Richtlinie zur Unternehmens-Nachhaltigkeitsberichterstattung bzw. „Corporate Sustainability Reporting Directive“ (CSDR). Diese baut auf der „Non-Financial Reporting Directive“ (NFRD) auf und erweitert den Umfang der Sorgfaltspflichten sowie den Kreis betroffener Unternehmen.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

2.2 Nachhaltigkeitsberichterstattung durch kleine und mittlere Unternehmen (KMUs)

Im Dezember 2022 wurde erstmals eine europäische Richtlinie verabschiedet, die kleine und mittlere Unternehmen mittelbar dazu verpflichtet, Nachhaltigkeitsinformationen im Lagebericht darzulegen (Richtlinie (EU), 2464). Bei dieser Richtlinie handelt es sich um die „Corporate Sustainability Reporting Directive“ (CSRD). Nach der Umsetzung dieser Richtlinie in nationales Recht (spätestens zum Juni 2024) sind die umgesetzten Inhalte für betroffene Unternehmen rechtsverbindlich (vgl. Geismann in von der Groeben et al., 2015, oder Art. 288 AEUV Rn. 41). Vorgesehen ist eine sukzessive Einbeziehung von Unternehmen verschiedener Größe auf Grundlage von drei Größenmerkmalen (Bilanzsumme, Nettoumsatzerlöse, durchschnittliche Zahl der während des Geschäftsjahres Beschäftigten). Nachfolgende Tabelle 2.1 hebt die relevanten Größenkriterien für kleine und mittlere Unternehmen hervor[1]. Der Stichtag repräsentiert den Zeitpunkt, ab dem die Informationen im Lagebericht offenzulegen sind.

Nach dieser Richtlinie sind neben großen Unternehmen auch kleine und mittlere Unternehmen angehalten, Angaben in den Lagebericht aufzunehmen, „die für das Verständnis der Auswirkungen der Tätigkeiten des Unternehmens auf Nachhaltigkeitsaspekte sowie das Verständnis der Auswirkungen von Nachhaltigkeitsaspekten auf Geschäftsverlauf, Geschäftsergebnis und Lage des Unternehmens erforderlich sind“ (Artikel 19a Abs. 1 der

[1] Die Mitgliedstaaten können Schwellenwerte festlegen; diese dürfen jedoch 6 Mio. EUR für die Bilanzsumme und 12 Mio. EUR für die Nettoumsatzerlöse nicht überschreiten (vgl. Artikel 3 Absätze 2 und 5 der Richtlinie 2023/34/EU).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Tabelle 2.1: Größenkriterien zur Nachhaltigkeitsberichterstattung nach der CSDR für kleine und mittlere Unternehmen

MERKMALE	BEZEICHNUNG	
	Mittlere Unternehmen	Kleine Unternehmen
Stichtag	01.01.2025	01.01.2026
Bilanzsumme	$\leq$ 20 Mio. EUR	$\leq$ 4-6 Mio. EUR
Nettoumsatzerlöse	$\leq$ 40 Mio. EUR	$\leq$ 8-12 Mio. EUR
Mittlere Beschäftigte im Geschäftsjahr	$\leq$ 250	$\leq$ 50

Richtlinie (EU), 2464). Dabei haben die bereitgestellten Nachhaltigkeitsaspekte ggf. Informationen zur Wertschöpfungskette und den Lieferketten einzubeziehen (ebd. Abs. 3; Erwägungsgrund 31). Neben den Richtlinieninhalten werden sogenannte „Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung“ maßgeblich sein, für die die „European Financial Reporting Advisory Group“ EFRAG zuständig ist. In diesem Gefüge aus Richtlinie und Standards nehmen die kleinen und mittleren Unternehmen eine gesonderte Stellung ein. Sie können der Nachhaltigkeitsberichterstattung im reduzierten Umfang nachkommen und erhalten separate Standards für kleine und mittlere Unternehmen (ebd. Artikel 29c).

Die Dokumentation und Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten entlang Lieferketten als Herausforderung?

Die Betrachtung der Lieferketten bzw. der gesamten Wertschöpfungskette eines Produkts ist zunächst neu und erfordert ein Denken in verlängerten Prozessketten. Im Einzelnen ist die Dokumentation von Informationen

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

bzgl. der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (ökonomisch, ökologisch, sozial) schon lange etabliert. Einige Unternehmen dokumentieren schon seit Jahren im Hinblick auf den Umweltschutz (ökologische Dimension) ihre globale Verantwortung und legen diese auch offen (z. B. im Lagebericht). Dass Ähnliches nun im Hinblick auf die Arbeitsbedingungen (soziale Dimension) der Beschäftigten erfolgt, ist eine konsequente Weiterentwicklung. Eventuell kann der Umweltschutz hier als Vorbild dienen – vor vielen Jahren war die Mülltrennung noch undenkbar, inzwischen ist sie ein etablierter Standard.

Durch eine derartige Fokussierung von Nachhaltigkeitsaspekten wird das „magische Dreieck der Produktion“ mit den Bestandteilen Preis, Qualität und Termin mehr und mehr um den Aspekt der Arbeitsbedingungen ergänzt. Es ist eben auch von Interesse, unter welchen Bedingungen die am angebotenen Waren und Dienstleistungen entstehen, und nicht nur der Preis, die Qualität und der Termin (insb. ökonomische Dimension). Wenn es nun um die Beurteilung der Arbeitsbedingungen entlang der gesamten Liefer- bzw. Wertschöpfungskette geht, dann können bewährte Instrumente der Arbeitswissenschaft verwendet werden. Schließlich wird die Einbeziehung von „schlüssigen wissenschaftlichen Beweisen“ in der CSDR explizit gefordert (z. B. Artikel 19a Abs. 2 lit. b). Es sind Instrumente mit den Zielsetzungen

- Sicherheit und Gesundheitsschutz (Kapitel 2.3),
- Standards durch Normung (Kapitel 2.3) und
- menschengerechte Gestaltung von Arbeit (Kapitel 2.4)

verfügbar, welche nachfolgend behandelt werden.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

2.3 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz entlang Lieferketten

In Deutschland haben wir ein betriebliches Arbeitsschutzsystem. Es umfasst alle Maßnahmen der Unfallverhütung, der Verhinderung von arbeitsbedingten Erkrankungen, der sicheren Gestaltung der Technik und Betriebssicherheit sowie der menschengerechten Arbeitsgestaltung und der kontinuierlichen Verbesserung der Arbeit. Es handelt sich beim Arbeitsschutz also um einen übergeordneten Begriff (siehe Bild 2.1).

Im Betrieb bildet der Arbeitsschutz eine Vernetzung verschiedener Aufgabengebiete, um sowohl Grundbedürfnisse des Menschen während der Arbeit sicherzustellen als auch die Gesundheit der Beschäftigten zu fördern. Die lediglich vorausschauende Vermeidung der Entstehung von Unfällen und Krankheiten gilt nach gegenwärtiger Auffassung des Arbeitsschutzes als überholt. Längst wurde die Leitfrage „Was macht krank?“ um die zeitgemäße Auffassung nach der Frage „Was macht gesund?“ ergänzt. Angesprochen ist damit neben der Pathogenese die Salutogenese. Die damit einhergehende betriebliche Verantwortung, den Arbeitsschutz über wirksame Maßnahmen innerbetrieblich zu verankern, sollte jedem europäischen Unternehmen bekannt sein (Umsetzung der 89/391/EWG, auch „Arbeitsschutz-Rahmenrichtlinie“). Diesen Gedanken gilt es nun auch im angemessenen Rahmen auf Lieferketten bzw. die Wertschöpfungskette eines Produktes zu übertragen.

Es geht darum, eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen – umgangssprachlich als Gefährdungsbeurteilung bezeichnet – vorzunehmen. Diese Beurteilung wird durch das 1996 in Kraft getretene Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) in Deutschland fundiert, das die Beurteilung der Arbeitsbedingungen als

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

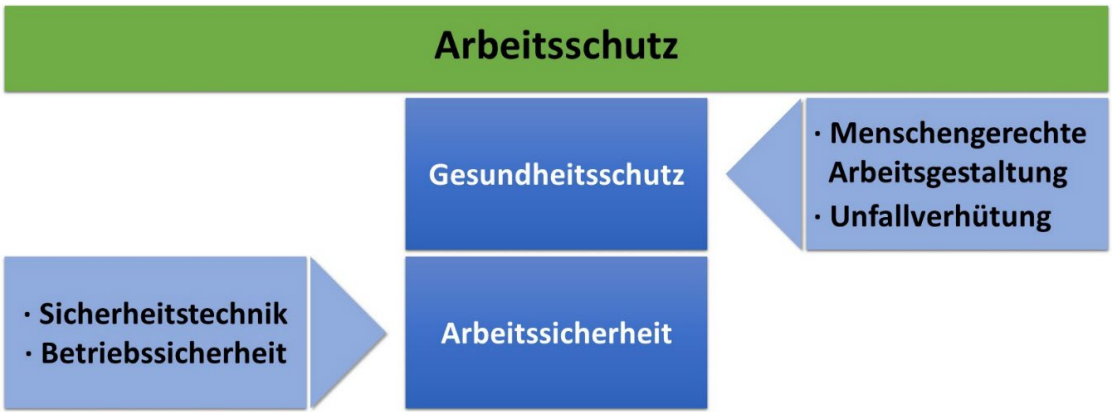


Bild 2.1: Übergeordneter Begriff des Arbeitsschutzes (nach Kern & Schmauder, 2005)

das zentrale Element der kontinuierlichen Verbesserung herausstellt. Vorhandene Gefährdungen sind zu erkennen und das von ihnen ausgehende Risiko ist zu beurteilen. Als Gefährdung wird die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung bezeichnet; das Ausmaß des Schadens oder dessen Eintrittswahrscheinlichkeit finden dabei keine Betrachtung (vgl. Begründung zum ArbSchG). Welche Gefährdungen vorhanden sein können und welche Wirkmechanismen betrachtet werden müssen, ist in Übersichten zur Gefährdungsbeurteilung dokumentiert, z. B. durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)[2]. Aus der Vielzahl der möglichen Gefährdungen müssen die relevanten identifiziert und im Hinblick auf das Risiko beurteilt werden. Bei einem nicht akzeptablen Risiko (= Gefahr) besteht Handlungsbedarf und Maßnahmen zur Risikoreduzierung sind notwendig.

Diese in Deutschland bewährte Vorgehensweise kann 1:1 auf die gesamte Wertschöpfungskette übertragen werden (Stichwort Risikomanagement). Es sind im Regelwerk Grenzwerte verfügbar, welche weltweit genutzt wer-

[2]Siehe z. B. `https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefaehrdungsbeurteilung/Expertenwissen/Expertenwissen_node.html`.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

den können, da sie die Wirkung von Gefährdungen auf Menschen – unabhängig von Landesgrenzen – betreffen. So kann z. B. der nationale Grenzwert für Lärm durchaus international verwendet werden, Gleiches gilt für Gefahrstoffe. Die Wirkung von krebserregenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Stoffen auf die Menschen, welche damit umgehen, ist unabhängig von Kulturkreisen und Landesgrenzen.

Ein erster Schritt wäre es also, die nationalen Arbeitsschutzstandards auf die gesamte Wertschöpfungskette anzuwenden, sofern keine nationalen Standards verfügbar sind oder ein niedrigeres Schutzniveau vorhanden ist. Einige international tätige Unternehmen haben weltweite Standards, mit denen sie die jeweiligen nationalen Vorgaben gut erfüllen können. (Mindest-)Standards müssten nun nur noch auf die gesamte Wertschöpfungskette angewandt werden.

Diese Herangehensweise ist mit den Anforderungen an die Produktsicherheit vergleichbar. Auch hier muss eine Risikobeurteilung erfolgen, bevor das Produkt dem Markt zur Verfügung gestellt werden kann (vgl. Maschinenrichtlinie bzw. Produktsicherheitsgesetz). Wenn ein Produkt wie z. B. eine Maschine im europäischen Binnenmarkt verkauft werden soll, dann darf es den Nutzer nicht schädigen. In der DIN EN ISO 12100 (2010) „Sicherheit von Maschinen“ werden Hinweise gegeben, wie dies erreicht werden kann. Was im europäischen Binnenmarkt möglich ist, kann auch auf dem Weltmarkt gelingen.

Standards durch Normung

Ausgehend von den Kristallisationspunkten in der Automobilindustrie hat sich das Qualitätsmanagement mit der Normenreihe DIN EN ISO 9000ff

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

inzwischen weltweit durchgesetzt. Eine ähnliche Entwicklung könnte es auch im Nachgang der im Jahr 2018 veröffentlichten DIN ISO 45001 „Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ geben. Es werden in der Norm Anforderungen an ein Arbeitsschutzmanagementsystem sowie eine Anleitung zur Umsetzung beschrieben. Die DIN ISO 45001 ist analog den Normen zum Qualitätsmanagement gegliedert, was die Umsetzung erleichtert. Durch Audits wird die Funktionsfähigkeit des aufgebauten Systems geprüft. Auch die Erfüllung der unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen dürfte somit auf der Auditliste stehen. Die soziale Dimension der Nachhaltigkeit kann somit im betrieblichen Umfeld mittels technischer Normen Beachtung finden.

2.4 Menschengerechte Gestaltung der Arbeit – Ergonomie

Weitergehend nimmt die Ergonomie eine Konkretisierung der menschengerechten Arbeitsgestaltung vor und liefert ein breites Spektrum an Standards durch technische Normen. Ergonomie ist ein Kunstwort, das sich aus den griechischen Wörtern ergon (Arbeit) und nomos (Gesetz, Gesetzmäßigkeit) zusammensetzt. Unter Ergonomie kann demnach die „Lehre von der menschlichen Arbeit“ verstanden werden (Synonym für Arbeitswissenschaft). Gegenüber dem Arbeitsbegriff der Physik, als Produkt aus Kraft und Weg ($W = F \cdot s$), bedarf es bei der menschlichen Arbeit eines erweiterten Arbeitsbegriffes. Schließlich möchte jede Bürofachkraft für die Tätigkeit am Schreibtisch entlohnt werden. Die DIN EN ISO 26800 „Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte“ bildet in diesem

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Zusammenhang eine Übersichtsnorm, die eine Definition der Ergonomie bereitstellt:

> [Ergonomie ist die] wissenschaftliche Disziplin, die sich mit dem Verständnis der Wechselwirkungen zwischen menschlichen und anderen Elementen eines Systems befasst, und der Berufszweig, der Theorie, Grundsätze, Daten und Verfahren auf die Gestaltung von Arbeitssystemen anwendet mit dem Ziel, das Wohlbefinden des Menschen und die Leistung des Gesamtsystems zu optimieren (DIN EN ISO 26800, 2011).

Zeitgemäß steht weniger die Frage im Vordergrund, ob es ein gesundheitliches Risiko oder eine Gefährdung gibt, es geht vielmehr um die menschengerechte Gestaltung der Arbeit. Menschengerecht bedeutet die Zentrierung des Menschen bei der Gestaltung der Arbeit, d. h., im Mittelpunkt der ergonomischen Gestaltung befindet sich der Mensch mit seinen individuellen Leistungsvoraussetzungen wie z. B. Körpergröße, Körperkraft und Sehvermögen, aber auch Lese- und Schreibvermögen.

Auch auf konkretisierender Ebene (z. B. harmonisierte Normen) existieren verschiedene methodische Ansätze bzgl. einer menschengerechten Gestaltung der Arbeit. Ebenso wie Gesetze und Vorschriften sind sie nicht zwangsläufig universell anwendbar. Sie liefern als Hilfsmittel zur Interpretation, Umsetzung und Bewertung einen zentralen Beitrag zur ergonomischen Gestaltung und können gleichermaßen entlang Lieferketten Anwendung finden und einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung liefern.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Das Systemkonzept

Das Systemkonzept bildet einen sinnvollen Ansatz zur Beurteilung von Arbeitsbedingungen. Es werden „Wechselwirkungen im System zwischen dem Menschen und anderen Elementen in einem System“ aufgezeigt (DIN EN ISO 26800, 2011), sodass Einflussgrößen auf menschliche Arbeit systematisch erfasst werden können. Nachfolgendes Bild 2.2 bildet das Systemkonzept dieser Norm schematisch ab.

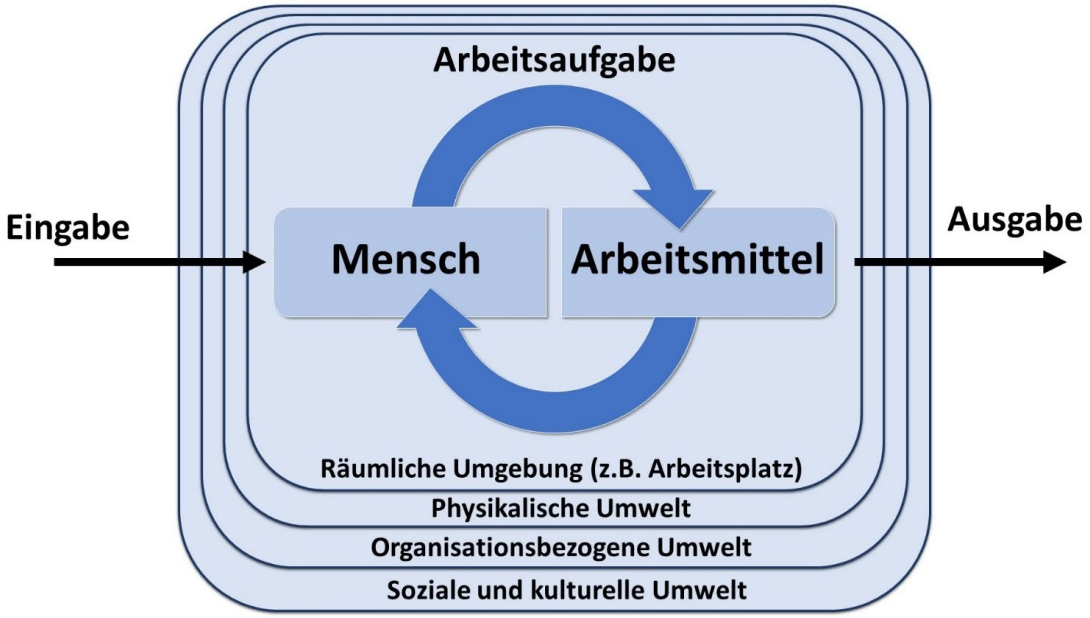


Bild 2.2: Das Systemkonzept der Ergonomie (nach der DIN EN ISO 26800)

Arbeitssysteme dienen der Erfüllung von Arbeitsaufgaben, wobei Mensch und Arbeitsmittel (z. B. Maschine, Anlage, Tastatur) unter Umwelteinflüssen mit der System-Eingabe (u. a. Informationen, Arbeitsgegenstände, Energie) zusammenwirken (REFA, 1973). Mensch und Arbeitsmittel wirken innerhalb der räumlichen Umgebung (z. B. Arbeitsplatz) zielgerichtet zusammen, sodass die Arbeitsaufgabe den Zweck eines Arbeitssystems mitbestimmt. Dabei können Umwelteinflüsse, die auf das Arbeitssystem

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

einwirken, in physikalische und andere Einflüsse unterteilt werden. Zu den physikalischen Umwelteinflüssen zählen z. B. Lärm, Klima, Vibrationen (s. o. Gefährdung). Zur organisationsbezogenen Umwelt gehören u. a. Arbeitsabläufe und Organisationsstrukturen. Mit der sozialen und kulturellen Umwelt kann das entsprechende Klima des Unternehmens assoziiert werden (Schmauder & Spanner-Ulmer, 2022). Auf Basis dieses Verständnisses kann jede Form der menschlichen Arbeit entlang der Lieferketten systematisch erfasst und evident dokumentiert werden. Die Dokumentation eines Arbeitssystems sieht nach Möglichkeit die ergänzende bildliche Darstellung vor, wie z. B. das Foto eines Arbeitsplatzes (REFA, 1973).

Menschengerechte Gestaltung von Arbeit

Eine etwas differenziertere und umfassendere Beurteilung der Arbeitsbedingungen als im Arbeitsschutz (vgl. Kapitel 2) bilden die arbeitswissenschaftlichen Bewertungsebenen nach Luczak et al. (1987). Fünf hierarchisch aufeinander aufbauende Bewertungsebenen (siehe Bild 2.3) beschreiben den Weg zum Ziel der menschengerechten Arbeit.

1. **Schädigungslosigkeit**: Das erste Kriterium lautet: Arbeit muss schädigungslos und erträglich sein. Das setzt voraus, dass keine physiologischen und ökologischen Prinzipien verletzt werden. Arbeit soll also so gestaltet sein, dass der Mensch im Einklang mit der Natur seiner Arbeit nachgehen kann. Dies ist auch unter dem Gesichtspunkt der Langfristigkeit zu sehen. Die Arbeit darf nicht nur einmalig oder kurzfristig ausführbar sein, sondern muss mehrmalig über ein ganzes Arbeitsleben hinweg ohne Gesundheitsschäden wiederholt werden können. Hier spielen vor allem die Arbeitsdauer, die Arbeitsschwere und auch die Umgebungsbedingungen (z. B. Lärm, Klima) eine Rolle.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

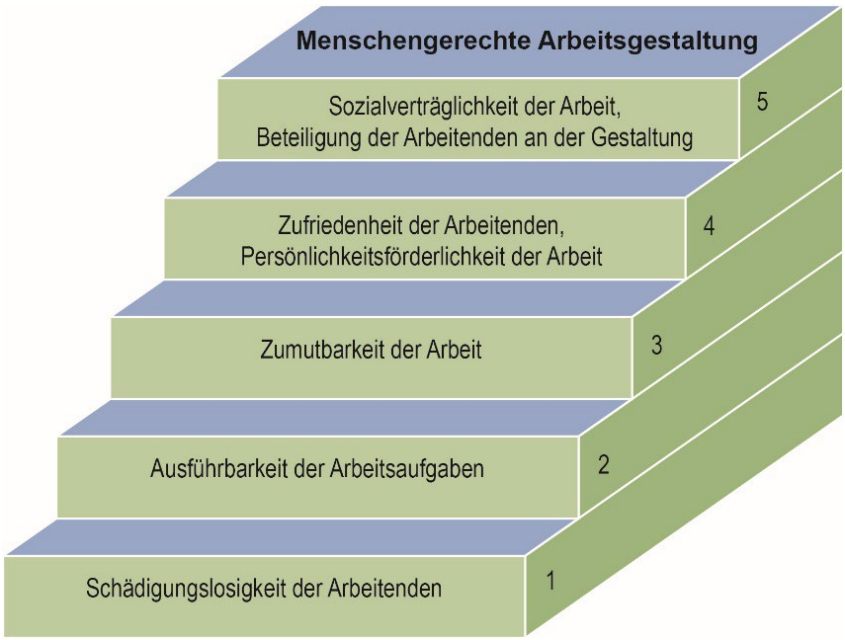


Bild 2.3: Arbeitswissenschaftliche Bewertungsebenen (Luczak et al., 1987)

2. **Ausführbarkeit**: Arbeitsaufgaben, vor allem Operationen mit Werkzeugen und Maschinen, müssen ausführbar sein. Die dem Menschen gestellten Aufgaben dürfen unter Berücksichtigung der individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten nicht zu einer zu hohen Beanspruchung führen. Der Spielraum wird festgelegt durch die menschliche Biomechanik zum einen und die mentale Kapazität der Arbeitsperson zum anderen. Die individuellen Leistungsvoraussetzungen müssen berücksichtigt werden. Konkret bedeutet dies z. B. die Erreichbarkeit von Stellteilen, die Verständlichkeit von Informationen oder die Möglichkeit, ausreichend Kraft zur Ausführung einer Tätigkeit aufzubringen.

3. **Zumutbarkeit**: Die Frage der Zumutbarkeit hängt von den individuellen Erwartungen und Präferenzen ab. Das persönliche Erleben steht dabei jedoch in Beziehung zum kulturellen Umfeld und eventuell vorhandener Erfahrung. Zumutbare Arbeit soll nach diesem Kriterium dem Einzelnen einen Handlungsspielraum, bezogen auf die Gestaltung

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

der Arbeitsaufgaben und der Arbeitsumgebung, einräumen.

4. **Zufriedenheit**: Arbeit soll bei den Arbeitenden Zufriedenheit auslösen und persönlichkeitsfördernd sein. Bei der Gestaltung von Arbeit kann dieses nur durch die Umsetzung der Erkenntnisse der Arbeitspsychologie und durch Berücksichtigung des kulturellen Umfeldes erreicht werden. Möglichkeiten der persönlichen Gestaltung der Arbeit, Anerkennung, Motivation, Entlohnung, Führungsverhalten der Vorgesetzten etc. spielen eine Rolle.

5. **Sozialverträglichkeit**: Sozialverträglichkeit bedeutet, dass die Arbeitenden an der Gestaltung der Arbeit, bezogen auf die kooperative Organisation der Produktion oder Dienstleistung, beteiligt werden. Besonders die unter dem Stichwort „Gruppenarbeit“ bekannten Arbeitsstrukturen erfüllen dieses Kriterium, da hier alle an dem Produktionsprozess Beteiligten aktiv in den Arbeitsgestaltungsprozess mit einbezogen werden.

Diese fünf Bewertungsebenen können für jeden Arbeitsplatz innerhalb der Wertschöpfungskette über Ländergrenzen hinweg verwendet werden. Neben den eher physiologischen Kriterien der unteren beiden Stufen werden die Aspekte der Arbeitsaufgabengestaltung und Beteiligungsmöglichkeiten auf den höheren Stufen angesprochen. In Praxiswerkzeugen der Ergonomie, wie z. B. die Leitmerkmalmethoden der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), sind das Systemkonzept und Belastungsgrenzen bzgl. einer menschengerechten Gestaltung (in Form eines Ampelschemas) verankert. Deutsche Unternehmen wenden diese Methoden oder auch Abwandlungen dieser seit Jahren erfolgreich an. Auch sie lassen sich entlang Lieferketten anwenden. Demnach verfügt die Arbeitswissenschaft über etablierte Werkzeuge – theoretischer und praktischer

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Natur –, die über die soziale Dimension einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung liefern.

2.5 Fazit

Neue Rahmenbedingungen auf europäischer Ebene, wie die verabschiedete Corporate Sustainability Reporting Directive (CSDR), eröffnen der Arbeitswissenschaft neue Handlungsfelder insb. innerhalb der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit. Die partiell aufkeimende Unsicherheit bzgl. der Einhaltung regulatorischer Vorgaben (Stichwort Compliance) kann durch die Kommunikation zwischen dieser Disziplin und den Unternehmen überwunden werden – das Einbeziehen von „schlüssigen wissenschaftlichen Beweisen“ wird in der CSDR explizit gefordert. Dieses Band zwischen Forschungsinstitutionen und Unternehmen gilt es in Zukunft zu stärken, sodass ein geteilter Nutzen generiert wird. Dazu existieren sowohl arbeitswissenschaftliche Methoden als auch Praxiswerkzeuge, die Unternehmen dabei helfen können, Nachhaltigkeitsaspekten innerhalb der sozialen Dimension Rechnung zu tragen. Um sich nicht nur auf nationale Probleme zu beschränken, sondern auch globale Lieferketten oder die Wertschöpfungskette eines Produktes bzgl. der nachhaltigen Gestaltung systematisch zu betrachten, bedarf es einer europaweiten bzw. globalen Forschungskooperation aller Beteiligten. Gemeinsam können auf diese Weise die Wegsteine für eine nachhaltige Entwicklung gelegt werden.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

3 Foresight Study on the Circular Economy and its Effects on OSH

Annick Starren, EU OSHA

3.1 Project background

The *European Agency for Safety and Health at Work* (EU-OSHA) has for several years been applying foresight approaches as part of its mission to contribute to safer and healthier working conditions in the EU. Its foresight approach looks at changes that may take place in the future and considers what their consequences could be for *occupational safety and health* (OSH), with the aim of supporting policymaking and raising awareness to reduce work-related accidents and ill health and improve safe and healthy working environments.

Within its third foresight cycle, work is focused on the *circular economy*

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

(CE)[1] and its effects on OSH, primarily within the European context. This project is carried out against the background of an EU policy shift towards more environmentally sustainable practices, with several policy initiatives driving efforts in the CE arena[2]. These initiatives, and indeed the CE as a whole, are widely considered to be critical and influential developments, that will be beneficial to the action against climate change and will ultimately have impacts on jobs and on OSH.

Initiated in 2020, phase 1 of the project aimed to explore different ways in which future jobs may be impacted by efforts towards implementing a CE, and what consequences this may have for OSH in the future. This was achieved through the development of four macro-scenarios focused on the CE and its effects on OSH up to 2040, drawing strongly from previous foresight work undertaken by EU-OSHA. Phase 2 focused on the dissemination and tailoring of the macro-scenarios developed in phase 1 via stakeholder engagement, with the aim to involve a wide range of views in discussing the potential future effects on OSH from a shift to a CE. While Phase 1 of the project presented the macro-scenarios (or framework scenarios), phase 2 concentrated on zooming in on the details of stakeholder and sectoral perspectives to develop micro-scenarios that

[1]For the purpose of this project, we have followed the definition of a CE put forward by the Ellen MacArthur Foundation: „A Circular Economy is based on the principles of designing out waste and pollution, keeping products and materials in use, and regenerating natural systems“ (see `https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy`).

[2]The key policy initiative in this space is the EU Commission‘s European Green Deal initiative that has the overarching aim of making Europe climate-neutral by 2050 (see `https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en`). Alongside the Green Deal initiative sits the Commission‘s 2015 CE package, comprised of an EU action plan for the CE („Closing the Loop“) with 54 concrete actions to achieve a CE, many with significant policy and regulatory implications for the EU‘s waste and recycling sector (see `https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614`).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

aim to shed further light on the working conditions and OSH implications within each scenario world.

3.2 Scenarios on the Circular Economy and OSH

3.2.1 Four macro-scenarios until 2040 in the EU (phase 1)

Four scenarios were generated via a key factor-based scenario methodology drawing from an extensive literature analysis (which included significant parts of earlier foresight work done by EU-OSHA) and expert interviews (see Fig. 3.1). A narrative was then developed for each scenario, describing the world in 2040, including how the development pathways came to be, and levers and turning points. Special emphasis was placed on the effects on working conditions, as well as a first review of potential implications for OSH.



The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crises	Regional Circularities – with European Divides
In 2040, the products that sell best are those that are cradle-to-cradle and 'net-positive' in terms of social and environmental sustainability.	In 2040, Europe has achieved carbon neutrality. But with environmental outcomes taking top priority, job quality and working conditions have suffered – at least in some areas.	In 2040, work is what people want – any job will do. Keeping your head above the water is all that matters, the environment, social rights or job quality come a distant second.	By 2040, work has become a two-tier system: Contracted employees are well looked after, those in non-standard employment are not. Neither is the environment, with circularity being mostly regional.

Bild 3.1: Overview of the four scenarios

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

With their wide variations with regard to the potential pathways to a European CE, the scenarios demonstrated how different the effects on working conditions could be. Potential implications for worker health and safety cover a correspondingly wide area, from a transformation approach that integrates OSH considerations at all stages, from product development and design to end-of-life recycling, to a world in which policymakers and stakeholders fail to grasp the opportunity to shape developments and where economic success comes at the expense not only of the environment but also of worker safety and health, and in which OSH is relegated to the side lines.

3.2.2 Tailoring of the scenarios via stakeholder engagement (phase 2)

Phase 2 of the project centred on the dissemination and tailoring of the scenarios via stakeholder dialogue at four workshops held in 2022. A stakeholder mapping exercise was undertaken to ensure workshop participants were well balanced with regard to organisational type, professional expertise and focus, as well as tripartite attribution to ensure that the results were informed by a wide range of perspectives. During the four workshops, the phase 1 macro-scenarios were used as input to encourage dialogue and reflection, with stakeholders being invited to explore future possibilities and identify specific implications for OSH.

While in phase 1 of the project macro-scenarios with an emphasis on overall developments were developed and explored, phase 2 concentrated on zooming in on the details of stakeholder and sectoral perspectives to create a set of micro-scenarios. Insights from the four workshops were then aggregated, integrated and clustered to develop 16 micro-scenarios that „zoom

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

in“ on specific groups of workers and sectors in each macro-scenario (see Fig.). The 16 micro-scenarios aim to shed light on working conditions and OSH implications within each macro-scenario.

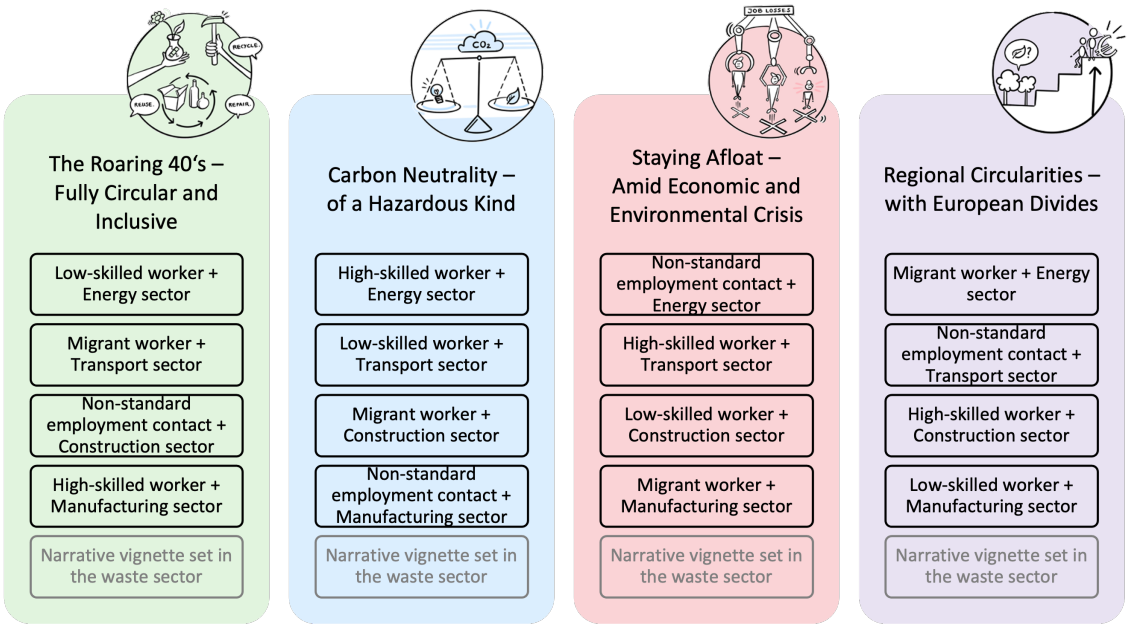


Bild 3.2: Logic of the macro- and micro-scenarios and stakeholder and sectoral perspectives

3.3 Results of the project

3.3.1 Key project findings

The phase 1 and phase 2 scenarios illustrate how widely the challenges for OSH may vary in the coming decades. However, they all underline the key message that the current decade will be crucial for Europe‘s future: How can we realise a process in which the speedy transition to carbon neutrality

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

is successfully managed, where changes also contribute to increased safety and health of workers?[3]

A number of potential opportunities and risks for future OSH as a result of a CE in the EU were identified across the four workshops. Where the implications identified by the participants were also backed up by findings from the phase 1 research, references are provided. Implications in blue have a positive impact on worker safety. The table is limited to significant implications, that is, to those affecting larger groups or subgroups of workers, and is hence not exclusive. Those that were identified as cross-cutting implications (i. e. those that cut across three or more scenarios[4]) are listed in the table 3.1 by workplace risk category[5].

[3]The key messages from phase 1 can be found in detail in the report „Foresight Study on the Circular Economy and its Effects on OSH. Phase 1: Marco Scenarios“, alongside the phase 2 final report „Foresight Study on the Circular Economy and its Effects on OSH. Phase 2: Dissemination and Tailoring of Phase 1 Scenarios via Stakeholder Dialogue and Workshops“.

[4]Please note that while these cross-cutting implications occur in at least three scenarios in broad outlines, the exact details will invariably be different as regards their impacts on the health and safety of workers.

[5]For the breakdown and classification of workplace hazards, including examples for each category, please refer to the phase 2 report „Foresight Study on the Circular Economy and its Effects on OSH. Phase 2: Dissemination and Tailoring of Phase 1 Scenarios via Stakeholder Dialogue and Workshops“ and the article „Understanding job hazards“ in EU-OSHA‘s OSHWiki (OSHWiki, 2022).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Tabelle 3.1: Cross-cutting implications by workplace risk category

Category of Workplace Risks	Implications that cut across at least three scenarios
Physical/safety hazards	Renewable energy production has significantly fewer safety hazards than fossil fuel energy production, in particular with regard to transportation, handling and the handling of heavy machinery (OWD, 2022) Automation is used to reduce physical workloads, for example, by introducing exoskeletons where loads have to be carried (EU-OSHA, 2019), and to reduce worker exposure to physical hazards, for example, working at heights during wind turbine inspections To shrink transportation and office space footprints (with regard to energy use and waste), remote work is increased in the CE, reducing physical risks (ILO, 2019) Demolition of offshore fossil fuel sites carries increased risks, as the structural integrity of installations may have been compromised, or due to adverse weather conditions (Offshore, 2020) Decommissioning of old power plants is associated with physical risks, with significant amounts of the work having to be carried out manually in potentially badly documented installations (Geigle Safety Group, 2020)
Chemical hazards	During CE-related building renovations, high risk of chemical hazards (e.g. airborne asbestos, synthetic mineral fibres, polychlorinated biphenyls (PCB)), in particular if material is recycled with the intention of reuse (Charef et al., 2021) Decommissioning of old power plants is associated with chemical risks, including the release of asbestos and human-made fibres, violent decomposition of toxins and materials that lack thermal stability etc. (Geigle Safety Group, 2020) If the unique health challenges presented by nanomaterials are not fully explored prior to introduction as a result of, for example, insufficient funding for tests, or pressure for a rapid release to maintain a competitive edge, new risks ensue (ILO, 2019; OECD, 2022)

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Tabelle 3.2: Continuing table 3.1

Category of Workplace Risks	Implications that cut across at least three scenarios
Biological hazards	Biotechnology, which will play a key role in the transition to a CE thanks to its ability to make many widely used chemicals and materials (Schilling & Weiss, 2021), has low barriers to entry, increasing potential for misuse (McKinsey, 2020)
Ergonomic issues	The push to reduce transportation and commercial space footprints in the CE leads to an increase in teleworking, likely from home with non-ergonomic equipment (EU-OSHA, 2018; Kauffeld et al., 2022) As recycling increases in the CE, the significant ergonomic issues in the recycling industry will apply to more workers (Solus, 2019) As product use cycles become longer in the CE, ergonomics plays a larger role in design and conception, reducing the overall occurrence of ergonomic issues
Psychosocial issues	In a CE, the communal and environmental quality improve, impacting positively on the overall resistance to stress and anxiety (Haigh et al., 2022) For some parts of the population, the increase in remote work (cf. Physical hazards, above) will lead to higher levels of stress and anxiety (Martin et al., 2022) If states pursue the transition to a CE at the expense of social safety and cut budgets, reduced social services will result in increased stress

3.3.2 Growing number of vulnerable workers in the EU

During the transformation to a CE, not only will workplace conditions undergo a transformation as employers adapt their business to meet new requirements, but at the same time the impact of demographic ageing on

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

the labour market will become more pronounced, with the working-age population in Europe expected to shrink from 265 million in 2019 to 230 million in 2050 (European Commission, 2020). Europe will have to draw on all of its strengths, talents and diversity to make up for this shortfall and boost labour market participation of women, the elderly (in particular, as working lives are expected to become longer (Eurostat, 2022)), and people with disabilities. In addition, labour market migration to the EU will also increase, resulting in a larger and more inclusive labour market.

This labour market will have a larger share of workers defined as vulnerable, that is, those belonging to the „sensitive risk groups“ defined by the European Commission: workers with disabilities, young and old workers, pregnant and nursing mothers, and untrained or inexperienced workers including seasonal, temporary or migrant workers, as well as workers in precarious employment (EU-OSHA, 2009). These groups are particularly exposed to occupational injuries and risks, because they are employed in areas that are especially hazardous (the so-called four D jobs that are considered „dirty, dangerous, difficult, and discriminatory“ (ICOH, 2022)), or because they do not conform to the „average worker“ mould that workplace and OSH conditions are tailored to (ILO, 2022a).

Potential implications for OSH from the scenarios for vulnerable workers

Please note that this table lists both safety and health risks that are unique to vulnerable workers, and risks that apply to all workers, but to which vulnerable workers have considerably greater exposure.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Tabelle 3.3: Potential implications for OSH from the scenarios for vulnerable workers

The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crisis	Regional Circularities – with European Divides
Improved working conditions support risk-reduction, especially for vulnerable workers	In the rapid transition, dangerous jobs, for example, in the energy sector, will more likely be filled by migrant workers without OSH skills and training	Overall higher risks and more negative OSH outcomes for all workers, and especially for vulnerable and precarious workers	High OSH risks in the informal economy that has a higher share of vulnerable workers, especially in repair and waste industries
Automation and robotics reduce physical demands on workers, positive for the elderly and people with disabilities	Automation and robotics reduce physical demands on workers, positive for the elderly and people with disabilities	Outsourcing and subcontracting / platform work increase exploitation of vulnerable workers, OSH is not adapted for them	During the exodus of workers from poor regions, vulnerable workers will be more likely to be left behind, creating regional pockets in which the vulnerable have to take on jobs physically unsuitable for them

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Continuing table 3.3

The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crisis	Regional Circularities – with European Divides
As ergonomics improve and work schedules and locations are more flexible, work becomes better adapted to and less hazardous for workers with a more diverse background	AI and human-machine interaction not programmed for inclusiveness, unexpected OSH risks for vulnerable workers	As precarious workers (have to) change jobs frequently, they are more likely to be „inexperienced, uninformed or physically more vulnerable", that is, more likely to lack OSH protection (EU-OSHA, 2019)	Increased occupational health inequalities within and across countries in Europe and „outsourcing of risks" lead to widely varying OSH conditions for vulnerable workers
Well-regulated AI safety support overall adapts well to workers from diverse backgrounds, but could lead to issues of data security, data protection, and ethical considerations	Rapid transition: OSH in effect deregulated to increase pace, legislation (including risk assessment) may struggle to keep pace with emergence of non-known (and invisible) risks	During crises, OSH incidents increase in particular in sectors dominated by women (EU-OSHA, 2023)	Increased human-machine interaction and automation exacerbate psychosocial risks
Increased union representation means that vulnerable workers rank higher in collective bargaining on OSH	Heightened OSH risks in repair work and emerging sectors with high proportion of migrant and precarious workers	More work becomes precarious, increasing psychosocial risks and leading to a greater number of people considered to be vulnerable	Increase in precarious work in the waste sector may lead to both occupational and environmental health challenges

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Continuing table 3.3

The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crisis	Regional Circularities – with European Divides
As the nature of work becomes human and environment-centred, „safety and health for all" is incorporated by industries	OSH skills quickly become outdated for new types of employment, posing particular problems for workers with learning or language issues	With no climate change adaptation, workers in „four D" jobs (e. g. in construction and agriculture) are particularly at risk	Bias in automated systems results in discriminatory practices, for example, in AI human resources management, which worsens psychosocial pressure for vulnerable workers (Mathieson, 2022)
Standardisation within the CE makes reskilling easier and safer, improving „OSH-sense" among workers with a previously low level of awareness	Less collective bargaining via unions or OSH representatives means that vulnerable workers, in particular, are not consulted with regard to OSH	During tensions within the workforce, the most vulnerable will rank lowest and be further disadvantaged	Information gaps regarding components and material properties during recycling will be significantly worse among vulnerable workers, especially migrants
		Shift towards individualisation of OSH with all responsibility placed on the worker, which disproportionately affects vulnerable workers	

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Continuing table 3.3

The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crisis	Regional Circularities – with European Divides
		Re-emergence of „old risks“ (e. g. use of chemicals with no „green alternative“) plus emergence of „new risks“ (e. g. recycling of lithium batteries), especially in informal workplaces	

Improving OSH prospects for vulnerable workers

Overall, measures that focus on providing better OSH to all workers will also likely improve the situation of vulnerable workers. Hence, the measures listed and described below could all be integrated into CE-related policy actions focusing on OSH and would not have to be conducted separately. Instead, they would also improve the safety and health of all EU workers.

- **Reskilling offensive targeting people in precarious employment**

  A key component in improving the safety and health of vulnerable workers would be the introduction or expansion of integration, skilling and job safety programmes. These (re-)education opportunities would

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

best be tailored to the vulnerable workers‘ social situation (regarding temporal resources, capacities, motivation), that is, with provisions to include speakers of non-European languages, workers working few hours, or workers who suffer from difficult personal circumstances. Flanking outreach programmes would likely be necessary to be able to reach and activate the targeted workers in all industries affected by the transformation towards the CE. The programme‘s success will hinge upon ease of access – helpful would be, for example, individual learning accounts and micro-credentials (based on the EU „Action to improve lifelong learning and employability“ (European Commission, 2021)), as well as making all (up- and re-) skilling efforts strongly regional in character to better address workers and cover their actual skills needs. Finally, increased funding for supervision and control measures focusing on the individual workplace situations of vulnerable workers would ensure that employers pay close attention and participate in these programmes, as well as enable the workers‘ participation.

- **Improved worker representation for vulnerable workers**
  The transition to a CE can be used as an opportunity to improve the situation of vulnerable workers and provide them with wider access to health and social protections (Lee & Di Ruggiero, 2022). Safeguarding and, where necessary, expanding workers‘ rights to collective bargaining in close collaboration between employee representatives, employer associations and policymakers during the shift between economic paradigms is crucial to making sure that workers are heard in all matters that concern their safety and health. To ensure that in all new sectoral climate strategies workers in precarious employment enjoy labour and protection rights similar to those in standard em-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

ployment, provisions should be made that provide vulnerable workers (in particular, elderly and migrant workers) with improved representation rights.

- **Knowledge networks directed towards vulnerable workers**
  Developing and implementing a knowledge network that provides knowledge-based support to all EU employees and provides workers with technical assistance and a network for collaboration would especially benefit vulnerable workers. By directly involving a diverse range of key stakeholders in its set-up (i. e. vulnerable workers, employee representatives, employer associations, OSH professionals, European and national agencies, and policymaking bodies), networks could provide vital OSH information for vulnerable workers in areas particularly affected by the transition to a CE, and in particular for SMEs. Ideally, this network would be managed and delivered in both a bottom-up and top-down manner, including delivery in non-European languages to better support migrant workers. At a minimum, content could include communication and feedback on experiences, needs and best practices, with the aim of ensuring that OSH guidance is similar (and ideally aligned) throughout Europe. In addition, information gathered within the network could feed into standards and the agenda of training programmes.

Conclusions on vulnerable workers

The transition towards a more circular economy offers crucial opportunities to improve conditions in OSH for vulnerable workers. Considering their needs prior to the transition and integrating measures to make workplace safety better suited to the unique hazards they face would also help all EU

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

workers. Providing the vulnerable with relevant training and information and making sure that OSH measures are tailored to their needs and circumstances would considerably improve future outcomes, and also make sure that in the CE, fewer workers would actually have to be considered vulnerable.

3.3.3 Most affected sectors

This chapter covers potential impacts the CE will have on worker safety and health in four of the most affected sectors. Based on the input of participants at a series of workshops held with key stakeholders in 2022, the following sectors construction, energy, manufacturing and transport were identified as „most affected“.

Potential implications for OSH from the scenarios in the four most affected sectors

The table below shows per sector the four macro-scenarios with short descriptions of potential OSH implications.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Tabelle 3.4: Potential implications for OSH from the scenarios in the four most affected sectors: Construction sector

The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crisis	Regional Circularities – with European Divides
Use of prefabricated elements and robots in construction has led to a high degree of automation	A wide range of machinery is used on site, which results in a similarly wide range of safety issues as OSH considerations are low priority	Cost-slashing measures result in falsified documentation to meet requirements, increasing OSH risks to workers during retrofits	As standards between regions vary widely, labour mobility between regions may confront workers with unexpected dangers
Environmental pollution (noise, etc.) has been reduced considerably	There is no or very little OSH-relevant upskilling or training	Lack of collective bargaining power makes it impossible for workers to demand positive OSH-related changes	Workers who are crucial to a worksite enjoy much better OSH provisions than others, increasing conflicts
In demolition, new risks (primarily exposure to „red list" substances now banned in construction, such as lead or asbestos) come with the requirement to sort waste more carefully for recycling	New materials are introduced without careful checks for health impacts, and are used undocumented, leaving workers unaware	Increased on-the-job surveillance and AI human resources management results in stress and negative mental health impacts	In less prosperous regions, use of surrogate materials reduces crucial (e. g. load-bearing) capacities, increasing the risk of sudden structural failure

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Tabelle 3.5: Potential implications for OSH from the scenarios in the four most affected sectors: Energy sector

The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crisis	Regional Circularities – with European Divides
In the renewables sector, workers enjoy a high standing and are excellently trained and equipped, facing significant pressure to upskill as a result of the great pace of developments	Rapid expansion of renewables has come at the expense of OSH considerations, resulting in unforeseen risks to personnel, for example, if key safety features are not available when working at heights	Cost pressures make workplace safety a secondary issue to both employers and workers, with safety features switched off or regulations ignored to increase speed of operations	In less affluent regions, a considerable backlog in maintenance has worsened safety for workers
Introduction of AI and further automation have considerably improved OSH conditions by removing workers from hazardous process steps	The energy landscape has become extremely variable and dotted with small and medium-scale installations of vastly different safety standards	The green transition has never been fully realised, with obsolete high-risk fossil fuel technology still in use	Workers in waste incineration face environmental pollution at the workplace as a result of low regulatory standards
Lone working has increased as technology reduces the need for person power	Workers have to work extremely flexible hours and often alone	Platform work and subcontracting means that responsibility for OSH remains unclear	Outsourcing leads to more inexperienced workers handling complex machinery without adequate training

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Tabelle 3.6: Potential implications for OSH from the scenarios in the four most affected sectors: Manufacturing sector

The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crisis	Regional Circularities – with European Divides
Life cycle perspective in risk assessment has led to a design focus on safe production, repair, reuse and recycling, improving OSH outcomes	High degree of automation, while surveillance features are introduced with little regard for psychosocial health risks	Innovation is targeted primarily towards global competitiveness with no regard for production safety despite production processes having rapidly changed	Invasive workplace surveillance increases psychosocial pressure, frequent privacy issues
AI surveillance helps protect workers, but can lead them to overestimate their abilities and underestimate risks	New technologies and materials are introduced without full life cycle checks and without comprehensive information for workers	As cost-cutting practices proliferate, workers receive little or no training in OSH	In the bioeconomy, new processes are rolled out with incomplete testing
New materials are carefully checked prior to introduction into production processes, reducing short- and long-term risks to personnel	As production becomes more localised, responsibility for OSH supervision is not formally handed over between institutions, and number of OSH inspections drops off	Use of cheap materials to replace other inputs leads to the re-emergence of new risks, for example, mechanical or thermomechanical failure during production	With no unified EU cyber strategy, smart manufacturing suffers from security issues that endanger workers as machines show unexpected behaviour

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Tabelle 3.7: Potential implications for OSH from the scenarios in the four most affected sectors: Transport sector

The Roaring 40's – Fully Circular and Inclusive	Carbon Neutrality – of a Hazardous Kind	Staying Afloat – Amid Economic and Environmental Crisis	Regional Circularities – with European Divides
Automated driving has considerably reduced the risk of accidents and delays, as well as lowering skills requirements	Cost-saving measures („austerity") result in reduced numbers of OSH inspections in the transport sector	Uncommunicated updates may suddenly change capabilities of automated vehicles, surprising even well-trained workers	Autonomous vehicles have been introduced without full testing and may be susceptible to erroneous behaviour or be hacked
Lone working has increased, even if regionalised supply chains mean that driving distances and working hours are shorter	In the preceding decades, public spending focused solely on delivering the energy transition, leading to crumbling transport infrastructure	Work crews are thinned out to reduce costs, significantly increasing workloads and lone working	Contradictory regulation between regions, also with regard to labour standards, further drives down OSH standards in the name of competition
Less environmental pollution and noise due to the ban on combustion engines	Transport workers have little bargaining power and no say with regard to job quality or safety standards	Simultaneous use of transport infrastructure by old and new technology vehicles results in unforeseen risks if pre-autonomous vehicles do not react to vehicle-to-vehicle communication	Transport infrastructure is not adapted to climate change and may fail structurally during the summer

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Cross-cutting impacts for OSH from the scenarios in the most affected sectors

Some of the potential implications identified for OSH from the CE in 2040 cut across the most affected sectors and are described in more detail below. Depending on the scenario, differences between regions (or Member States) will occur, depending on available investment capacity.

- **Digitalisation and automation**
  With a wide range of applications, digital technologies offer many solutions for the challenges Europe will encounter during its move towards a CE. Here, digitalisation will play a role as a key enabler, for example, making it possible to track products and materials throughout their entire life cycle (with digital material and product „passports“ (JRC, 2022b)), calculate environmental footprints, or dematerialise processes (products as a service). In addition, it will also continue to shape the world of work, as more process steps are automated, in particular in transportation, or can be done remotely.
  Depending on the scenario, the leap forward in digitalisation and automation necessitated by the CE could also offer great potential for improvements in OSH. These are evident across all sectors: the key role played by mobility-as-a-service in a CE (Vandycke et al., 2022) will lead to a significant growth in automated driving, which in turn will lower the risk of accidents and delays in transport (Shwartz, 2021; VTPI, 2022). Similarly, automation – used in the CE to act upon real-time data analysis with the aim of reducing waste and optimising resource use – will help to reduce physical workloads and risks (ILO, 2019), but could also make work less diversified and increase ergonomic hazards (CCOHS, 2022). Finally, the push to increase

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

remote work as a way of reducing mobility and commercial space footprints in the CE (Martin et al., 2022) could lead to an increase in lone working and to more stress and anxiety.

- **Robotics and AI**
  Depending on the legislative environment and the business stakeholders' ability to invest, the pace and extent of technology diffusion will vary widely. Robotics offer great potential in all four sectors, from bricklaying machines (Ackerman, 2022) to the use of robots in building offshore wind farms (Mathis, 2022), while AI has the ability to change work organisation and take over crucial roles, including OSH-relevant warning functionalities (Ponce Del Castillo, 2018). However, as robots and machines become more independent, their actions become less predictable and may increase hazards for workers (ILO, 2019). Hence, some uncertainty remains regarding the degree of their implementation in 2040 (ILO, 2019).
  In all four sectors, the impact of automation and AI on OSH will depend greatly on the regulatory landscape. If the focus of AI support is on increasing safety (e.g. warning workers of unsafe behaviour) rather than productivity (EPRS, 2022), or on improving the employee experience to lower stress (Malik et al., 2022), outcomes will be overwhelmingly positive. Should it, however, be used as a tool for surveillance, impacts on mental health will be negative (EU-OSHA, 2022; Yam et al., 2022) and lead to stress, burnout and anxiety. While robots are expected to handle physically dangerous work, for example, in construction (ILO, 2019), a perfunctory integration of AI and robots would make robots less predictable for workers (EU-OSHA, 2021) and increase hazards. Finally, even a well-regulated further development of automation would bring an increase in lone working

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

with the associated psychosocial risks.

- **New materials and processes**
  The ambitious targets of the European Green Deal will be difficult to achieve without recourse to advanced materials and novel processes, in particular with regard to renewable and biodegradable materials, or materials used in renewable energy or to increase efficiency (AMI, 2022). Further innovative advances can be expected as a result of the increased convergence of technologies, particularly with regard to nanomaterials and processes in industrial biotechnology. In the manufacturing, construction and energy sectors, rapid adaptation of these developments will be necessary to achieve the ambitious standards planned for the near to mid-future (replacing non-renewable inputs, improving building energy efficiency, or increasing the performance of renewables, etc.). However, these new materials also present unique challenges when it comes to OSH, in particular if potential health issues are not, or not completely, explored prior to introduction (ILO, 2019; OECD, 2022). The lower the barrier to entry is (e. g. in biotechnology), the greater the risk of misuse (McKinsey, 2020). Here, the OSH implications for the sectors across the scenarios demonstrate that stringent documentation / labelling and life-cycle assessments will be necessary to keep hazards to workers to a minimum.

- **Regulatory measures, standardisation and documentation**
  Policymakers have already been tasked to better integrate OSH issues into procurement standards by developing a holistic approach focusing on circularity and worker safety (see JRC, 2022a), similar to the „sustainable by design“ chemicals strategy in the context of the European Green Deal. Current initiatives, for example, the REACH revision for a toxic-free environment, already showcase the process to-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

wards reducing pollution and increasing safety (European Commission, 2022), while measures such as digital twins and material passports (see JRC, 2022b) present a way towards improving documentation of substances and inputs used in manufacturing.

In all four scenarios, regulatory measures – or their absence – are a key factor in determining OSH outcomes. Here, a lot will depend on the policymakers' approach – if OSH is made a primary concern in all relevant legislation and clear standards are set to avoid the distortion of competition between Member States, worker health and safety will be protected from cost-cutting practices (Nachhaltigkeitsrat, 2021). Similarly, a shift towards evidence-informed and also foresight-based policies, away from the focus on quantitative impacts, would also help to achieve better regulatory outcomes (see for example DGIP, 2022a).

- **Reskilling**

  Climate policies will have a strong impact on workers, and require massive training, reskilling and upskilling: on average, low-carbon jobs, which will provide a much greater percentage of total jobs in the CE, have higher skills requirements across a broad range of skills (Saussay et al., 2022), and past energy-related transitions have shown that qualification measures play a key role in enabling workers able to find new jobs (Vandenbussche, 2021). The EU's Just Transition Mechanism (see EPC, 2021) is intended to achieve just that by providing regions with the funds necessary to use the transition to a CE as an opportunity for large-scale upskilling. In addition, the EU's Lifelong Learning Programme will also help to develop the learning sector in Europe in the future. The scenarios have shown that in all sectors, skilling and reskilling will have a huge impact on future OSH outcomes. Making OSH considerations an integral part of all qualifi-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

cation measures would ensure that workers acquire the knowledge to navigate the world of work safely, and by promoting individual learning accounts and micro-credentials, based on the EU's „Action to improve lifelong learning and employability" (European Commission, 2021), regions will be able to ensure that participation will be high.

Conclusions on the most affected sectors

The transition towards a more circular economy offers opportunities to improve conditions in OSH for workers in many sectors, in particular those that are most affected by this change in economic system. Unless each of these sectors performs to significantly higher standards, the EU will not be able to fulfil its ambitious objectives. New challenges to OSH will have to be met, but if OSH considerations are made a priority in the transition process, opportunities will arise that offer the chance to considerably improve future outcomes for workers.

3.4 Policy pointers and actions to safeguarding workers in the transition to a CE

3.4.1 Actions to safeguard workers in the transition to a CE

With the aim of turning the OSH risks from a CE identified above into opportunities to improve health and safety, a proactive and integrated

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

governance and industry approach is needed to commit to policies and initiatives that ensure OSH considerations are front and centre in the transition to a CE in the EU. To provide more detail on specific actions to achieve early integration of OSH considerations within the CE, some of the project's key findings and recommendations are listed below.

- Raising awareness
  - In sectors critical to the CE transition, awareness of health and safety issues should be high among stakeholders (in particular in, for example, the waste treatment sector (FEPS, 2022)).
  - By holding events and seminars that translate relevant research findings for the respective audience, stakeholders at all levels can be reached and be made aware of a safe way forward (ETUC, 2021b).
  - It is important that developments are seen through an OSH lens and that people are focused on improving health and safety outcomes with a „can do" attitude with regard to OSH.
- Providing funding
  - To begin with, analysis of the need for OSH transition funding for industries and sectors, and communication of results.
  - Building of funding networks between businesses and institutions.
  - Ensuring that measures to protect worker safety and health are not neglected as the result of cost considerations.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

  - Availability of funds should be tied to strong social and governance requirements that respect collective agreements and workers‘ rights (ETUC, 2021a).

- Protecting and helping the marginalised
  - Using the transition to a CE as an opportunity to improve the situation of low-skilled and migrant workers, as well as workers in informal employment, who share fundamental vulnerabilities and have only limited access to health and social protections (Lee & Di Ruggiero, 2022).
  - Supporting these workers by introducing and expanding integration, skilling and job safety programmes.
  - Tailoring (re-)education opportunities to the social situation (regarding temporal resources, capacities, motivation).
  - Additionally, increased funding for supervision and control measures focusing on individual workplace situations to improve the prospects of vulnerable workers in a CE.
- Integrating OSH considerations into political decision-making
  - In order to increase public investment in OSH, OSH should be made a primary consideration in all relevant legislation.
  - Pivotal for successful regulatory outcomes is a shift away from the focus on quantitative impacts (see, for example DGIP, 2022a).
  - The focus should be on evidence-informed and foresight-based policies, to avoid safeguards that are too narrow and to ensure that

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

rights are adequately protected (see, for example, the criticism levelled against the AI Act (HRW, 2021)).

  - Boosting the influence of trade unions will be crucial to giving stakeholders on the ground a louder voice at the macro (EU, national), meso (sectoral) and micro (company) levels (DGIP, 2022b; ETUC, 2021b).

  - Finally, it is advisable to integrate OSH issues into procurement standards by developing a holistic approach focusing on circularity and worker safety (similar to the „sustainable by design“ chemicals strategy in the context of the European Green Deal) (see JRC, 2022a).

- Protecting workers‘ voices

  - Workers and worker representations must have a right to be heard in all matters that concern their safety and health, to avoid that protection requirements are eroded over the long term.

  - By working with employee representatives to evaluate the consequences of the transition to a CE on collective agreements, and revising their scope where necessary, the rights of trade unions can be safeguarded (ETUC, 2021b).

  - In this way, it can be ensured that new green jobs allow trade union representation and respect bargaining rights, and that labour standards and social rights are part of any new sectoral climate strategy (ETUC, 2021a).

- Creating reskilling opportunities focused on OSH

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

  - In all industries affected by the transformation towards the CE, it will be necessary to proactively support the promotion of reskilling and lifelong learning in close collaboration between all stakeholders.
  - This will likely be more effective if access is easy, for example, with individual learning accounts and micro-credentials (based on the EU „Action to improve lifelong learning and employability“ (European Commission, 2021)).
  - Content has to be relevant to both corporate requirements and individual needs, necessitating close collaboration with local stakeholders for needs assessments to avoid skills mismatches (Corradini et al., 2022).
  - Upskilling and reskilling efforts have to be regional in character and should be based on mapping and anticipating corporate skills needs vs the potential for training (ETUC, 2021b).
  - At the company level, OSH representatives should be involved in the development of concrete measures that ensure a fair transition for workers (ETUC, 2021b).

- Harmonising relevant standards across the EU
  - In all industries affected by the transformation towards the CE, it will be necessary to proactively support the promotion of reskilling and lifelong learning in close collaboration between all stakeholders.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

  - Setting clear EU-wide standards to close OSH loopholes would avoid the distortion of competition and help to effectively regulate across industries and EU taxonomy, pre-empting regulatory fragmentation between Member States with regard to OSH and accelerating development towards the CE (Nachhaltigkeitsrat, 2021).
  - Harmonising employment standards across all Member States would pre-empt pushback from individual states, for example, in the area of rights for platform workers (EURactiv, 2022).
  - This would make sure that labour rights remain fully enforced and workers are not exploited even if labour mobility is enhanced during the transition to avoid labour shortages and surpluses (EESC, 2022).
  - Introducing and implementing digital twins and material passports for products, in close collaboration with business representatives, would guarantee that information on OSH-relevant material properties is easily available at all stages of a product‘s life cycle (see JRC, 2022b; BusinessEurope, 2022).

- Building a capable OSH knowledge network
  - In all industries affected by the transformation towards the CE, it will be necessary to proactively support the promotion of reskilling and lifelong learning in close collaboration between all stakeholders.
  - Generating, managing and delivering both top-town and bottom-up relevant information to stakeholders involved in OSH makes sure that knowledge is up to date and available to all.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

– An information network to improve and streamline communication on OSH and highlight best practices should be implemented between workers and employers, and national and European agencies to share experiences across the EU (i.e. allowing for worker feedback) and ensure EU cohesion with regard to training programmes and standards.

– Knowledge-based support (e.g. for information and technical assistance, for regional or sectoral training centres, or for formal collaborations and knowledge exchange on CE-related activities) has to be provided in particular on the level of SMEs (ETUI, 2022).

3.4.2 Key action for policy: involving key green initiatives to support cross-policy dissemination

The transition to a CE will involve, to varying degrees, a wide range of European agencies and green EU initiatives. Building an all-encompassing, OSH-centred alliance to modernise and strengthen OSH in key areas would ensure that the EU‘s employment and social policies, the European Pillar of Social Rights, the European Green Deal and the United Nations Sustainable Development Goals are all realised, and that the challenges stemming from digitalisation and the changing world of work and work patterns, as well as demographic change and migration, are successfully addressed.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

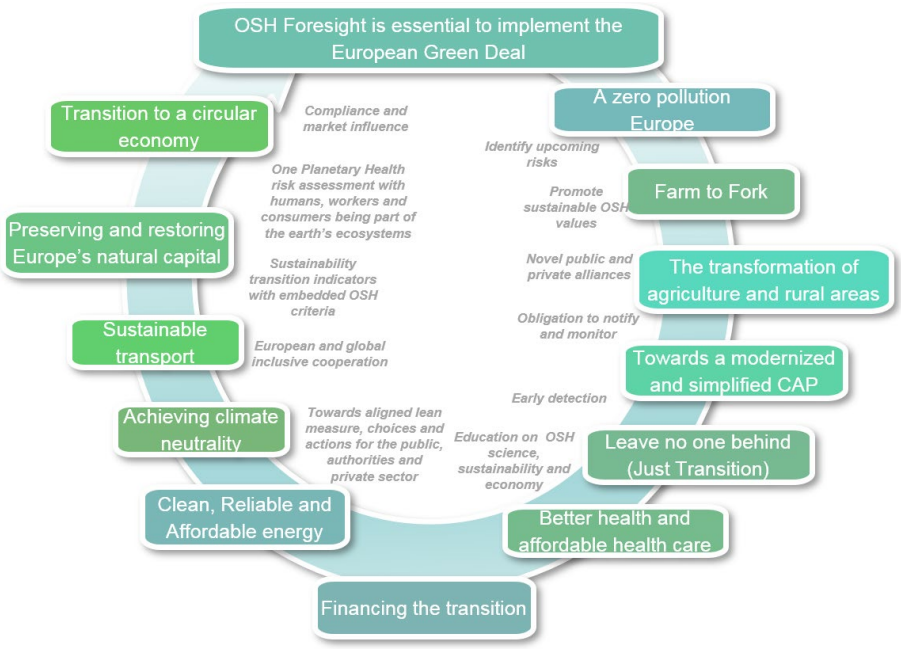


Bild 3.3: overview of some key EU green initiatives to support cross-policy dissemination (Bruinen de Bruin et al., 2022, adopted and modified)

With the aim of turning the OSH risks from a CE identified above into opportunities to improve health and safety, a proactive and integrated governance and industry approach is needed to commit to policies and initiatives that ensure OSH considerations are front and centre in the transition to a CE in the EU. To provide more detail on specific actions to achieve early integration of OSH considerations within the CE, some of the project's key findings and recommendations are listed in the table below.

3.4.3 In conclusion

The EU's transition to a more circular economy can only be a just transition if both the process and its outcomes are as fair and inclusive as

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

possible. Worker safety and health is crucial to leaving no one behind, it is one of the key policy areas when addressing environmental, economic and social sustainability (ILO, 2022b). Ignoring the importance of OSH and failure to meet the challenge of constant improvement would carry a hefty price for society and lead to worsening inequalities. Going forward, well-coordinated and timely policy actions that come as the concerted effort of an extensive and multi-level alliance will be necessary to continue Europe‘s tradition as a trailblazer of worker protection. This will involve building information networks that are available to all stakeholders, enable rapid feedback and dissemination of knowledge, and keep pace with rapid change. Integrating precisely analysed, regional, sector-specific OSH needs offers a chance to protect the most vulnerable and, in this way, realise the most pertinent promise of the transition towards social, green and circular economies, of making life better for all.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

4 Die neue Realität der Polykrisen

Prof. Dr. Ortwin Renn, ehemals Institute for Advanced Sustainability Studies, GfS

Für eine evidenzbasierte und handlungsorientierte Erforschung der Nachhaltigkeit und für eine angemessene Reaktion auf die sich überlappenden Krisen der Gegenwart ist eine Integration von analytischem, zielorientiertem und katalytischem Wissen eine wesentliche Voraussetzung. Analytisches Wissen schafft die Grundlage für ein besseres Verständnis der Wechselwirkungen zwischen menschlichen Interventionen in die natürliche Umwelt und deren Konsequenzen. Zielorientiertes Wissen umfasst die normativen Leitkonzepte sowie die darauf aufbauenden Szenarien und Optionen, um bestimmte Ziele, wie etwa Sicherheit am Arbeitsplatz oder schadstofffreie Produktion, effektiv, effizient, resilient und sozial gerecht zu erreichen. Katalytisches Wissen hilft den Akteuren in Politik, Unternehmen und Belegschaften, die wesentlichen kommunikativen und administrativen Entscheidungsprozesse so zu gestalten, dass die ausgewählten Szenarien und Ziele im Kontext demokratischer Institutionen und Re-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

geln der Mitbestimmung umgesetzt werden können. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Verknüpfung von Sachwissen zur multidimensionalen Charakterisierung der Handlungsfolgen mit dem normativen Orientierungswissen zur Bestimmung der Akzeptabilität dieser Folgen im Sinne der Kompatibilität mit den geltenden Rechtsnormen, der ethischen Bewertung dieser Folgen und der notwendigen prozeduralen Legitimation durch demokratische Prozesse. Der Vortrag thematisiert die besonderen Bedingungen von Arbeitsschutz und betrieblichem Umweltschutz und weist darauf hin, wie die neuen Rahmenbedingungen veränderte Anforderungen an das Risiko- und Umweltmanagement stellen (vgl. `https://www.zdf.de/gesellschaft/precht/precht-246.html`).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

5 Folgenabschätzung und Schutzstrategien

Heinz Sauerburger, Hochschule Furtwangen, GfS

Aufgrund der großen Abhängigkeit von elektrischer Energie ist es zunehmend wichtiger, dass die Sicherheit der Versorgung gewährleistet wird. Versorgungsengpässe können je nach Dauer bekanntlich zu einem größeren Risiko für die öffentliche Sicherheit werden. Ein Zusammenbrechen der elektrischen Energieversorgung von bereits einem Tag brächte das gesamte öffentliche Leben – wie wir es kennen – zum Zusammenbruch. Vor diesem Hintergrund und der umweltbedingten zwingenden Notwendigkeit der Umstellung von fossilen auf regenerative Quellen zur Erzeugung elektrischer Energie ist eine sorgfältige Planung, basierend auf den Gesetzen der Physik, unabdingbar.

Schaut man sich den heutigen Energiebedarf an, so lässt er sich in verschiedene Bereiche unterteilen. In den weiteren Betrachtungen beschränken wir uns auf die Bereiche: gesamte elektrische Energie, Hausbrand bei privaten Haushalten und Verkehr. Die folgenden Betrachtungen basieren auf Publikationen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) für das Jahr 2021 und beziehen sich auf Deutschland (AGEB, 2023). In Bild

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

5.1 sind die Energiewerte im Einzelnen dargestellt, wobei beim gesamten elektrischen Energiebedarf bereits ein Anteil an Energie aus regenerativen Quellen von ca. 41 % enthalten ist.

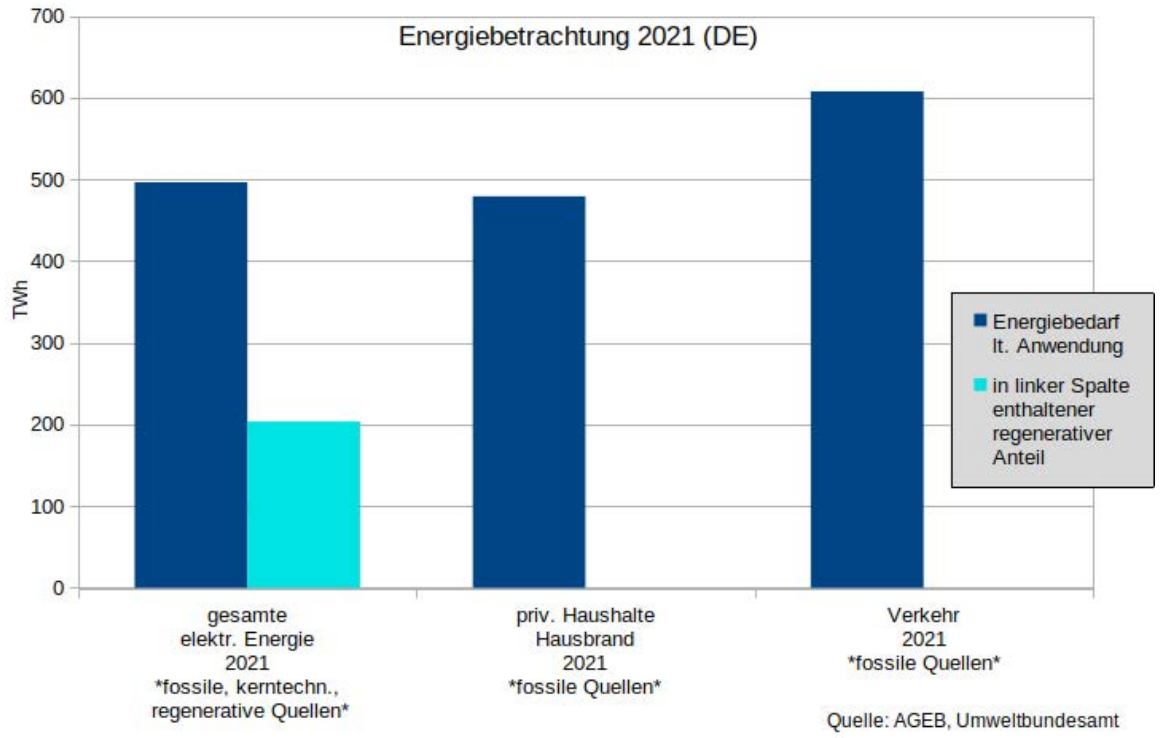


Bild 5.1: Energiebedarf des Jahres 2021 (Deutschland): 496 TWh (gesamte elektrische Energie mit 203 TWh Anteil aus regenerativen Quellen), 479 TWh (Hausbrand/private Haushalte) und 607 TWh (Verkehr)

Für den Energiebedarf des Hausbrandes wurde dabei von einem geschätzten Wert von 71,5 % des gesamten Energiebedarfs privater Haushalte ausgegangen. Dies stellt also den Ist-Zustand des Jahres 2021 dar. Daten für das Jahr 2022 liegen derzeit noch nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass keine wesentlichen Veränderungen bei den weiteren Betrachtungen auftreten werden.

Gehen wir nun von diesem Ist-Zustand aus und geben uns folgende Ziele

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

für den Anteil an regenerativen Quellen für die Jahre 2035 und 2050 vor.

2035:

- elektrische Energie (Strom): 65 %
- Hausbrand: 20 %
- Verkehr: 20 %

2050:

- elektrische Energie (Strom): 80 %
- Hausbrand: 60 %
- Verkehr: 80 %

Diese Vorgaben mögen den derzeitig gesetzten politischen Zielen etwas nacheilen, was aber die folgenden Abschätzungen nur bedingt beeinflusst.

Um nun den Energiebedarf aus regenerativen Quellen für Hausbrand (Wärmepumpentechnik) und Verkehr (E-Mobilität) abzuschätzen, der im Wesentlichen als zusätzliche elektrische Energie dem Endverbraucher zur Verfügung gestellt wird, kann davon ausgegangen werden, dass gegenüber den fossilen Energieträgern beim Einsatz von elektrischer Energie bessere Wirkungsgrade vorhanden sind.

Als grobe Abschätzung kann dabei für ein Wirkungsgradverhältnis zwischen einem E-Mobil mit $\eta_{E-Mobil}$ und einem mit Verbrennungsmotor angetriebenen Fahrzeug mit $\eta_{Verbr.}$ von ca. $\eta_{E-Mobil}/\eta_{Verbr.} = 2,5$ ausgegangen werden. Dieser Faktor stellt somit einen sogenannten Wirkungsgradgewinn dar. Bei dem Einsatz einer Wärmepumpe erhält man gegenüber dem Heizen mit fossilen Brennstoffen ebenfalls einen Wirkungsgradgewinn, da

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

noch zusätzliche Energie aus Luft- bzw. Erdwärme zum Einsatz kommt. Als grobe Abschätzung kann in diesem Fall von ca. $\eta_{Wärmepumpe}/\eta_{fossil} = 2,8$ ausgegangen werden. Je nach Temperaturdifferenz zwischen zu erzielender Wärme und Luft-/Erdwärme kann der Wirkungsgradgewinn aber auch deutlich kleiner ausfallen bzw. sich unter Umständen je nach Situation auch vergrößern.

Geht man von diesen Annahmen und den obigen Zielvorgaben aus, so erhält man die in Bild 5.2 dargestellte notwendige Energie aus regenerativen Quellen.

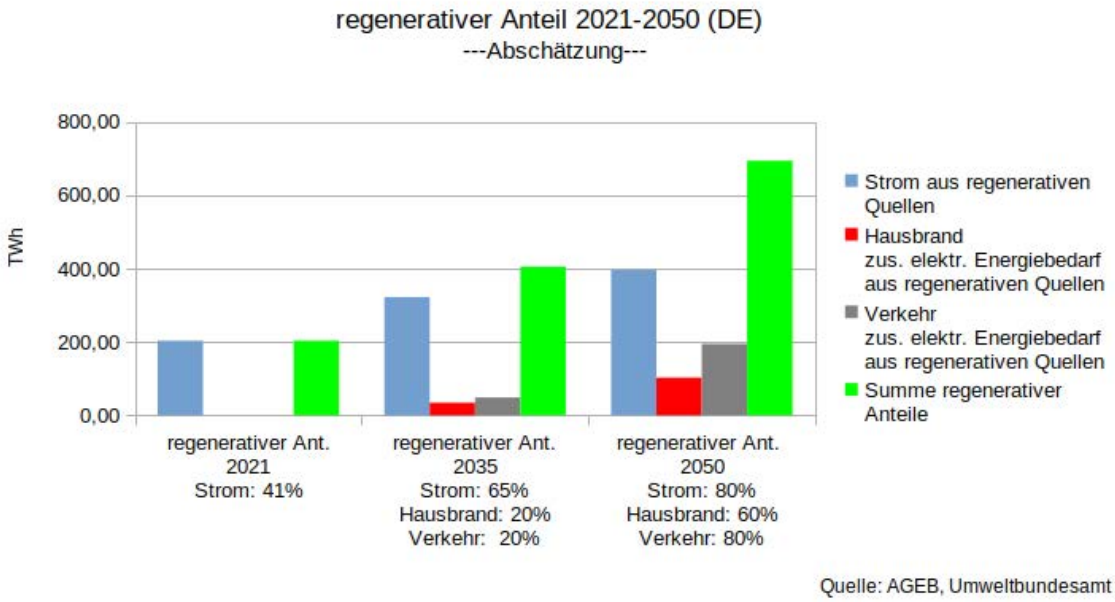


Bild 5.2: Zusätzlicher Energiebedarf aus regenerativen Quellen in Abhängigkeit vom angenommenen prozentualen Anteil und unter Berücksichtigung des jeweiligen Wirkungsgradgewinns

Dabei ist zu beachten, dass neben dem Bedarf an regenerativen Quellen für die Umstellung bei der derzeitigen Erzeugung elektrischer Energie (Strom) noch weitere zusätzliche regenerative Quellen für Hausbrand und

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Verkehr erschlossen werden müssen. Um die Zielvorgaben zu erreichen, muss in der Summe der Anteil der Energie aus regenerativen Quellen im Jahre 2025 gegenüber 2021 von 203 TWh auf 405 TWh gesteigert werden (Bild 5.2: Balken grün), was eine Verdoppelung bedeutet. Geht man von den Zielvorgaben für 2050 aus, so muss der Anteil aus regenerativen Quellen gegenüber 2021 von 203 TWh auf 693 TWh gesteigert werden. Dies entspricht somit einer Steigerung um das ca. 3,5-Fache (Bild 5.2: Balken grün). Möchte man beispielsweise bis 2050 den Hausbrand gegenüber obiger Annahme von 60 % auf 100 % erhöhen, so müssten die regenerativen Quellen gegenüber 2021 sogar um das 3,75-Fach ausgebaut werden (nicht im Diagramm dargestellt).

Würden die angenommenen Wirkungsgradgewinne bei der E-Mobilität und den Wärmepumpen geringer ausfallen, was im praktischen Einsatz im Möglichen liegen könnte, müsste der Ausbau der regenerativen Quellen noch weiter gesteigert werden.

Könnte der Ausbau der regenerativen Quellen nicht mit dem Einsatz von E-Mobilität und Wärmepumpentechnik schritthalten, wäre dies selbstverständlich für die gesetzten Klimaziele äußerst abträglich. Es macht letztlich keinen Sinn, beispielsweise Gas/Öl/Kohle zur Stützung der Stromerzeugung einzusetzen, und dann beim Hausbrand/Verkehr die elektrische Energie aus fossilen Quellen wieder in Wärme/Bewegung umzuwandeln. Aufgrund der thermodynamischen Gesetze (*Carnot-Prozess*) wären die Wirkungsgradverluste der gesamten Energielieferkette nicht unerheblich. Ein langsamer Gang wäre in diesem Fall sicherlich ökologisch die bessere Lösung.

Ferner muss auch darauf geachtet werden, dass das Gesamtenergieangebot an elektrischer Energie ausreichend vorhanden ist, da sonst Netzzu-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

sammenbrüche zu befürchten sind – ein desaströses Szenario, was letztlich zu einem gesellschaftspolitischen Sicherheitsrisiko führen könnte. Um nicht in dieses Dilemma zu schlittern, ist deshalb eine sorgfältige Planung von Nachfrage und Angebot unabdingbar. Wird die Nachfrage an elektrischer Energie (Strom) gesteigert, muss im Gegenzug auch die Erzeugung an elektrischer Energie angepasst werden – und dies im Hinblick auf die Energiewende aus regenerativen Quellen.

Ein weiteres Problem liegt sicherlich in der Tatsache, dass bei einer dezentralen Energieerzeugung sich die Transportwege zur Energieverteilung ändern werden. Dabei wird die heutige Netztopologie diesen Anforderungen mit großer Wahrscheinlichkeit nicht gerecht werden. Da die Bereitstellung elektrischer Energie aus regenerativen Quellen größeren Schwankungen unterliegt, muss eine ausreichende Pufferung vorhanden sein. Pumpspeicherkraftwerke, wie sie in der Vergangenheit eingesetzt wurden, reichen dazu bekanntlich nicht aus.

Vergleicht man bei der Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie beispielsweise die Energieausbeute pro Quadratmeter zwischen Hamburg und Sevilla, dann liegt im Jahresmittel die Ausbeute in Sevilla um ca. den Faktor 4 höher. Ein Grund, darüber nachzudenken, die zusätzlich notwendige Stromerzeugung aus regenerativen Quellen für Hausbrand und Verkehr im Süden Europas anzusiedeln. Dies wäre sicherlich auch ein positiver Schritt für ganz Zentraleuropa. An dieser Stelle könnte man gedanklich auch gleich eine Brücke nach Afrika schlagen und wieder den Gedanken von DESERTEC / Club of Rome von kurz nach der Jahrtausendwende aufgreifen – Erzeugung elektrischer Energie mithilfe von Spiegelkraftwerken/Fotovoltaik in den sonnenreichen Gebieten Nordafrikas. Dies auch vor dem Hintergrund, dass zurzeit in verschiedenen Publikationen betriebswirtschaftliche Schätzungen bezüglich elektrischer Energieerzeugung

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

in diesen Gebieten zum Ergebnis kommen, dass ein Preis von ca. 0,01 EUR bis 0,02 EUR pro KWh möglich wäre.

Ausgehend von den oben dargestellten groben Abschätzungen und den zum Schluss angedeuteten Problemen, wird es ein schmaler Grat werden, um die Ziele für die Energiewende rechtzeitig zu erreichen. Da der Klimawandel uns keinen zeitlichen Aufschub gewährt, ist ein sorgfältig geplantes und detailliertes Gesamtkonzept auf der Basis physikalisch wissenschaftlicher Grundlagen unumgänglich – Aktionismus wäre dabei der falscheste Weg! Zentrale Aufgabe bei der Planung ist dabei die Schaffung ausreichender regenerativer Quellen zur Erzeugung elektrischer Energie. Ferner muss ebenfalls die Versorgungssicherheit zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sein.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

6 Nachhaltigkeit: Prävention und Strategiearbeit

Bastian Fochmann, Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse

Die übergreifende Zielsetzung des Präventionshandelns der Unfallversicherungsträger in Deutschland ist es, mit allen geeigneten Mitteln für die Verhütung von Arbeits- und Wegeunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren zu sorgen. Dieser Beitrag erläutert am Beispiel der BG ETEM, dass Strategiearbeit kein „Zwei-Wochen Sprint“ ist, sondern ein auf lange Dauer angelegter Prozess mit hoher Agilität, Partizipation und Kreativität. Nachhaltigkeitsaspekte stehen untrennbar mit der Erfüllung des gesetzlichen Auftrags der gesetzlichen Unfallversicherung in Verbindung, jeder Träger muss aber seinen eigenen Ansatzpunkt für nachhaltige Entwicklung finden.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

6.1 Eine klare Prozessarchitektur für Prävention und Strategiearbeit

Was sind die Präventionsgebiete auf denen die BG ETEM verstärkt sichtbar werden will? Was sind die relevanten Trends der sich ändernden Arbeitswelt – technologisch, wie gesellschaftlich? Was zeichnet die BG ETEM aus; was also sind ihre Stärken? Was aber sind auch zurzeit noch ihre Schwächen, die mitunter einer unmittelbaren Zielerreichung entgegenstehen können?

Die Präventionsstrategie der BG ETEM ist ihr Plan relevant zu sein, einen Mehrwert für ihre Versicherten und die Unternehmer in der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland zu schaffen, das eigene Kompetenzprofil zu schärfen und auszuleben, sich damit abzuheben, einen Unterschied zu anderen Institutionen mit Arbeitsschutzaufgaben zu machen. Gleichzeitig aber auch überhaupt sicherzustellen, dass hierfür die Ressourcen und Fähigkeiten zur Verfügung stehen und bestmöglich ohne Verschwendung eingesetzt werden. Die Präventionsstrategie ist dabei die notwendige Reaktion auf die Realität begrenzter Ressourcen für die Präventionsarbeit unter sich kontinuierlich ändernden Bedingungen von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit.

Für eine integrative Präventionsarbeit aller Beschäftigten in der BG ETEM wendet die BG ETEM einen strukturierten Prozess, unter Beteiligung der betroffenen „Stakeholder“ an, der die angebotenen Präventionsleistungen der BG ETEM auf mögliche Ansatzpunkte für eine weitere Verstärkung untersucht. Hierfür braucht es immer eine aktuelle Darstellung der Situation der Arbeitswelt in den Mitgliedsbetrieben der BG ETEM. Diese Darstellung wird durch die Einsicht der Aufsichtspersonen der BG ETEM

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

(die einen gesetzlich geregelten Betriebszugang haben) in die betriebliche Wirklichkeit sichergestellt. Das Ziel des Prozesses ist es, die allseits etablierte „Vision Zero“ mittels der im Siebten Sozialgesetzbuch (SGB VII) gesetzlich geregelten „Mission – Prävention mit allen geeigneten Mitteln“ trägerintern bedarfsgerecht zu individualisieren, weil das Konstrukt der 10 Präventionsleistungen der gesetzlichen Unfallversicherungsträger auf den ersten Blick als unflexibel bzw. gar starr anmuten könnte. In zunächst weit gefassten Handlungsfeldern, die sich bestenfalls auf mehrere Präventionsleistungen auswirken können, werden konkrete Präventionsmaßnahmen entworfen, an denen die betroffenen Bereiche in der Präventionsarbeit der BG ETEM fachlich beteiligt sind. Dass diese Bereiche in der gesamten Präventionsabteilung abgestimmt handeln und die einzelnen Präventionsmaßnahmen wirkungsvoll auf die Zielerreichung in den einzelnen Handlungsfeldern einzahlen, bedarf es der Übernahme einer Federführung. In der BG ETEM ist dies der Stabsbereich Präventionsstrategie der den drei Bereichen der „Präventionsabteilung“, „Aufsicht/Beratung“, „Qualifizierung und Fachkompetenzen“, rein funktional übergeordnet ist. Dieser Stabsbereich stimmt sich eng mit den Stabsreferaten in der Präventionsabteilung der BG ETEM, insbesondere z. B. für die Haushaltsaufstellung und die Personalbedarfsermittlung, bis hin zur Mitarbeitendenkommunikation ab. Letzteres ist überhaupt der Erfolgsfaktor dafür, dass jedweder Ressourceneinsatz auf das Strategiekonto einzahlt und keine Beliebigkeit im Präventionshandeln, bis hin zu einem „Silodenken“ womöglich, auftritt. Ein transparenter Prozess, weitreichende Partizipationsmöglichkeiten und belastbare Entscheidungen der Präventionsleitung sind elementar wichtig. Dafür ist die Präventionsarbeit, weiterhin auch über den Stabsbereichs in die gesamte Organisation der BG ETEM, z. B. zum Controlling des Produktportfoliomanagements, den Ausschüssen der Selbstverwaltungsorgane und der Öffentlichkeitsarbeit vernetzt.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

6.2 Strategische Handlungsfelder

Ausgehend von dem Zielbild der Präventionsarbeit „Gemeinsam mit unseren Mitgliedsbetrieben bewirken wir nachhaltigen Wandel von Technologie und Arbeit und unterstützen bei der Compliance“ als Ergebnis aus der Stakeholder- und Situationsanalyse, hat sich die BG ETEM fünf Handlungsfelder gegeben:

- Umsetzung der Gefährdungsbeurteilung
- Industrie/ Arbeitswelt 4.0
- KI-Integration in den Präventionsprozess
- Online-Qualifizierungsformate
- Initiative sicheres Verhalten

6.3 Nachhaltigkeit als integrative Kraft

Die Förderung nachhaltiger Entwicklung und der Kampf gegen den Klimawandel sind zentrale gesellschaftliche Herausforderungen dieser Zeit. Im Rahmen des europäischen „Grünen Deals“ hat sich die EU das Ziel gesetzt, bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Nachhaltigkeit und Klimaschutz spielen somit bei politischen Initiativen und Fördermaßnahmen der EU eine immer größere Rolle.

Die Entwicklung von konkreten Präventionsmaßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen der wichtigsten Gefährdungen und Belastungen auf die

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Sicherheit und Gesundheit ihrer Versicherten im Kontext des Klimawandels steht eben so, wie die Entwicklung von konkreten Maßnahmen zur Unterstützung der Einhaltung der nationalen Klimaschutzziele im Fokus der Betrachtung der gesetzlichen Unfallversicherungsträger in Deutschland.

Nachhaltigkeit und Klimaschutz gewinnt bei der Gestaltung von Präventionsmaßnahmen, insbesondere im Kontext von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, immer mehr an Bedeutung. Nachhaltigkeit ist somit als große Klammer um Alles in der Prävention zu werten. Die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung als politische Zielsetzungen der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals (SDG)), die weltweit der Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung auf ökonomischer, sozialer sowie ökologischer Ebene dienen sollen, stellen die direkte Anschlussfähigkeit an die Präventionsleistungen der gesetzlichen Unfallversicherung, damit auch der BG ETEM, her.

Nachhaltigkeitsaspekte in der Präventionsarbeit der BG ETEM werden im Besonderen in den SDG:

3 Gesundheit und Wohlergehen,

4 Hochwertige Bildung,

7 bezahlbare und saubere Energie,

8 menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum,

11 nachhaltige Städte und Gemeinden,

13 Maßnahmen zum Klimaschutz und

17 Partnerschaften zur Erreichung der Ziele

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

eingebracht.

Gerade die Begleitung des Technologieeinsatzes zur Energiewende in Deutschland im Zusammenhang mit dem SDG 7 ist Kernkompetenz der BG ETEM im Bereich der Energieversorgung. Hier ist die BG ETEM „Sparringspartner“ für die in diesem Bereich tätigen Betriebe und Katalysator für Sicherheit und Gesundheit zugleich.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

7 Nachhaltigkeit und Digitalisierung – zwei unternehmensrelevante Transformationen

Prof. Dr. Sascha Stowasser, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V., GfS

Auf betrieblicher Ebene bieten sowohl die digitale als auch die ökologische Transformation große Potenziale für eine nachhaltige Arbeit, Wertschöpfung und Innovation. Prägend für die betriebliche Praxis in der digitalen und ökologischen Transformation ist die (oftmals synchrone) Umsetzung hochvernetzter, wechselwirkender und manchmal widersprüchlicher Transformationsprozesse. Das bringt für Beschäftigte, betriebliche Interessensvertretungen und auch die Führungskräfte sehr große Herausforderungen mit sich. Entscheidungen müssen auf einer unzureichenden Informationsbasis getroffen werden – beispielsweise bezüglich der rechtlichen Rahmenbedingungen im Bereich der

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

künstlichen Intelligenz (KI) – und die Konsequenzen von Entscheidungen und Handlungen können nicht immer zeitnah und vollständig abgeschätzt werden. Der Beitrag erörtert die Dringlichkeit von nachhaltiger Arbeit, um Transformationen in Betrieben jetzt und in Zukunft bewältigen zu können. Im Sinne einer sozialen Nachhaltigkeit ebenso wie im Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationsfähigkeit der Unternehmen gilt es daher, insbesondere in transformativen Zeiten die humanorientierte Gestaltung von Arbeit und Organisation zu berücksichtigen und mit der menschlichen Arbeitskraft nachhaltig umzugehen. In diesem Zusammenhang werden die betrieblich relevanten Handlungsfelder Arbeits- und Gesundheitsschutz, Changemanagement und Führung erörtert.

7.1 Die digitale und ökologische Transformation

Innerhalb der letzten 60 Jahre ist unsere Lebens- und Arbeitswelt um ein Vielfaches flexibler und digitaler geworden, Innovationszyklen werden immer kürzer. Faktoren wie die vernetzte und intelligente Digitalisierung, der demografische Wandel, die Globalisierung, die ökologischen Herausforderungen und ein Wertewandel in der Gesellschaft erfordern eine stetige Anpassung und Veränderung. Unternehmen müssen sich in Flexibilität üben und sich kontinuierlich verändern, um ihre Wettbewerbsfähigkeit und Existenz zu sichern. Ein Teil der Unternehmen ist zu einer „permanenten Transformation“ übergegangen – und es stellt sich die Frage, wie diese gut gestaltet werden kann (vgl. BDA, 2021, S. 127 ff.).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Für die digitale und ökologische Transformationen gilt, dass der Wandel von Arbeit, Organisation wie auch Arbeitsprozessen so begleitet und gestaltet werden sollte, dass dadurch nachhaltige Arbeit entsteht und Arbeitskräfte nachhaltig am Arbeitsmarkt teilhaben können. Auf betrieblicher Ebene bieten sowohl die digitale als auch die ökologische Transformation große Potenziale für eine nachhaltige Arbeit und Wertschöpfung. Prägend für die betriebliche Praxis in der digitalen und ökologischen Transformation ist die (oftmals gleichzeitige) Umsetzung hochvernetzter, wechselwirkender und manchmal widersprüchlicher Transformationsprozesse. Die Herausforderung besteht darin, die Transformationsprozesse in den laufenden Betrieb zu integrieren, auf Arbeitsplätze, Strukturen und Abläufe herunterzubrechen und im alltäglichen Arbeitshandeln umzusetzen.

7.2 Nachhaltige Arbeit

Als grundlegende Hypothese zur aktuellen digitalen sowie sozial-ökologischen Transformation gilt: Um Transformationen in Betrieben jetzt und in Zukunft in Deutschland bewältigen zu können, braucht es *nachhaltige Arbeit*. Im Sinne einer sozialen Nachhaltigkeit ebenso wie im Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationsfähigkeit der Unternehmen gilt es daher, insbesondere in transformativen Zeiten den Ansatz humanorientierte Gestaltung von Arbeit und Organisation zu stärken und mit der „Ressource“ menschliche Arbeitskraft nachhaltig umzugehen.

Nachhaltige Arbeit umfasst somit drei wesentliche Dimensionen: Humanorientierung (Zielsystem Soziales), Ökonomiezentrierung (Zielsystem Wirtschaft) und Ökologieverantwortung (Zielsystem Umwelt) (siehe Bild 7.1).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Der bisherige Ansatz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft lautet: „Arbeitswissenschaftliches Handeln zielt auf eine vorausschauende, an humanen und wirtschaftlichen Kriterien orientierte Gestaltung von Arbeit, Technik und Organisation ab“ (GfA, 2021, S. 1). Der GfA-Ansatz wird im Kontext von nachhaltiger Arbeit um die Dimension „Umwelt“ erweitert und spiegelt damit die Anforderungen der Gegenwart wider.



Bild 7.1: Die drei Dimensionen der nachhaltigen Arbeit

7.3 Ausgewählte Handlungsfelder zur Bewältigung der Transformationen

Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte Handlungsfelder skizziert, die Ansatzpunkte zur Planung und Gestaltung nachhaltiger Arbeit in den gegenwärtigen und künftigen Transformationsprozessen auf unternehmerischer Ebene ermöglichen.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

7.3.1 Arbeits- und Gesundheitsschutz

Die Frage zur Ausgestaltung des rechtlichen Arbeitsschutzrahmens im Kontext der digitalen Transformation steht häufig im Zentrum der arbeitspolitischen Debatte. Oftmals werden von den Diskutanten Vorschläge für neue Verordnungen und Regeln vorgetragen. Aber: Arbeitsschutzgesetzgebung benötigt keine neuen Gesetze – vielmehr müssen die Regeln der Technik angepasst und ergänzt werden. Die gegenwärtig gültige deutsche Arbeitsschutzgesetzgebung (siehe Bild 7.2) meistert die Fragestellungen rund um die Arbeitswelt der Zukunft in sehr großem Umfang. Bestehende gesetzliche Vorschriften des Arbeitsschutzes sind für die Anwendung von Digitalisierung und so weiter eine gute Grundlage. Die Gefährdungsbeurteilung der Arbeitsprozesse – die Basis des deutschen Arbeitsschutzes – erscheint auch für die Arbeitswelt als sinnvoll. Technische Regeln, die z. B. die Betriebs- oder Arbeitsstättenverordnung konkretisieren, sind dagegen zu aktualisieren (z. B. Einsatz von modernen Assistenzsystemen wie beispielsweise Datenbrillen, Smart Watches, künstliche Intelligenz). Entscheidend sind dabei die untergeordneten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse, die zum Teil noch erweitert werden müssen. So gibt es beispielsweise kaum eine quantitativ belegte Aussage darüber, wie lange es der arbeitende Mensch mit einer Datenbrille aushalten kann, ohne zu sehr psychisch beansprucht zu werden.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29



Bild 7.2: Arbeitsschutz in der Arbeitswelt der Zukunft (Stowasser, 2021, S. 59)

Viel wichtiger: Die Branchenregeln (siehe Bild 7.2 – rechts) der Unfallversicherungsträger sind spezifisch auszugestalten und zu forcieren, damit den Unternehmen praxisnahe und branchenangepasste Werkzeuge zur Seite stehen und der Arbeitsschutz der digitalen Zukunft umgesetzt werden kann.

7.3.2 Transformationen erfordern ein zielgerichtetes und partizipatives Changemanagement

Dieses Unterkapitel basiert auf Stowasser et al. (2020)[1].

[1]Ein herzliches Dankeschön gilt den Experten der Arbeitsgruppe 2 „Arbeit/Qualifikation, Mensch-Maschine-Interaktion“ der Plattform Lernende Systeme für die Unterstützung und Impulse bei der Erstellung des Whitepapers sowie den zuständigen Mitarbeitern der Geschäftsstelle der Plattform Lernende Systeme bei

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Wann erweist sich eine betriebliche Transformation als erfolgreich? Im Folgenden sollen die Rahmenbedingungen und Bausteine für die erfolgsversprechende Transformation (am Beispiel der Einführung von KI-Technologien im Unternehmen) skizziert sowie mögliche Lösungswege aufgezeigt werden. Dabei werden unterschiedliche Phasen von Change-Prozessen zugrunde gelegt (siehe Bild 7.3).

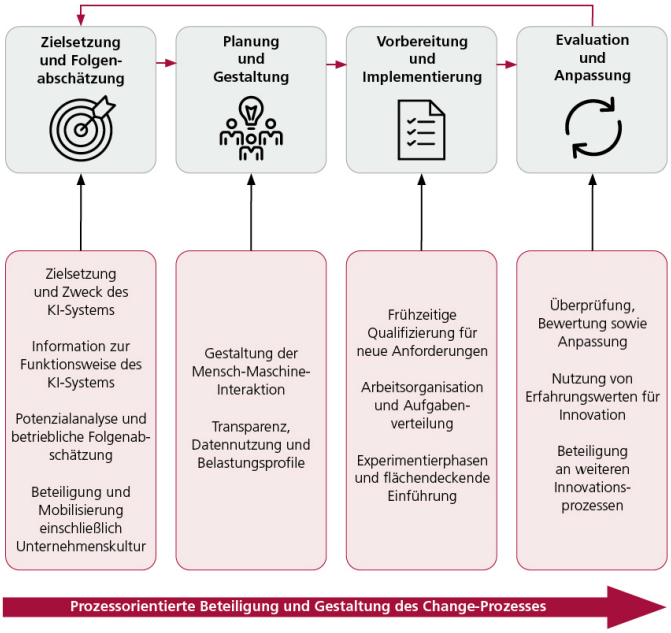


Bild 7.3: Phasen des und Anforderungen an das Changemanagement bei künstlicher Intelligenz (Stowasser et al., 2020)

Phase 1 – Zielsetzung und Folgenabschätzung

Alle Akteure, die für die Einführung von KI-Technologie und die Gestaltung von Change-Prozessen Verantwortung tragen – wie etwa Geschäftsführungen und Personalabteilungen, Programmierer und IT-Abteilung sowie Beschäftigte und Betriebs- oder Personalräte – sollten bereits vor der

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V., die mehr als eine hervorragende Betreuung leisten.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Einführung von KI-Systemen im Betrieb zusammenarbeiten, um die Optimierungsziele für den betrieblichen Einsatz und die Anforderungen an die KI-Systeme zu vereinbaren und denkbare Auswirkungen für die Arbeitsgestaltung möglichst frühzeitig antizipieren zu können. Bei der Einführung von KI-Systemen ist eine sorgfältige Potenzialanalyse und eine betriebliche Folgenabschätzung nötig, um Potenziale optimal nutzen, Risiken antizipieren, Gestaltungslösungen entwickeln und Akzeptanz der Beschäftigten gewinnen zu können. Wichtig dafür ist eine ausreichende Transparenz über die Wirkungsweise der KI-Anwendung vor deren Einführung. Da es nicht „die“ eine Standard-KI gibt, ist eine anwendungsorientierte Betrachtung sinnvoll, um sensible Aspekte (Kritikalitäten) einschätzen zu können und spezifische Maßnahmen für die Umsetzung zu entwickeln. Bei der Gestaltung KI-basierter Arbeitssysteme sind mehrere Aspekte wie etwa die (gesundheitliche) Verträglichkeitsprüfung, die technische und soziale Folgenabschätzung, die Arbeitsplatzperspektiven und nicht zuletzt Handlungsspielräume der Beschäftigten zu beachten.

Ein wichtiger Faktor für den Erfolg eines Change-Prozesses stellt die Einbeziehung der Beschäftigten und die Mobilisierung für den Einsatz der neuen Technologien dar.

Phase 2 – Planung und Gestaltung

Auf dem Weg zu einer erfolgreichen Einführung von KI in den Unternehmen kommen einer sorgsamen Planung und Gestaltung der KI-Systeme ein hoher Stellenwert zu. Die Beschäftigten werden künftig zunehmend und in selbstverständlicher Art und Weise mit lernenden Systemen im Arbeitsalltag interagieren – daher ist es wichtig, die Potenziale von KI-Systemen zielgerichtet zu nutzen und gleichzeitig die Schnittstelle zwischen Menschen

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

und Maschine menschengerecht auszugestalten, gute und förderliche Arbeitsumgebungen zu unterstützen und das Zusammenwirken von Mensch und Technik bestmöglich zu organisieren.

In der zweiten Phase steht demnach das Design der KI-Systeme selbst im Vordergrund. Dabei geht es vor allem um die Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und KI-System entlang von Kriterien für die menschengerechte und produktive Umsetzung der Mensch-Maschine-Interaktion im Arbeitsumfeld. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Anforderungen an gute und förderliche Arbeitsbedingungen einerseits und den technologischen und wirtschaftlichen Potenzialen der künstlichen Intelligenz andererseits erhöht die Chancen für die Akzeptanz von KI-Systemen in Change-Prozessen.

Wichtige Ansatzpunkte bieten Kriterien für die Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion (siehe Bild 7.4), die den Schutz des Einzelnen, die Robustheit der Systeme, die Vertrauenswürdigkeit von KI, die Transparenz und Erklärbarkeit der KI, die sinnvolle Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine sowie die Bedingungen für gute und förderliche Arbeitsbedingungen adressieren.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29



Bild 7.4: Kriterien für die Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion eines KI-Systems (Huchler et al., 2020)

Phase 3 – Vorbereitung und Implementierung

Die KI-Systeme müssen zudem in geeigneter Weise in bestehende oder neue Arbeitsprozesse und möglicherweise veränderte Organisationsstrukturen integriert werden. Dies bedeutet, die Beschäftigten frühzeitig auf neue Aufgaben vorzubereiten und erforderliche Qualifizierungsmaßnahmen einzuleiten. Wichtig ist dabei auch die Gestaltung neuer Aufgaben- und Tätigkeitsprofile für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie die Anpassung der Arbeitsorganisation an ein verändertes Verhältnis von Mensch und Maschine.

Die Change-Prozesse bei KI sollten verstärkt Pilot- und Experimentierphasen beinhalten, in denen Erfahrungswerte und Best-Practice-Beispiele gesammelt werden können und die es erlauben, die Wirkungen und Schnittstellen der KI-Systeme hinsichtlich der Zielsetzungen und im Hinblick auf

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

eine humane Arbeitsgestaltung zu überprüfen sowie unerwünschte Effekte möglichst auszuschließen und positive Erfahrungswerte mit den Systemen im Arbeitsumfeld zu gewinnen.

Phase 4 – Evaluation und Anpassung

Nach der Einführung von KI-Systemen sollte eine kontinuierliche Überprüfung und Bewertung des KI-Einsatzes erfolgen, um mögliche Anpassungen im Hinblick auf das Design der Anwendungen, die Arbeitsorganisation oder die weitere Qualifizierung der Beschäftigten zu gewährleisten. Zudem können durch die regelmäßige Evaluation des KI-Einsatzes die Erfahrung der Beschäftigten genutzt und weitere Innovationsprozesse – sowohl im Hinblick auf die weitere Verbesserung von Prozessen als auch in Bezug auf neue Produkte und Geschäftsmodelle – gemeinsam mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern als Gestalter des Wandels angestoßen werden.

7.3.3 Führung

Im Zeitalter von Digitalisierung, agilem Arbeiten, neuen Arbeitsprozessen und verschiedensten Transformationen stehen Führungskräfte vor zahlreichen neuen Herausforderungen (Altun et al., 2020, S. 3 ff.). Der permanente Wandel führt dabei auch zu veränderten Ansprüchen der Mitarbeitenden, wie z. B. zu einem kollaborativen, teamintegrierenden und partizipativen Vorgehen (Weinert & Ohliger, 2019, S. 8 und 48). Ebenso hat die Coronapandemie die Arbeitswelt der Führungskräfte maßgeblich verändert. Seit Beginn der Pandemie arbeiten viele Menschen nicht mehr vor Ort im Büro, was beispielsweise Führung auf Distanz stärker erforderlich macht (vgl. BDA, 2021). Die Transformation im Unternehmen steht

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

und fällt mit den Führungskräften. Führungskräfte sollten bereit sein, den mobil Arbeitenden den Freiraum zu geben, eigenständig zu entscheiden, wie sie ein bestimmtes Ergebnis erreichen, und entsprechendes Vertrauen in die Belegschaft setzen. Es zählt: Ergebnis statt Zeitkontrolle und Anwesenheit.

Ebenso wird mobiles Arbeiten neue Anforderungen an das Führungsverhalten und die Führungsstruktur mit sich bringen (vgl. Hille et al., 2020, S. 27). Je flexibler die Arbeitszeiten und Arbeitsorte werden, desto stärker werden sich die Arbeitsweise und die Zusammenarbeit verändern. Künftig wird nicht die Anwesenheit, sondern die Zielerreichung an Bedeutung gewinnen. Bei einer zeitlich und räumlich flexiblen Arbeitsgestaltung müssen sich nicht nur die Beschäftigten, sondern auch die Führungskräfte auf eine veränderte Führungssituation einstellen (vgl. DGUV, 2016, S. 29 ff.). Dabei wird die Aufgabe der Führungskraft darin bestehen, den Beschäftigten als Coach zur Verfügung zu stehen, damit sie selbstständig und eigenverantwortlich arbeiten und ihre Ziele erreichen. Führungskräfte müssen lernen, „loszulassen“ und ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mehr Vertrauen entgegenzubringen. Die Notwendigkeit, dass die Beschäftigten zukünftig selbstständiger arbeiten, setzt voraus, dass klare Zielvorgaben existieren bzw. geschaffen werden müssen (vgl. Hille et al., 2020, S. 28). Bei diesem Ansatz wird die Selbstorganisationsfähigkeit des Einzelnen im Mittelpunkt stehen, welche durch die Führungskraft gefördert und gestärkt wird. Gemeinsam Ziele zu vereinbaren und nachzuverfolgen, wird für alle Führungsebenen wichtiger. Sobald sich zeigt, dass die vereinbarten Ziele nicht erreicht werden können, müssen die Führungskräfte in der Lage sein, „aus der Distanz“ unterstützend und gezielt einzugreifen. Klassische Führungsmodelle werden dabei zunehmend an ihre Grenzen stoßen, stattdessen werden ziel- und ergebnisorientierte Führungsmodelle, welche die

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Führung auf Distanz erfolgreich gestalten lassen, an Bedeutung gewinnen. Eine wichtige Rolle in diesem Zusammenhang wird vor allem die Führungskraft selbst und die Weiterentwicklung der eigenen Kompetenzen spielen. Wichtig ist, ähnlich wie bei den Beschäftigten, der Ausbau der Kommunikations- und Medienkompetenz sowie eine Sensibilisierung und Vorbildfunktion der Führungskräfte, um in flexiblen, virtuellen Arbeitsumgebungen Vertrauen, Mitarbeitendenbindung sowie das erforderliche Zusammengehörigkeitsgefühl aufzubauen (vgl. Altun et al., 2020).

7.4 Fazit

Eine zunehmende Anzahl an Unternehmen unterliegt einem permanenten (digitalen und/oder ökologischen) Wandel. Für diese Unternehmen greifen Erkenntnisse über klar abgegrenzte Veränderungsprozesse mit längeren Phasen ohne Veränderungen nicht mehr. Die Gestaltung von nachhaltiger Arbeit ist im permanenten Wandel notwendig und muss in den gegenwärtigen und zukünftigen Transformationsprozessen berücksichtigt werden. Nachhaltige Arbeit wird durch die drei Dimensionen Humanorientierung, Ökonomiezentrierung und Ökologieverantwortung beschrieben.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

8 Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in Sicherheitsfragen

Prof. Dr. Wolfgang Hochbruck & Mareike Huber, M.A. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, GfS

Dass beim Stichwort „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE) erst einmal an Natur- und Tierschutz gedacht wird, an Solarpanellen, E-Mobilität und Wasserstofftechnologie ist verständlich. Als eine der Leitperspektiven des Bildungsplans 2016 in Baden-Württemberg hat die „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ bisher mehrheitlich genau diese Oberflächenformen angenommen, wie ein kursorischer Überblick über Unterrichtsentwürfe und Themenstellungen zeigt. Bildung für nachhaltige Entwicklung ist aber nicht zwangsläufig begrenzt auf einen schulisch vermittelten Katalog von Energiespartipps, noch resultiert sie in einem Lob des Neoprimitivismus. Auch der Sicherheitsdiskurs kann von einer größeren Aufmerksamkeit und Bildung in Richtung Nachhaltigkeit profitieren.

Allerdings geht dies nicht voraussetzungsfrei: Wo Sicherheit vor allem als Reduzierung technikbasierter Risiken verstanden wird, spielt Nachhaltig-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

keit eine bestenfalls nachgeordnete Rolle. Sicherheit hat eine Menge mit Resilienz zu tun, und Resilienz mit Sicherheit. Aber auch der Aufbau resilienter Sicherheitsstrukturen impliziert nicht notwendig die umfassenden wirtschaftlichen und kulturellen Konsequenzen, die eine integrierte Bildung für nachhaltige Entwicklung haben kann und bei systematischer Durchführung für die gesamte ökonomische und ökologische Situation haben wird. Wobei eben diese Integration der Bildung für nachhaltige Entwicklung noch in mancherlei Hinsicht abgeht. Eine dieser Lücken möchte der vorliegende Beitrag zu schließen beginnen.

Bildung für nachhaltige Entwicklung ist eine relativ neue Entwicklung. Sie ist Teil eines umfassenderen Perspektivwechsels, an dem ablesbar ist, wie tief die Spuren sind, die ursprünglich am dissidenten Rand der Gesellschaft angesiedelte libertäre Schulprojekte des 20. Jahrhunderts mittlerweile im Regelschulbetrieb hinterlassen haben (Robinson & Aronica, 2015).

Wesentliche Komponente dieses Wechsels ist zum einen die Wendung zur Kompetenzorientierung, die etwa in den Bildungsplänen des Landes Baden-Württemberg schon seit 2004 erfolgt ist. Die graduelle Verschiebung weg von schulischer Lehre als vordringlich quantifizierbarer Wissensvermittlung zu einem Fokus auf kognitive Fähigkeiten der Schüler war bereits ein wichtiger Schritt, dem mit dem Bildungsplan 2016 die Weiterentwicklung zu einem System folgte, das die Kompetenzen anhand einer Gruppe von Leitperspektiven bündelte, unter denen die Bildung für nachhaltige Entwicklung an erster Position genannt wird.

Mit den Leitperspektiven

- Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE),
- Bildung für Toleranz und Akzeptanz von Vielfalt (BTV) sowie

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

- Prävention und Gesundheitsförderung (PG)

könnten tatsächlich bei entsprechendem politischem Willen bereits die Weichen für eine post-industrielle und post-kapitalistische Gesellschaft gestellt werden. Die hierfür besonders wichtige, weil mit einem streng profitorientierten und einseitig wachstumsfixierten Wirtschaften nicht vereinbare BNE wurde – etwas überraschend – aus keinem politischen Lager offen kritisiert; konservative Kreise stürzten sich vor allem auf die genderspezifischen Anteile der Bildung für Toleranz und Akzeptanz von Vielfalt.

In der praktischen Umsetzung ist bisher absehbar, dass besonders die dem ursprünglichen Modell noch hinzugefügten Leitperspektiven

- berufliche Orientierung (BO),
- Medienbildung (MB) und
- Verbraucherbildung (VB) („Bildungspläne 2016“)

sowie der separat verfasste Leitfaden Demokratiebildung zwar gut gemeint waren, tatsächlich aber eher wieder in Richtung Handlungsoptionen im Rahmen der Vorstellungen des hegemonialen Systems wiesen. Ähnlich wird, wie oben angedeutet, BNE auf den kleinsten gemeinsamen Nenner der Energieeinsparung und Balkonbegrünung heruntergebrochen. Der aus der kulturmaterialistischen Theorie und dem New Historicism bekannte Grundsatz, dass hegemoniale Systeme sich aus ihrem eigenen dissidenten Rand bedienen, um sich selbst nur so weit wie unbedingt nötig zu erneuern und gleichzeitig die realen Machtverhältnisse nicht antasten zu müssen, scheint sich wieder einmal zu bestätigen (Smucker, 2017).

Diese Strategie kommt unter den Bedingungen einer rapide fortschreitenden Klimakatastrophe und ihrer Begleiterscheinungen zunehmend an ihre

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Grenzen bzw. ihr Ende. Schon daraus ergibt sich die zunehmende Relevanz der BNE für Sicherheitsfragen. Was das für Implikationen haben kann, soll im Folgenden an vier Beispielen mit wachsender Distanz zum gegenwärtigen Standard-Systemverständnis ausgeführt werden.

8.1 Fall 1: Kahramanmaras, Türkei, Februar 2023

Das grau-blaue Gebäude der TMMOB (*Türk Mühendis ve Mimar Odalari Birligi*), des Zusammenschlusses der türkischen Ingenieur- und Architektenkammern, unterscheidet sich von weiten Teilen seiner Umgebung nach dem schweren Erdbeben vom 6. Februar dadurch, dass es noch steht. Und nicht nur das: Das Gebäude ist nahezu unbeschädigt, und das in einer Stadt, in der ganze Straßenzüge komplett in sich zusammengestürzt sind und ihre Bewohner unter sich begraben haben (Schwarzer, 2023). Ein Fall von Bildung für nachhaltige Entwicklung in Sicherheitsfragen liegt hier insofern sozusagen als Negativbeispiel vor, als seit Jahrzehnten bekannt ist, wie und mit welchen Stoffen, in welcher Menge und auf der Basis welcher Berechnungen gebaut werden muss, um ein Gebäude erdbebensicher zu machen. In der Türkei werden die diesbezüglichen Bauvorschriften aber notorisch ignoriert oder umgangen, d. h., es hat zwar ein Bildungsprozess stattgefunden, dessen potenzielle Wirkmächtigkeit im Hinblick auf eine Entwicklung zur Nachhaltigkeit, in diesem Fall exemplifiziert durch lebensrettende resiliente Baustrukturen, wurde aber zumindest in der Vergangenheit gegenüber Partikularinteressen (in der Regel beschreibbar als skrupellose Profitgier) hintangestellt. Noch 2019 hatte TMMOB – sehr zum Ärger der AKP-Regierung von R. T. Erdogan – Daten veröffentlicht,

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

aus denen hervorging, dass allein in Istanbul die Hälfte der Gebäude im städtischen Raum illegal und ohne ordnungsgemäße Ingenieurleistungen errichtet worden war (Winter, 2023). Eine Amnestie für illegale Bauten hatte 2018 weiteres Geld in die Kasse der Regierung gespült; sie legte allerdings gleichzeitig eine Zeitbombe, die mit dem nächsten größeren Erdbeben unweigerlich platzen und Zehntausenden Menschen Tod und Ruin bringen musste.

Eine Orientierung an traditionellen Bauformen brächte in dieser Region wahrscheinlich Vorteile im Bereich der Bauökologie, müsste sich aber im Hinblick auf die Erdbebensicherheit ebenfalls negativ auswirken. Ein Beispiel hierfür war das Erdbeben in der iranischen Stadt Bam, deren traditionelle Lehmziegelbauweise den Ort zu einem mittelalterlich geprägten Touristenziel machte, im Moment der tektonischen Verschiebung am frühen Morgen des 26. Dezember 2003 aber mehr als 20.000 Menschenleben kostete. Für den Wiederaufbau der zum Weltkulturerbe ernannten, ebenfalls aus Lehmziegeln erbauten und weitgehend zerstörten Zitadelle von Bam wurden u. a. am Lehrstuhl für Tragwerksplanung der TU Dresden hybride Technologien entwickelt (Bakeer et al., 2009).

BNE muss in einem solchen Fall also abwägen zwischen ökologischer und sicherheitstechnischer Nachhaltigkeit. Immerhin eröffnet BNE zumindest die Möglichkeit, von der Schule her längerfristig eine breitere Öffentlichkeit zu erreichen und hinsichtlich Fragen der Bausicherheit zu sensibilisieren. Die Bewohner eines Wohnkomplexes haben normalerweise wenig Einfluss darauf, oder auch nur Wissen darüber, welche Bauvorschriften und Regulationen es gibt und ob diese bei der Errichtung und im Betrieb des Gebäudes beachtet wurden. Das nötige Grundlagenwissen vereinfacht die Informationssuche und senkt die Hemmschwelle, bei offensichtlichen Abweichungen von den Baunormen oder Zweifeln die zuständigen Behör-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

den zu kontaktieren. Sofern diese ein Teil des Problems sind, müssen sie einer in Richtung BNE vorgebildeten Bevölkerung gegenüber damit rechnen, verantwortlich gemacht zu werden, wenn durch Sicherheitslücken ein Schadensfall eintritt.

8.2 Fall 2: Babcock Ranch, Florida, September 2022

Etwa 5.000 der geplanten knapp 20.000 Einwohner des neuen Developments im Hinterland von Fort Myers sind bereits eingezogen, als der Hurricane Ian am 28. September 2022 auf die Küste trifft und massive Verwüstungen anrichtet. Über 100 Menschen sterben durch die Sturmflut, durch herumfliegende Trümmer oder unter ihren vom Wirbelsturm zerstörten Häusern. In Babcock Ranch, das landschaftsarchitektonisch auf die Aufnahme massiver Wassermengen vorbereitet ist, kommt niemand ums Leben, und auch die Sachschäden halten sich in engen Grenzen (Buchter, 2023). Bildung für nachhaltige Entwicklung hat hier insofern stattgefunden, als Erkenntnisse aus einer ganzen Reihe von Disziplinen nach der Katastrophe von New Orleans und entlang der Golfküste in der Folge von Hurricane Katrina 2005 den Weg gewiesen hatten in eine Zukunft des resilienteren Bauens; näher an den Vorgaben, die von der natürlichen Umgebung gemacht werden und deren Vernachlässigung und vermeintliche Überwindung durch eine Kultur der Hybris wieder und wieder zu Katastrophen einschließlich der menschengemachten Klimaüberhitzung führt (Birch & Wachter, 2006). Konzepte wie das der „Schwammstadt“ werden auf dieser Basis bisher anscheinend vor allem von chinesischen Forschenden entwickelt (z. B. Nguyen et al., 2020). Ein Fach wie BNE schon in

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

der Schule kann dafür sorgen, dass sich in Zukunft auch der einheimische Nachwuchs schon früh wissenschaftlich betätigt und über entsprechende Programme gefördert wird.

Ein regionaler Bezug zu nachhaltigen im Sinne von autochthon-traditionellen Wissensbeständen liegt in diesem Fall nicht vor. Es hat zwar in den Amerikas historisch Bewässerungssysteme gegeben; die darin besonders versierten sogenannten Anasazi-Kulturen hielten trotzdem dem Wassermangel des Hochmittelalters nicht stand (Stuart, 2000). Bildung für nachhaltige Entwicklung ist in diesem Fall auf Neuentwicklungen angewiesen.

8.3 Fall 3: Nordamerika, Sommer 2022

Unter dem Eindruck der Zunahme verheerender Brände in den letzten Jahren vor allem im amerikanischen Westen und Südwesten, aber auch im kanadischen Waldland, wie z. B. im ohnehin schon durch die Ölindustrie ökologisch verwüsteten nördlichen Alberta 2016, steigt die Bereitschaft, beim Umgang mit Feuer und generell in forstökologischen Fragen traditionelles indigenes Wissen stärker zu berücksichtigen. Daraus entstehen Entwicklungen hybrider neuer bzw. alter (im Sinne von *traditioneller*) Ansätze zur Waldbewirtschaftung einschließlich Waldbrandbekämpfung.

Das erfordert eine gleich mehrfache Verschiebung von Parametern. Der Integration indigenen Wissens in Mainstream-Prozesse standen und stehen immer noch diverse Hindernisse im Weg. Als kulturelle Errungenschaften sogenannter „primitiver“ Gesellschaften galt es lange als den Wissenschaftsgesellschaften unterlegen und war bestenfalls von anthropologischem Interesse. Hinzu kamen im Blick auf das Verhältnis von Ursa-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

chen zu Folgen zynisch anmutende Zweifel, wie verlässlich Wissensstände sein konnten, die möglicherweise nur noch Substratcharakter hatten, weil ihre weitgehend schriftlosen Traditionsmechanismen durch Krankheiten, Vertreibung, Mord und systematische Unterdrückung bis zum Ethnozid Einbußen erlitten hatten, die den Verlust kultureller Praktiken, das Aussterben von Sprachen und kulturelle Systemzusammenbrüche zur Folge gehabt hatten. Dies wird relativ selten thematisiert (Grenier, 1998, S. 4), was wiederum angesichts der Ursache-Folgen-Relation nicht sonderlich verwunderlich ist.

Die sich von den dissidenten Rändern der angloeuropäischen Kolonialgesellschaften ausbreitende Wertschätzung indigenen Wissens wurde anfangs entsprechend als esoterisch abqualifiziert. Das war nicht immer abwegig, insofern die in den siebziger und achtziger Jahren verbreitete und tendenziell eher unkritische Romantisierung alles Indigenen nicht nur positiv wirkte (Briggs, 2005). Dieselbe Romantisierung tendiert bis heute dazu, unter dem Sammelbegriff des „Indigenen“ zu übersehen, dass immer noch tradiertes indigenes Wissen oft weder kollektiv noch transregional transferierbar ist. Spezifische geosoziale und ökonomische wie ökologische Verhältnisse haben im Bereich des Waldbaus und des Umgangs mit Waldbränden durchaus regional divergierendes und diversifiziertes Wissen generiert.

Transregional und transferierbar sind den meisten indigenen oder für indigen gehaltenen Systemen gemeinsame Schnittmengen des Umgangs mit natürlichen Ressourcen wie Nachhaltigkeit, Subsistenzwirtschaftlichkeit und Erneuerbarkeit sowie generell Respekt vor der Natur und ihrer Diversität. Eines der Phänomene, die aus der Öffnung für indigenes Wissen entstanden sind, kann so beschrieben werden: Dort, wo die durch die Identifikation als „indigen“ oder zumindest indigener Herkunft zusätzlich glaubhaft authentifizierten Systeme mit einer an den Prinzipien der BNE orientierten

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Wissenschaftlichkeit übereinstimmen, werten sie diese wissenschaftlichen Ergebnisse tendenziell auf (vgl. Aikenhead & Ogawa, 2007). Das führt im angesichts zunehmender Schäden und Bedrohungen besonders relevanten Bereich der Feuerökologie (Goldammer, 1999) sowohl hinsichtlich der Forschung und daraus abgeleiteter Praxis zu einigen interessanten Wendungen, die für den Bereich der Bildung für nachhaltige Entwicklung als Teil einer zukunftsorientierten Sicherheitsarchitektur relevant sind.

Die Bereitschaft zur Berücksichtigung indigener Wissensbestände im Bereich der Feuerökologie hat in den letzten Jahrzehnten in Nordamerika proportional zu dem Maß zugenommen, in dem sich die seit dem frühen 20. Jahrhundert etablierte Suppressionstechnik als nicht oder jedenfalls nicht mehr in der Lage erweist, es mit den im Fortschritt der Klimakatastrophe immer zerstörerischeren und sich räumlich wie in der zeitlichen Ausdehnung der „Waldbrandsaison“ ausweitenden Vegetationsbränden aufzunehmen (USFS): Verglichen mit 1985 hatten Vegetationsbrände bis 2019 um mehr als 60 % zugenommen, kosteten 562 % mehr bei der Bekämpfung und sie richteten mehr als das Fünffache an Schaden an (National Interagency Fire Center). Ein Jahr später im August kam es in Kalifornien über den ganzen Bundesstaat verteilt zu verheerenden Bränden. Am 24. August waren es 43 aktive Feuer auf einmal (Los Angeles Times, 2020). Zwei der Brandkomplexe waren so groß, dass sie als zweit- und drittgrößte Feuer in die Rekorde Kaliforniens eingingen (New York Times, 2020). Das erforderliche Umdenken ist zwar als Reaktion auf die zunehmend offensichtliche Unhaltbarkeit der bisherigen Praxis ein deutlicher Griff nach einer sich anbietenden Alternative (Norgaard, 2014), setzt sich allerdings – wie alle anderen Maßnahmen gegen die Klimaüberhitzung – nur langsam durch.

Dass natürliche oder sogar kontrolliert angelegte Feuer in vielen Ökosystemen vor der Siedlungsübernahme durch die weiße Mehrheitsgesellschaft

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

eine wichtige Rolle gespielt hatten, war wissenschaftlich schon länger bekannt (Goldammer, 2006), wobei Ausdehnung und genaues Format der von Menschen betriebenen Feuerökologie nicht exakt rekonstruierbar sind. Fest steht, dass kultivierende – also Wachstum und Verbreitung bestimmter Pflanzen fördernde – Praktiken z. T. Jahrhunderte zurückverfolgt werden können (Eriksen & Hankins, 2014) und sogar zur Anpassung von Ökosystemen an diese Praktiken geführt haben (Anderson, 2005). Umstrittener ist die Behauptung, indigene Gruppen hätten auch absichtlich Feuer gelegt um die natürlichen Brennstoffe, die sich mit der Zeit angesammelt haben, zu reduzieren, also die sich heute als richtungsweisend und im Hinblick auf BNE zukunftsrelevant erweisende Praxis antizipiert (Armatas et al., 2016). Insofern damit aber nicht nur erreicht wird, dass zukünftige gewollte oder ungewollte Brände weniger Schaden anrichten können, sondern auch eine Verringerung der Anzahl und Ausbreitung von Schädlingen sowie eine Erhöhung der Produktivität von bestimmten Pflanzen, schließt diese Praxis an die nachweisbaren kultivierenden Praktiken an.

Unbestritten ist auch, dass die nach dem sogenannten „Big Burn“ 1910 (Egan, 2009) durchgesetzte Suppressionspraxis über Jahrzehnte einerseits zunächst die Auswirkung von Vegetationsbränden minimierte, über dieselben Zeiträume hinweg allerdings auch dafür sorgte, dass sich z. T. enorme Brandlasten aufbauen konnten. Die indigene Bevölkerung wurde durch die Gesetzgebung des „Weeks Act“, der Prävention und Feuerunterdrückung festschrieb, selbst auf ihren Restlandbeständen daran gehindert, ihre Traditionen fortzusetzen. Die ökologischen Auswirkungen wurden durch negative Effekte auf kulturelle Systeme, Ökonomie und letztlich Lebensqualität verstärkt.

Die Regierungen der Vereinigten Staaten, Kanada, Australiens und anderer Länder haben in den letzten Jahrzehnten unter dem Eindruck der

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Bürgerrechtsbewegung aus den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts versucht, auch im weiteren kulturellen und sozialen Rahmen dem Verlust indigener Kulturen zumindest teilweise entgegenzuwirken. Dazu gehörte bis vor Kurzem allerdings noch nicht, dass angesichts des Klimawandels und seiner Folgen auch traditionelle Methoden des Feuermanagements als mögliche Varianten der Brandbekämpfung anerkannt und integriert werden (Carroll et al., 2010). Wenn die relativ konservative Institution des *United States Forest Service* mittlerweile auf die nach Zahl, Ausbreitung, und Zerstörungsintensität völlig aus dem Ruder laufenden Feuer reagiert und selbst verstärkt „controlled burns“ betreibt, dann zeigt dies einen Grad der Lernfähigkeit, der aus zunehmendem Zweifel und Verunsicherung geboren wurde. Dieser Schritt ist in seiner Tragweite auch insofern nicht zu unterschätzen, als dadurch Jahrzehnte einer durch die ikonisch identitätsstiftende Figur des *Smokey the Bear* unterstützten Feuervermeidungspropaganda quasi hinfällig geworden sind (Donovan & Brown, 2007). Diese Verschiebung hat die Behörde ideologisch wie auch im Bezug auf die darauf aufbauende Öffentlichkeitsarbeit vor echte Probleme gestellt – der Lernprozess, mit dem die neuen Anforderungen an die aus einer geänderten Sicherheitspraxis abgeleiteten Bildungsmaximen in die Öffentlichkeitsarbeit umgesetzt werden, dauert an (Minor & Boyce, 2018).

Rückschläge, sei es durch Ignoranz oder böswillig herbeigeführt, können die Arbeit von Jahren auslöschen. So kam es 2005 dazu, dass im Westen der USA das über Jahre ausgehandelte *Orleans Community Fuels Reduction and Forest Health Project* durch eine ohne Wissen der Ureinwohner vom US Forest Service beauftragte Firma vorangetrieben wurde und dadurch ökokulturell höchst sensitive Stätten schwer beschädigt wurden (Tripp, 2023). In diesem Beispielfall konnten die Beteiligten trotz der angerichteten Schäden den Vertrauensverlust auffangen; es zeigt aber, wie selbst als

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

gemeinsam verstandene Ziele durch Missverständnisse oder wie selbstverständlich immer wieder auftretende Behördenwillkür hintertrieben werden können. Dass indigene Völker ihr Wissen überhaupt teilen und Menschen und Institutionen, die nicht ihren Gemeinschaften angehören, beibringen wollen, ist vor diesem Hintergrund nicht immer und überall gegeben.

Die Sache liegt einfacher, wo die Weitergabe intertribal funktioniert, also innerhalb der indigenen Bevölkerung. Die Internetseite des Bureau of Indian Affairs (BIA) listet zum Beispiel viele erfolgreiche kontrollierte Brände, die von Indigenen selbst oder unter ihrer Leitung durch nicht-indigene Feuerwehrfachkräfte gelegt wurden. Das Gebiet der Yat'siminoli / Seminole in Florida ist ein optimaler Trainingsplatz für Feuerwehrleute, die vom BIA dorthin geschickt werden, um über zwei Wochen hinweg das Vorgehen beim durchaus nicht ungefährlichen kontrollierten Abbrennen zu lernen (Broyles, 2017). 2019 hat das Bureau es spezifisch indigenen Feuerwehrfrauen möglich gemacht, an einem *Fire Leadership for Women* (FLFW)-Programm des *National Interagency Prescribed Fire Training Center* in Florida teilzunehmen, was von den Frauen sehr positiv bewertet wurde (Bright et al., 2023). Interviews, Berichte und Artikel belegen, dass viele indigene Feuerwehrleute sich gerne für die Integration traditioneller Methoden in ihren Arbeitsalltag einsetzen würden.

Ironischerweise haben der feuerökologische Einsichtsprozess und der nachfolgende pyropolitische Wechsel nicht nur positive Auswirkungen auf die Brandbekämpfungspraxis in den indigenen Gemeinden. Viele lokale Feuerwehren hatten die Suppressionstaktik ebenso anscheinend selbstverständlich angewandt wie die nicht-indigene Nachbarschaft; die Mitgliedschaft in den in Nordamerika oft (semi)professionell und dann separat von den örtlichen freiwilligen Feuerwehren organisierten und operierenden Waldbrandbekämpfungeinheiten, die von der einen oder anderen Institution

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

bzw. Organisation dann während der „Fire Season“ angeworben und eingesetzt werden, war und ist eine der typischen und oft auch der wenigen Einkommensmöglichkeiten für die indigene Bevölkerung gerade in den von Vegetationsbränden in den letzten Jahrzehnten besonders betroffenen Regionen im Westen (Caverley et al., 2013). Zum Teil gibt es zudem lokal bedingte Unterschiede: viele der Feuerwehrleute des Peavine Métis Settlement in Kanada etwa zeigten Feuer gegenüber eine deutlich weniger positive Einstellung, da sie in der Vergangenheit mehrfach mit den negativen Konsequenzen und der Gefahr unkontrollierter Brände konfrontiert waren (Christianson et al., 2013).

Das widerspricht den Grundsätzen indigener Feuerökologie nicht zwingend: Zum einen ist es so, dass, sobald ein sich ausbreitendes Feuer tatsächlich bekämpft werden muss, nur noch die an die jeweiligen geographischen, klimatischen und verfahrenstechnischen Bedingungen und Voraussetzungen angepassten Regeln der Vegetationsbrandbekämpfung gelten, und zwar unabhängig von ethnischer Zugehörigkeit oder sonstigen Überzeugungen (vgl. Desmond, 2007; de Olivera, 2022, Christianson et al., 2013). Zum anderen ist es zumindest einigen Feuerwehren speziell in Kanada gelungen, ihre indigenen Traditionen und die Regeln der Mehrheitsgesellschaft auch schon in der Vergangenheit wenigstens teil- und zeitweise zu verbinden (Sanders, 2011, S. 8; Carroll et al., 2010). Am besten dokumentiert ist dies für die Pikangikum Anishinaabeg First Nation in Nordontario, deren „Umgang“ (Cheekahnahwaydahmungk Keetahkeemeenaan) mit ihrem Waldgebiet über die regional übliche forstlich-ökonomische Planung und Bewirtschaftung hinaus eine bewusst konservatorische Verantwortlichkeit umfasst. Wobei es zu wissen hilft, dass kanadisch-amerikanische holzindustrielle „Nutzung“ in aller Regel bis in die Gegenwart rücksichtsloser Kahlschlag heißt. Regional haben sich Vertreter der „Ontario Management

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

of Natural Resources“-Behörde den Anishinaabe/Ojibwe hinsichtlich der Verwendung traditioneller Formen kontrollierten Abbrands zu Kultivationszwecken (Sanders, 2011, S. 13) und bei den Verwertungsstrategien beim Holzeinschlag angenähert, während die First Nation bei den Waldbrandbekämpfungstechniken technologisch und strategisch aufgeschlossen hat. Viele Gruppen- und Verbandsführer in der Region sind Anishinaabeg, und einige Älteste der Bigaanjigamiing/Pikangikum, haben sich dazu bereit erklärt, die Entwicklung neuer, umgebungsspezifischer Brandmanagement-Methoden zu begleiten, die auf die Veränderungen durch die Kolonialisierung und den Klimawandel angepasst sind und traditionelles Wissen mit modernen westlichen Maßnahmen vereinen (Miller et al., 2010).

Dass durch die Anwendung traditioneller indigener Methoden nachhaltig Erfolge erzielt werden können, lässt sich an einigen Beispielen exemplarisch aufzeigen. Im Juni 2002 brachen zwei Feuer im Bundesstaat Arizona aus, die sich miteinander verbanden und als das Rodeo-Chediski-Feuer bekannt geworden sind (Desmond, 2007). Insgesamt brannten 1821 Quadratkilometer ab. Dies kostete die Regierung 71.907,282 US-Dollar allein für die Brandbekämpfung (United States Department of Agriculture and United States Department of Interior, 2003). Nach Löschung des Feuers fiel den Behörden auf, dass sich die Brände nicht überall gleich ausgebreitet und gleich viel Schaden angerichtet hatten. Es stellte sich bei den Nachuntersuchungen heraus, dass auf dem Territorium der Dzil Ligai Si‘an N‘dee / White Mountain Apache, in dem sie die forstwirtschaftliche Nutzungshoheit hatten und auch ihre traditionelle Form der kontrollierten Feuer anwenden konnten, mehr Flächen das Feuer überstanden hatten als außerhalb des Reservats (Richardson, 2018). Ähnliche Erkenntnisse konnten 2011 und 2018 bei anderen Feuern, die auf „Dzil Ligai Si‘an N‘dee“-Land übergegriffen hatten, gewonnen werden (Richardson, 2018). Gleich-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

artige Erfahrungen wurden auch in anderen Bundesstaaten gemacht, wie in North Carolina (Krol & Herrera, 2018) und Kalifornien ((Anderson, 2005) sowie im amerikanischen Südwesten allgemein (Jensen & McPherson, 2008). Auch in Kanada (Christianson et al., 2013) und Südamerika (ScienceDaily, 2016) wurden ähnliche Beobachtungen gemacht. Dies lässt sich vor allem dadurch erklären, dass regelmäßiges Brandmanagement die Brandlast reduziert hatte, welche in Wäldern durch das Absterben von Pflanzen und Blättern entsteht. Die Abholzung von Bäumen, die zu nahe aneinander wachsen, hat in Kombination mit erhöhten Baumkronen und verminderten Ansammlungen von Wucherungen und Detritus zur Folge, dass die Flammen die Baumspitzen nicht erreichen und dadurch keine Wipfelfeuer entstehen, bei denen Flammen von einem Baum auf den nächsten überspringen (Richardson, 2018; Desmond, 2007).

Vor diesem Hintergrund wird inzwischen auch in den Vereinigten Staaten und Kanada (z. B. Tripp, 2023, First Nations Emergency Services Society)) vermehrt Ureinwohnerwissen herangezogen. Es zeigt sich, dass regelmäßige, dabei minutiös kontrollierte Feuer und andere traditionelle Methoden des Brandmanagements dazu beitragen, die Artenvielfalt zu schützen oder sogar dort wiederherzustellen, wo sie durch Feuerunterdrückung reduziert oder gänzlich zerstört wurde (Armatas et al., 2016). So ist es zum Beispiel ein explizites Ziel der Western Klamath Restoration Partnership in Oregon und Kalifornien, den Lebensraum des Roosevelt-Wapitis wiederherzustellen und die Qualität sowie das Wachstum verschiedener Pflanzen zu verbessern und zu garantieren (Tripp, 2023). Experimente in Kalifornien im Jahr 2002 zeigten, dass sich die einheimische Vegetation nach Bränden schneller und besser regeneriert als jene, die nicht mit Feuer behandelt wurde, was wiederum Einfluss auf das Verhalten, die Verfügbarkeit von Futter und das Jagdmuster der Tiere hat (Hankins, 2009). Dies konnte

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

auch nach Feuern, die 1988 im Yellowstone Park ausbrachen, festgestellt werden – hier wurde beobachtet, dass verbrannte Vegetation produktiver war als zuvor (Jensen & McPherson, 2008). Viele dieser Ökosysteme waren schon Jahrhunderte mit Feuer und anderen Methoden kultiviert worden und sowohl dadurch als auch durch natürlich vorkommende Brände an diese Umstände angepasst.

8.4 Fall 4: Kakadu-Nationalpark, Australien

Damit sind nicht alle Probleme einfach gelöst. Wie die angestrebte Zusammenarbeit mit der indigenen Bevölkerung an den Rand des Scheiterns kommen kann, wird am Beispiel des Kakadu-Nationalparks im Norden Australiens sichtbar. Hier waren zunächst einige Erfolge erzielt worden: Ein wichtiger Bestandteil des „fire managements“ der Parkleitung war und ist es, die Brände auf einen früheren Zeitpunkt zu verschieben, was tendenziell für kleinere und leichter zu kontrollierende Feuer als in der späten Trockenperiode sorgt (Petty et al., 2015). Die Nutzung indigener Methoden schien erfolgreich; Anzahl und Größe der Bränden gingen merklich zurück. Das *Western Arnhem Land Fire Project* konnte auch einen Rückgang des Ausstoßes von Treibhausgasen vermerken.

Allerdings stellte sich auch ein Schwund an Biodiversität besonders bei den Säugetierspezies ein, und die Vegetation wurde kaum positiv beeinflusst. Dies lässt sich laut den von Petty et al. (2015) befragten Aboriginals der örtlichen Völker dadurch erklären, dass die Verantwortlichen zu oft und zu falschen Zeitpunkten kontrollierte Brände gelegt hatten. Die indigene Bevölkerung wurde zunächst einbezogen, dann wieder von den Verantwortlichen ignoriert; ihre Kritik an der Umsetzung pyropolitischer Maßnahmen

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

wurde jedenfalls nicht wahrgenommen. Indigenes Wissen wurde zum einen vereinfacht aufgefasst und zum anderen ungeachtet der örtlichen Begebenheiten zu großzügig angewandt (Petty et al., 2015). Die Methoden wurden aus ihrer ursprünglichen kulturellen, sozialen und ortsspezifischen Umwelt herausgenommen und ohne die Beratung und unter der Leitung von nicht-indigenen Menschen entpersonalisiert und neuinterpretiert (vgl. Eriksen & Adams, 2010).

Die ungleichen Machtverhältnisse zwischen den Gemeinschaften der Aboriginals und den Führungskräften des Parks und der Territorien waren erhalten geblieben (vgl. Miller et al., 2010). In Australien werden die Leitung und die Angestellten der Nationalparks von der indigenen Bevölkerung aufgrund jahrhundertelanger kolonialer Bevormundungspraxis oft immer noch als „Gatekeeper“ verstanden, da sie entscheiden können, wer das Land in welchem Ausmaß benutzen darf, wodurch sie die Kulturen der dort lebenden Aboriginals sowohl physisch als auch legal kontrollieren (Eriksen & Hankins, 2014). Ein von Christine Eriksen und Don L. Hankins interviewter Feuerwehrmann sagte zudem, dass die steigende Zahl indigener Ranger in den Parks zwar wie ein Schritt zur Ermächtigung der Aboriginals wirke, dass dies allerdings im Zuständigkeitsbereich der Behörden und zu deren Bedingungen geschieht, wodurch diese Ranger in eine privilegierten Position gegenüber den anderen Mitgliedern ihrer Nationen geraten sind. Ein großer Teil der indigenen Mitarbeiter des Kakadu-Parks verhalte sich wie ihre Kollegen und trete gegenüber den Indigenen als Autoritätspersonen auf. Dies sei auch in anderen Parks der Fall (Petty et al., 2015).

Im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung kann in diesem Fall festgestellt werden, dass nicht nur trotz prinzipiell gestiegener Bereitschaft von Behörden, indigenes Wissen in ihr Brandmanagement einzubauen,

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Probleme bestehen geblieben sind. Vielfach ist nach wie vor noch unklar, wie genau, in welchem Ausmaß und für welche Zwecke traditionelle Methoden am besten angewendet werden können, zumal diese nicht einer Unterdrückungstaktik als einheitlicher Block gegenüberstehen, sondern wie gesagt historisch regional spezifisch und differenziert vorgelegen haben. Die Methoden einer bestimmten Gruppe können nicht einfach auf Gebiete, die nicht ihrer traditionellen und momentanen Umgebung entsprechen, übertragen werden, ohne adaptiert oder neu konzipiert werden zu müssen, wobei historische Wissensverluste und die Notwendigkeit zur kombinierten Anpassung an neue Erkenntnisstände und Brandbekämpfungsoptionen noch gar nicht mit einkalkuliert sind. Eine entsprechend individualisierte Herangehensweise würde dafür sorgen, dass Gebiete in einen Flickenteppich aus verschiedenen Feuerbewirtschaftungsmaßnahmen zerstückelt werden müssten, damit diese überall optimal wirken können. Dies kann bereits innerhalb eines einzelnen Landkreises der Fall sein.

Forschungsergebnisse zur Brandsituation in vorkolonialer Zeit ergeben zudem ein uneinheitliches und jedenfalls auch nicht ideales Bild (Stephens et al., 2007). So gibt es Fragen bezüglich vermehrter Schäden durch Rauch sowie das nie ganz auszuschließende Risiko, dass Brände außer Kontrolle geraten und bedrohte Pflanzen- und Tierarten durch sie noch mehr gefährdet werden (Armatas et al., 2016). Zwar werden Tiere selten direkt durch Waldbrände getötet; für Naturschutzbemühungen verheerend sind eher indirekte Effekte (Hankins, 2009). So führt Don L. Hankins aus, dass auch kontrollierte Brände für den Verlust von Sassen und Versteckmöglichkeiten von bereits gefährdeten sowie bedrohten Beutetieren sorgen, welche hierdurch mit verstärkter Prädation konfrontiert wären. Auch nach einem kontrollierten Brand nimmt der Konkurrenzkampf um Nahrungsquellen zu, was wiederum zu Verlusten unter der Anzahl an Spezies führen kann. Zu-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

dem ist die Einsetzbarkeit indigener Brandbewirtschaftungsmethoden in nicht-autochthonen Vegetationszusammenhängen, also Baum- und Buschbestände betreffend, die durch die Kolonisten eingebracht wurden und die heute große Teile der Ökosysteme Nordamerikas und Australiens ausmachen, noch nicht geklärt (Trauernicht et al., 2015; Jensen & McPherson, 2008). Schon daraus lässt sich ableiten, dass eine Übertragung der in Nordamerika und Australien gewonnenen Erkenntnisse auf europäische Verhältnisse und speziell auf BNE im schulischen Bereich mit großer Sorgfalt und wissenschaftlich begleitet stattfinden muss.

8.5 Transfer und nachhaltige Entwicklung

Auch in Süddeutschland sind mittlerweile Vegetationsbrände keine Seltenheit mehr, und ein April ohne einen Tropfen Regen sowie springende Wipfelfeuer im Rahmen der bereits beobachteten Ereignisse. Seit den 80er-Jahren durch steigende Temperaturen und wegen zurückgehender Niederschläge zunehmende Dürrephasen sowohl im Sommer wie im Winter verlängern die Brandperiode, also die Zeit, in der auf jeden Fall mit Vegetationsbränden gerechnet werden muss, vom früheren Sommer her gesehen in beide Richtungen und schaffen Situationen, für die es bisher keine Präzedenz gab. Dadurch wird die Antwortfähigkeit zurzeit im Hinblick auf Ausstattung, Ausbildung und Personal sowie methodisch begrenzt.

Es wäre natürlich günstig, wenn man die im indigenen Nordamerika und Australien trotz aller Widerstände graduell auf die Allgemeinheit übergehenden diesbezüglichen Wissensbestände einfach nach Nordeuropa übertragen könnte. Mit einer Wendung zur nachhaltigen Entwicklung würde in diesem Fall gleichzeitig die zweite Leitperspektive des BW-Bildungsplans

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

– Diversität und Toleranz – abgedeckt. Nur gibt es in ganz Deutschland quasi keine Wald- und Vegetationsstrukturen wie in Nordamerika oder Australien, sondern im wesentlichen forstlich bewirtschaftete Nutzflächen. Damit stellen sich auch die Waldbrandbekämpfungsmaßnahmen über weite Strecken anders dar.

Basal identisch ist zunächst einmal nur die Abkehr von der unbedingten Wachstumsgläubigkeit einerseits und andererseits in Sicherheitsfragen zuvörderst die Stärkung des Resilienzgedankens. Die oben genannte Wandelbarkeit ist nicht nur als Vorteil, sondern auch als Nachteil der Integration sowohl in Nordamerika wie auch in Europa zu betrachten. Die Einsichten und Erkenntnisse, auf die sich die traditionellen Methoden des Feuermanagements der Ureinwohner stützen, sind nur sorgfältig adaptiert auf andere Kontexte anzuwenden, da sie auf minutiösen Beobachtungen der spezifischen Umgebungen beruhen (Eriksen & Hankins, 2014; Armatas et al., 2016). Es reicht nicht zu wissen, dass man kontrolliert Brände legen sollte. Es ist essenziell herauszufinden, wo, wann, in welchem Ausmaß, mit welchem Ziel und auf welche Art und Weise dies getan werden muss, um die intendierten Effekte zu erzielen. Zwar sind die große Flexibilität und die Beobachtungs- und Adaptionsfähigkeit der indigenen Feuermanagementmethoden ein großer Vorteil, allerdings kann der Detailreichtum und die Spezifizität der Maßnahmen auch dazu führen, dass es seitens der Behörden und Regierungen eine für diese kaum zu bewältigende Herausforderung wird, sie in bereits bestehende Strategien und Methoden zu integrieren. Die aus der Suppressionsphase bekannten Regulationen (Armatas et al., 2016) sind im Gegensatz zu regional adaptierten indigenen Methoden standardisiert. Sie wurden in der Vergangenheit auf verschiedene Geländeformate und geosoziale Gegebenheiten gleichermaßen angewandt. Es ist insofern logisch, dass selbst Feuerwehren, die bereits ein Grundlagentraining durch

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Waldbrandspezialisten wie @fire erhalten haben, den konkreten Brandfall doch wieder mit Mengen aufgebrachten Löschwassers ersäufen.

Trotzdem könnte die Übertragung indigener Waldbrandbewirtschaftungsmethoden in Gegenden, in denen ähnliche Bedingungen existieren wie Nordamerika, begrenzt Erfolge verzeichnen und dafür sorgen, dass örtliche Ökosysteme besser beschützt werden und Brände weniger verheerende Auswirkungen haben. Die Fähigkeit, Forstökosysteme anders denn als Finanzquelle zu sehen und ihre dynamischen, ineinander vernetzten Begebenheiten zu „lesen“, sowie das Wissen, wann, wo und wie kontrolliert Feuer gelegt werden kann, lassen sich mit dem entsprechenden politischen Willen und wissenschaftlich unterstützt methodisch auf regionale Begebenheiten in Europa transferieren und an hier vorgefundene Umstände im Rahmen neuer, hybrider Systeme auf Nachhaltigkeitsbasis anpassen (Miller et al., 2010; Armatas et al., 2016).

Die Notwendigkeit eines hohen Maßes an Technikkompetenz und eines modernen Risikobewusstseins wird durch eine zugrundegelegte Aufwertung indigener Wissensstände nicht aufgehoben oder auch nur beeinträchtigt, auch wenn eine gewisse Ironie darin liegt, dass die Fortschritte durch das damit aufgegriffene Potenzial letztlich einen Zustand herstellen könnten, den es ohne den von den Kolonisatoren gebrachten Fortschritt schon einmal gab. Dass es sich nicht um eine Rückkehr in einen naturromantischen Ursprungszustand handeln kann, muss in jedem Moment klar sein; dass je nach örtlichen Gegebenheiten wie Bebauung und Bedrohungslage lokal möglicherweise keine Alternative zur Suppressionstaktik besteht, auch.

Die Sprungstelle im System, die mit der Anerkennung der Notwendigkeit einer indigene Wissensstände einbeziehenden Bildung für nachhaltige Entwicklung sichtbar wird, wird sich gleichwohl möglicherweise als groß genug

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

erweisen, um ihrerseits nachhaltig zu wirken. Die schiere Menge und der Grad der Unausweichlichkeit von Reformen nehmen zu; jede Verzögerung erhöht die Kosten, mit denen sich der nächste Satz an politisch Verantwortlichen konfrontiert sehen wird. Es geht darum, darauf hinzuarbeiten, dass es besonders den Leitperspektiven „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ und „Bildung für Toleranz und Vielfalt“ auf längere Sicht so ergeht wie dem einleitenden Absatz der amerikanischen Unabhängigkeitserklärung mit ihrer Prämisse, dass alle Menschen gleich geboren seien, und dass zu ihren unveräußerlichen Rechten Leben, Freiheit und das Streben nach Glück gehöre. Gemeint waren von den Autoren damals eigentlich nur alle anglo-europäischen protestantischen weißen Männer aus der Besitzklasse, und statt „Glück“ hatte im vorletzten Entwurf noch mit der im Kapitalismus ebenso üblichen wie tödlichen Verwechslung „Besitz“ gestanden, aber der Geist war aus der Flasche, und das Versprechen von Freiheit und Gleichheit inspiriert seither überall auf der Welt reformistische und revolutionäre Bewegungen. Und insofern revolutionäre Impulse historisch immer erst dann gegriffen haben, wenn die Verhältnisse bereits in Rutschen gekommen waren, ist es sinnvoll, die Leitperspektiven des Bildungsplans BW 2016 im Blick zu behalten.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

9 Sustainable networked renewable energy systems: challenges and solutions

Prof. Dr. Hermann de Meer, Anna Volkova, Amit Patil & Alexander Kilian, Universität Passau, GfS

The contribution of the energy transition process to environmental and economical sustainability is undisputed. However, the development of a sustainable energy infrastructure is complicated due to many challenges imposed by the multi-dimensional, interdependent and distributed nature of the energy system. Thus, the integration of distributed renewable energy sources requires additional attention to the methods applied for the safe and reliable operation of the energy system and coordination between system components. For example, the distributed energy sources will challenge the assumptions of traditional power grid protection systems that could threaten safety of the energy system. These challenges could be overcome by the use of reliable communication systems. For exceptional situations of disturbances,

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

the contribution of these distributed generators should be considered as a part of the process of system restoration. This requires reliable solutions for the coordination of distributed smart converters as well as overall algorithms for bottom-up power system restoration. At the same time, many additional opportunities can be found to provide sustainable symbiosis of the various critical infrastructures. For example, merging critical infrastructures with high demand, such as data centers, with renewable generation sites allows reducing the carbon footprint by minimizing the distance between energy production and consumption.

9.1 Introduction

As a result of the energy transition, energy distribution systems are evolving into smart sustainable energy distribution systems. Over the coming decades, the number of Renewable Energy Sources (RES), such as distributed generators and storages, will significantly increase. The behavior of loads will also change because of the presence of various assets, such as heat pumps, electrical cars, and power-to-gas units. Information and Communications Technology (ICT) will be used more and more for the monitoring and management of thousands of these distributed energy units.

Integration of RES comes with clear benefits: Reduced CO2 emissions being the most important. Hence, RES are crucial to transform the energy system to a sustainable infrastructure. However, this also introduces several technical challenges. RES come in a range of sizes, from rooftop systems for household use to utility-scale power plants, and therefore impact the power generation differently. By nature of these sources, e.g., solar

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

energy, they are only intermittently available. Therefore, the traditional assumption that generation follows demand is no longer true. Furthermore, it is also possible that generation is higher than the demand, e.g., on a windy or sunny day. This may cause the direction of the power flow to reverse, as power may be fed back into the grid. This power flow reversal may cause unintended behavior in the power grid, such as the separation of parts of the power grid, and as a result, a blackout.

Such unintended behavior of the power flow and general differences in technological and operational properties of RES are part of the core challenges to be solved to reach a stable sustainable RES-enabled distribution grid. On the one hand, these challenges can be resolved by introducing smart converters, power electronic solutions used to connect RES to the power grid. On the other hand, advanced communication network architectures can be introduced to enable transfer of signals to adapt and remedy the situation. However, such communication will have strict performance constraints as faults in the power grid must be cleared in the range of a few seconds.

Furthermore, modern energy systems can contribute to sustainability even more by shifting high demands closer to the generation sites. This can be done, for example, by considering data centers as candidates for demand response schemes (Basmadjian et al., 2018). Data centers consume a significant amount of energy while being very well capable of adapting their total power profile. These properties pave the way for data centers to act as a flexibility resource in the future power grid architecture, as they are able to increase their power demand during periods of excess renewable power generation, and to reduce their power demand otherwise. In the light of increasing power requirements for data center applications due to advances in the field of computer science and digitalization over the

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

last decades, this is especially interesting for situations where data centers are deployed nearby RES and are operated using almost exclusively the volatile power on site.

In the following sections, more details on each of the mentioned challenges are provided and potential solutions required to reach a stable renewable energy distribution system are discussed.

9.2 Challenges and solutions in sustainable energy systems

9.2.1 Enabling blackstart in renewable energy systems

In order to reach a resilient renewable power grid operation, the physical characteristics and control responses of remaining conventional synchronous turbine generators, such as hydro plants, as well as those of various converter-based RES must be combined. Thus, in addition to coupling RES to the grid, converters should also provide essential services for the power grid and controllability of the RES. These services are necessary to maintain a stable operation of the power grid, which were previously provided only by conventional synchronous generators. Some examples of these services are frequency control, voltage control, and short-circuit current.

With the shift from a traditional synchronous-generator-dominated power grid towards converter-interfaced RES, the power grid has to maintain its operation under low-inertia conditions. Under these circumstances, a

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

small disturbance will result in significant fluctuations and deviations in the grid frequency, which could even cause the power system to collapse. In order to avoid this state, resilience of the system should be improved. The resilience of an infrastructure is defined as:

> the ability to reduce the magnitude and/or duration of disruptive events. The effectiveness of a resilient infrastructure or enterprise depends upon its ability to anticipate, absorb, adapt to, and/or rapidly recover from a potentially disruptive event (NIAC, 2009).

Figure 9.1 presents these phases and how the system performance is affected during each phase.

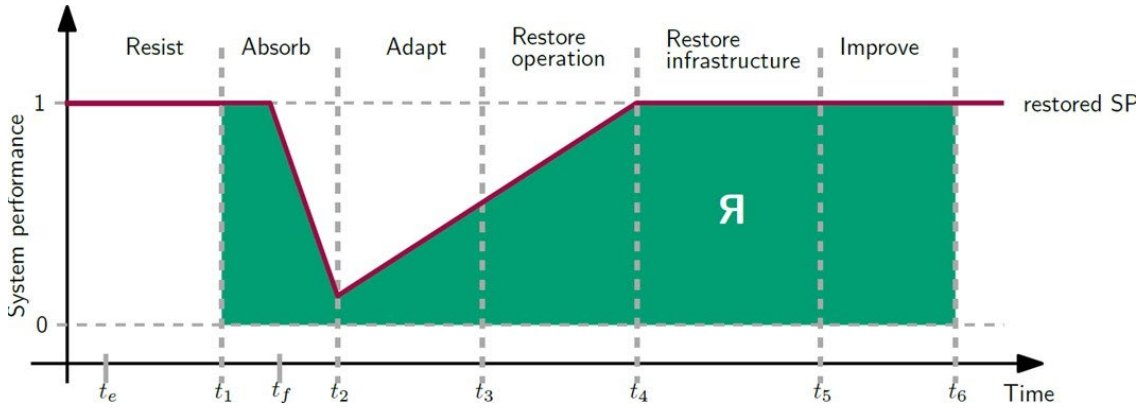


Bild 9.1: Concept of resilience (Source: Project DFG SPP 1984 Multi-Resilience)

However, in the worst-case scenario, the response from resilience-preserving measures may not be sufficient and the power system needs to be restored. The process of restarting an electric power plant or a section of an electric grid without using an external transmission network is referred to as a blackstart. Since there is no off-site power supply from the grid in the event of a widespread outage, a blackstart must be carried out to bootstrap the power grid into action when there is no grid power available.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

This process is becoming challenging in the presence of volatile RES, because such generation sites can only be flexible within a certain range (NETZ:KRAFT, 2023). In order to enable blackstart of a distribution system with high RES penetration, both power electronic and algorithmic solutions are required. From the power electronic solutions, converters with grid-forming features should be introduced. Currently, the majority of the deployed converters operate in a grid-following mode, which requires external references for a stable operation. Due to its dependence on external sources to control core system variables, such as voltage and frequency, grid-following inverters may only be able to provide limited blackstart support. Contrarily, inverter-based grid-forming sources would be employed to set reference values, such as frequency and control voltage, on their own, making them potentially suitable for both blackstart capability and system restoration after a blackout (Yashen et al., 2020).

Further solutions should consider coordination approaches for the distributed restoration of the RES-enabled system. Apart from enabling blackstart of particular RES and supplying loads around these active generation units, the overall restoration process should be capable of extending and synchronizing formed small supplied grids across a wide area until all the loads are restored. Therefore, a delicate coordination is needed between the electrical grid and the communication network to enable smooth restoration and reliable exchange of the system reference values. This is difficult, especially for future power grid infrastructures that need to closely monitor power supply and demand. The electrical grid and the communication network must both be restored to full operation simultaneously, considering the interdependence between both networks. Therefore, it is necessary to fit the power grid's individual units' features to their communication needs.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

In the project „Multi-Objective Black-Start in ICT-reliant Renewable Energy Systems“, funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft as part of the priority program DFG SPP 1984 - Hybrid and Multimodal Energy Systems: System theory methods for the transformation and operation of complex networks, feasibility of creating, developing, and implementing a flexible blackstart system from the viewpoints of the power grid and ICT is reviewed and proven. It is approached by developing a common multi-agent-based optimization scheme for recovering an ICT-reliant, highly interconnected and interdependent multi-modal energy system (Stark et al., 2021).

Further studies in the domain of blackstart are completed within the project „Empowering local renewable energy communities for the decarbonisation of the energy systems – LocalRes“, funded by the European Union‘s Horizon 2020 research and innovation programme. In this project, an online control sequence is developed to optimize the operation of grid-forming converters in an islanded grid. The developed technology will be tested in four exemplary trials, one of those, Ollersdorf, is located in Austria.

9.2.2 Protecting the energy system using RES

Faults are frequently occurring abnormal conditions in the power grid. Faults should be cleared as soon as possible as they may cause damage to the system and also pose a threat to life. Typically, a protection system is in place to disconnect the faulty part of the system. This system operates based on fault current or short-circuit current. This current is of high magnitude and forces protection devices to open and disconnect the faulty part of the system. This current has so far been provided by conventional synchronous generators in the high voltage level. The fault current would

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

flow towards the fault location and trip the protection device closest to the fault. When the fault is in the distribution grid level (typically medium to low voltage), the current flows downstream from the generators to the fault, isolating the faulty part of the network by operating the protection devices. These protection devices have had pre-defined settings, i.e., the current setting at which the protection device would operate. This is because the change in the distribution grid current flows has remained minimal (in the order of few amperes), even in the case of the additional loads being added over the years. In contrast, fault currents may have a magnitude in the order of a few thousand amperes.

The major challenge arises with the integration of RES. As the source of energy changes from centralized synchronous generators to distributed RES, the fault current flow is no longer only downstream from a single-source, but rather distributed from the RES. RES in particular, due to their distributed nature, could have the adverse impact of reducing the magnitude of short-circuit current from the upstream grid. This phenomenon is known as protection blinding, where the protection device that is intended to operate either operates late or does not operate at all. The phenomenon of blinding is shown in Figure 9.2.

The figure shows a fault scenario with a RES placed between a protection device and a fault. If the RES supplies current, the current from the external grid will be reduced. The reduced current could prevent the protection device from operating. This may have catastrophic consequences on the power system, as the fault persists in the system.

This highlights the need for a communication network in the face of integration of RES. A communication network would enable the detection of faults and adaptation of the protection devices to different fault sce-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

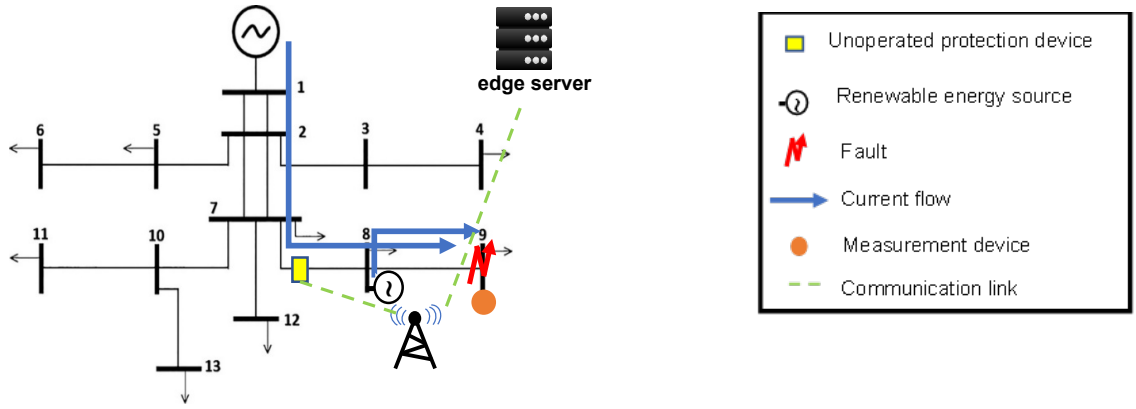


Bild 9.2: Protection blinding due to RES and a solution using a communication network

narios. Detection of faults requires measurements from the power grid. These measurements are obtained from sensors which record the voltage and current at several points in the grid. These sensors may send measurements frequently in order to detect the fault condition. If a fault is detected, a signal is sent to protection devices to operate. The fault is then isolated as the protection device operates. This fault isolation and clearing process occurs in the order of milliseconds to seconds. Hence, the communication network latency must be as low as possible. Furthermore, in order to guarantee that sufficient measurements are received and the control actions such as operating a protection device are reliably executed, the communication network must be dependable.

In the project „ResiServD – Resilience in distributed, multimodal and ICT based energy systems“, funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft as part of the priority program DFG SPP 1984 - Hybrid and Multimodal Energy Systems: System theory methods for the transformation and operation of complex networks, suitable modeling methods to capture this scenario, in terms of communication network performance, consequences on power system, and improvement of the overall robustness are being in-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

vestigated (Patil et al., 2020). Modeling methods are used to capture the impact of various parameters such as fault impedance and RES on fault clearing time and quantify the system's resilience. Furthermore, optimization methods are used to identify how the robustness of a system against such protection blinding scenarios can be improved. The overall objective is to identify and model how the protection system can be modeled and its overall resilience be improved in face of changes and challenges faced by the system.

9.3 Next steps in improving sustainability of RES-enabled energy systems

Ever-increasing energy demand due to digitalization does not imply that there are no ways to improve sustainability on a broad scale. For example, such demands as for High-Performance Computing (HPC). HPC is a vital tool in scientific research, but at the same time the increase of data processing and compute jobs results in an increase of power demand. Data centers with high-energy supercomputers produce a significant amount of CO2.

The sustainability of HPC clusters can be improved by shifting their location closer to the RES. „Energy-optimized supercomputer networks using wind energy“ (ESN4NW), funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), is a countrywide cluster project and aims at the feasibility of tapping wind energy to provide sustainable computing, while simultaneously ensuring maximum performance. The objective of ESN4NW is to research and demonstrate the potential of wind turbines

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

that house HPC data centers and supply them with the wind power generated on site by developing the corresponding infrastructure for an HPC cluster distributed and operated in various wind turbines across the nation. The infrastructure is supposed to continuously adjust the system utilization of the HPC cluster according to the fluctuating, locally available wind power. This allows a direct and low-loss supply with renewable energy. In particular, the curtailment of wind power can be vastly decreased. Besides the energy-related management of the data center, there is another crucial aspect that needs to be taken into account. Due to the high power demand of the IT resources, a huge amount of said power is dissipated. For the resulting waste heat to be discharged, the physical environment of the data centers is exploited: the tower of the respective wind turbine can act as a heat sink. In addition, this serves the purpose of a heat flexibility reserve for potential heat customers. Nonetheless, thermal limits need to be taken into consideration, and so, both the energy-related and the thermal management of a distributed HPC cluster have to be investigated and controlled.

Due to the high complexity of this innovative HPC architecture and the involvement of the likewise complex energy system, data-driven methods and artificial intelligence are applied to model and control the distributed HPC cluster. The control strategy is the energy- and thermal-aware scheduling and activation of HPC IT resources under several constraints, e.g., maximum available wind power, number and type of compute jobs to execute, thermal constraints, etc. Apart from the total operational CO2 emissions, the carbon footprint of the dedicated digital twin and the training process need to be incorporated into the sustainability assessment of the proposed HPC architecture as well.

The main goals of the project ESN4NW are to guarantee technical and

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

economic feasibility, the maximum use of RES, and the improvement of the carbon footprint as well as the overall sustainability during the life cycle. Furthermore, this novel green HPC architecture has the potential to be commercially successful as well, and to further fuel the ambition of a worldwide energy transition.

9.4 Conclusion

The sustainability of the power distribution grid has been significantly improved over the last decade and will only increase in the future. One of the key enablers of the transition from the conventional to a sustainable energy system are RES. Since RES may vary in size, type, and therefore behavior in the system, there are multiple challenges on supporting a stable system operation, especially in the emergency situations such as blackouts. On one hand, power electronic solutions such as grid-forming converters can enable active response of the RES during a blackout. On the other hand, operation of grid-forming converters should be coordinated on a wide-area with the help of ICT to completely recover the system to the normal operation. Furthermore, the protection system will fundamentally change, with RES providing fault current and challenging the traditional operation of the system. A communication network supporting the protection system would tackle several issues caused due to the changing grid, primarily by operating the protection devices in an online manner. At last, sustainability can be further improved by exploiting the potential of power profile adaptation of data centers and, with that, maximizing the utilization of RES.

This work was funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG,

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

German Research Foundation) – project numbers 360475113 and 360352892 – as part of the priority program DFG SPP 1984 – Hybrid and Multimodal Energy Systems: System theory methods for the transformation and operation of complex networks, and by the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF), under grant agreement no. 16ME0619, within the project ESN4NW.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

10 Abschluss des Symposions

Prof. Ing. Juraj Sinay, Dr. Sc. Fakultät für Sicherheitstechnik der Technischen Universität in Ostrava/CZE, Vizepräsident der GfS

Derzeit gehen eine Reihe von Zukunftsprojekten zur Weiterentwicklung der Gesellschaft von der Bedingung aus, die Zukunft der Gesellschaft so zu sichern, dass die Lebensbedingungen und Bedürfnisse künftiger Generationen gesichert sind. Diese Aktivitäten werden als Bedingungen für eine nachhaltige Entwicklung bezeichnet. Sie sind Teil einer Reihe von Entwicklungsprojekten. So hat die EU beispielsweise ihr strategisches Programm bis 2027 als „Recovery and Resilience Fund“ formuliert, dessen Ziel die nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft ist.

Nachhaltigkeit kann nicht erreicht werden, ohne die Bedingungen für sichere Aktivitäten zu schaffen.

Die Fachbeiträge des Symposions der Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft vom 23. und 24. Mai 2023 in Wien – im Rahmen des Forums Prävention der AUVA – haben gezeigt, wie nach Lösungen gesucht werden kann, um Verfahren für den Einsatz neuer Techniken und Verfahren zur Gewährleistung von Bedingungen für eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft unter Berücksichtigung der Minimierung von Risiken zu erreichen.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Die Sicherheit und der Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer ist ein Schlüsselfaktor für nachhaltige Lösungen im ökologischen, ökonomischen und sozialen Umfeld. Die Vernachlässigung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes würden die kontinuierliche Verbesserung der Lebensbedingungen negativ beeinflussen. Richtig koordinierte politische Maßnahmen müssen eine gemeinsame Anstrengung der beteiligten gesellschaftlichen Akteure sein. Hierbei sind die Erfahrungen jener Länder zu berücksichtigen, in denen Arbeits- und Gesundheitsschutz bereits ein Teil der erfolgreichen Volkswirtschaft ist. Bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Risikominimierung sind auch neue Möglichkeiten des Einsatzes von Informationstechnik zu berücksichtigen. Bei der Informationsgewinnung ist Feedback aus der Praxis wichtig. Dies ist eine Voraussetzung für eine effektive Wissens- und Kompetenzvermittlung und gleichzeitig ein Bestandteil von Vorgehensweisen zur Sicherstellung nachhaltiger Lösungen in der Entwicklung der Gesellschaft. Der Aufbau von Informationsnetzwerken gehört dazu, die für alle Beteiligten zugänglich sind sowie eine schnelle Rückmeldung und Wissensverbreitung ermöglichen, um mit den schnellen Veränderungen in der Gesellschaft Schritt halten zu können. Die Integration genau analysierter regionaler, branchenspezifischer Arbeitsschutzbedürfnisse bietet eine Chance, die Schwächsten zu schützen und zur Verbesserung der Lebensbedingungen als Voraussetzung für nachhaltige Entwicklung und damit zur Verbesserung der Lebensbedingungen aller Menschen beizutragen.

Bedingungen für eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft sind Gegenstand der Forschung an verschiedenen Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen. Die Forschung muss sich auf reale Fakten des gesellschaftlichen Lebens stützen, deren Kenntnis die Voraussetzungen für die Formulierung konkreter Verfahren zur Gewährleistung einer nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft in all ihren Bereichen schafft. Dabei ist es wich-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

tig, von analytischen, zielgerichteten Informationen auszugehen, die die Wechselwirkungen zwischen dem Faktor Mensch und dem Faktor Umwelt berücksichtigen. Dabei wird auf die Verbindung von Anforderungen an Arbeitssicherheit und Umweltschutz geachtet, um neue Risiken sowie Anforderungen an das Umweltmanagement zu definieren.

Die nachhaltige Entwicklung des Unternehmens wird durch eine Reihe von Faktoren bestimmt, wobei einer der strategischen Gründe darin besteht, die Verfügbarkeit einer ausreichenden Menge an Strom sicherzustellen. Ihr Mangel stellt die Gesellschaft vor Risiken für die Schaffung von Bedingungen für ein sicheres Leben in allen ihren Bereichen. Es sind Fälle von Stromausfällen in Ballungsräumen bekannt, in denen das öffentliche Leben in der Folge zusammenbrach. Aus diesem Grund muss im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft dem Bereich „Energie“ Beachtung gewidmet werden. Dies ist vor allem der Bereich der Haushaltsbeheizung und Bereitstellung von Voraussetzungen für eine funktionale Mobilität, wo sich der größte Ersatzbedarf des bisher genutzten, in Form fossiler Ressourcen gesicherten Energiepotenzials zeigt. Beispiele sind der Einsatz von Wärmepumpen zum Heizen von Gebäuden und die E-Mobilität, bei der fossile Brennstoffe ausgeschlossen sind. Die Erfahrung bestätigt, dass dieser Ersatz den Gehalt an CO_2-Emissionen reduziert und die Effizienz der technischen Ausstattung erhöht, sofern eine ausreichende Menge an „grüner“ oder emissionsarmer Energie zur Verfügung steht.

Der Beitrag des Prozesses zur Sicherstellung eines ausreichenden Energiemixes unter Berücksichtigung ökologischer Kriterien und der ökonomisch nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft ist unbestritten. Die Integration dezentraler „erneuerbarer“ Energiequellen erfordert die Beachtung von Methoden zur Risikominimierung. Ein wichtiger Bereich ist sichere und zuverlässige kritische Infrastruktur. Der Informations- und Kommunikati-

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

onstechnik muss Aufmerksamkeit geschenkt werden. Mit ihrer Hilfe können Maßnahmen zur Reduzierung des CO_2 umgesetzt werden, während es derzeit vor allem um Wasserstofftechnologien und ihren Einsatz in allen Bereichen der Industrie, Energie und Mobilität geht.

Die Sicherung der sozialen Nachhaltigkeit als Teil der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen setzt eine Konzentration auf den Menschen und die Arbeitsorganisation voraus. Dies sind vor allem die Bereiche Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, „Changemanagement“ und gesteuerte Kommunikationsprozesse zur Minimierung von Umwelt- bzw. Ökorisiken. Immer mehr Unternehmen richten ihre Produktion auf Veränderungen sowohl im Anwendungsbereich digitaler Lösungen als auch ökologischer Technik aus. Es geht um Transformationsprozesse, die Teil der Entscheidungen von Unternehmensmanagement sind, mit dem Ziel, ihre nachhaltige Entwicklung und ihren Wohlstand zu sichern. Die Sicherung der nachhaltigen Entwicklung und damit des Unternehmenserfolgs hängt von der Freisetzung des menschlichen Potenzials zur Bewältigung aller Herausforderungen ab, die in direktem Zusammenhang mit diesen Prozessen stehen. Davon ausgehend, dass die Minimierung von Risiken Teil einer nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft ist, müssen Themen, die ihnen beim Erwerb von Fähigkeiten und vor allem Kompetenzen helfen, auch Teil der Ausbildung von Experten sein. Diese Tendenzen sind seit mehreren Jahren Teil der Bildungssysteme in verschiedenen Ländern. Die aktuellen Anforderungen an die Entwicklung einer zukunftsfähigen Gesellschaft bestätigen die Notwendigkeit, sich intensiv mit der Wirksamkeit der Wissens- und anschließenden Kompetenzvermittlung an Experten auseinanderzusetzen, damit die anschließend erworbenen Kompetenzen deren Beteiligung an zukunftsfähigen Lösungsprozessen in allen gesellschaftlichen Bereichen ermöglichen.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Literaturverzeichnis

Ackerman, E. (2022). Robots Build Large Structures with Brick and Concrete. *IEEE Spektrum*, retrieved 14 November 2022, from `https://spectrum.ieee.org/robots-do-construction-with-brick-and-concrete`.

AGEB (2023). *Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 bis 2021* (Stand: September 2022). AG Energiebilanzen, Abgerufen am 21. April 2023, von `https//ag-energiebilanzen.de`.

Aikenhead, G. S. & Ogawa, M. (2007). Indigenous Knowledge and Science Revisited. *Cultural Studies of Science Education*, *2*, 539–620. `https://doi.org/10.1007/s11422-007-9067-8`.

Altun, U., Hartmann, V., & Hille, S. (2020). Gestaltung mobiler Arbeit. *Leistung & Entgelt*, *2*, 3–46.

AMI (2022). *Materials 2030 Manifesto. Systemic Approach of Advanced Materials for Prosperity – A 2030 Perspective.* retrieved 14 November 2022, from `https://www.ami2030.eu/wp-content/uploads/2022/06/advanced-materials-2030-manifesto-Published-on-7-Feb-2022.pdf`.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Anderson, K. (2005). *Tending the Wild: Native American Knowledge and the Management of California's Natural Resources*. Berkeley: UCP.

A/RES/70/1 (2015). *Resolution der Generalversammlung*. Vereinte Nationen, verabschiedet am 25. September 2015, `https://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf`.

Armatas, C. A., Venn, T. J., McBride, B. B., Watson, A. E., & Carver, S. J. (2016). Opportunities to utilize traditional phenological knowledge to support adaptive management of social-ecological systems vulnerable to changes in climate and fire regimes. *Ecology and Society*, *21*(1), 16–26. `http://dx.doi.org/10.5751/ES-07905-210116`.

Bakeer, T., Fuchs, C., Jäger, W., & Schöps, P. (2009). Neue Wege zur seismischen Ertüchtigung von Weltkulturerbe im Lehmbau: Das Beispiel der Zitadelle von Bam, Iran. *Bautechnik*, *11*, 695–703. `https://doi.org/10.1002/bate.200910068`.

Basmadjian, R., Botero, J. F., Giuliani, G., Hesselbach, X., Klingert, S., & de Meer, H. (2018). Making Data Centers Fit for Demand Response: Introducing GreenSDA and GreenSLA Contracts. *IEEE Transactions on Smart Grid*, *9*(4), 3453–3464.

Baumann, S. (2022). *Zukunftsstrategie und Marktentwicklung Halbleiterindustrie Deutschland und Europa*. Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, veröffentlicht im Juni 2021.

BDA (2021). Arbeitsforschung 2021+: Welche Forschungsfragen bewegen die Arbeitgeber und wie sieht die Arbeitswelt der Zukunft aus? Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA); *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, *75*, 127–136.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Birch, E. L. & Wachter, S. M. (2006). *Rebuilding Urban Places After Disaster: Lessons from Hurricane Katrina*. Philadelphia: Pennsylvania UP.

Briggs, J. (2005). The Use of Indigenous Knowledge in Development: Problems and Challenges. *Progress in Development Studies*, *5*, 99–114.

Bright, C., Leecy, Y., & Lynch, A. (2023). Indian Country Women Leading in Prescribed Fire. *Bureau of Indian Affairs*, abgerufen am 31. März 2023, von `www.bia.gov/bia/ots/dfwfm/bwfm/forestry-fire-management-stories/indian-country-women-leading-prescribed-fire`.

Broyles, R. (2017). Seminole Tribe of Florida Using Water and Fire to Restore Landscapes While Training Wildland Firefighters. *Bureau of Indian Affairs*, abgerufen am 31. März 2023, von `www.bia.gov/bia/ots/dfwfm/bwfm/forestry-fire-management-stories/seminole-tribe-florida-using-water-and-fire`.

Bruinen de Bruin, Y., Franco, A., Ahrens, A., Morris, A., Verhagen, H., Kephalopoulos, S., Dulio, V., Slobodnik, J., Sijm, D., Vermeire, T., Ito, T., Takaki, K., De Mello, J., Bessems, J., Zare Jeddi, M., Tanarro Gozalo, C., Pollard, K., McCourt, J., & Fantke, P. (2022). Enhancing the use of exposure science across EU chemical policies as part of the European Exposure Science Strategy 2020-2030. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, *32*(4), 513–525 `https://doi.org/10.1038/s41370-021-00388-4`.

Buchter, H. (2023). Die Stadt, die dem Hurricane trotzte. *Die ZEIT*. 6, 29.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

BusinessEurope (2022). *Digital Product Passport* (BusinessEurope position paper). retrieved 27 October 2022, from `https://www.businesseurope.eu/sites/buseur/files/media/position_papers/iaco/2022-02_businesseurope_position_paper_on_digital_product_passport.pdf`.

Carroll, M. S., Cohn, P. J., Paveglio, T. B., Drader, D. R., & Jakes, P. J. (2010). Fire Burners to Firefighters: the Nez Perce and Fire. *Journal of Forestry*, *108*(2), 71–76.

Caverley, N., Langlois, B., Krishnaswamy, A., Cunningham, B., MacGregor, J., Eustache, J., Carlson, M., & Strobl, K. (2013). Understanding Occupational Health and Safety Culture for BC Aboriginal Fire Crews and Emergency Service Personnel: Research Update. *Journal of Ecosystems and Management*, *14*(1), 1–3.

CCOHS (2022). *Introducing New Technology at the Workplace* (OHS Answers Fact Sheets). Canadian Centre for Occupational Health and Safety, retrieved 26 October 2022, from `https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/new_technology.html?=undefined&wbdisable=true`.

Charef, R., Morel, J.-C., & Rakhshan, K. (2021). Barriers to Implementing the Circular Economy in the Construction Industry: A Critical Review. *Sustainability*, *13*, 12989 `https://doi.org/10.3390/su132312989`.

Christianson, A., McGee, T. K., & L'Hirondelle, L. (2013). How Historic and Current Wildfire Experiences in an Aboriginal Community Influence Mitigation Preferences. *International Journal of Wildland Fire*, *22*(4), 527–536.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Corradini, C., Morris, D., & Vanino, E. (2022). Towards a regional approach for skills policy. *Regional Studies*, https://doi.org/10.1080/00343404.2022.2031950.

de Olivera, A. (2022). *USFS Fire Crew Internship.* College of the Environment Internship Reports. 78. https://cedar.wwu.edu/cenv_internship/78.

Desmond, M. (2007). *On the Fireline: Living and Dying with Wildland Firefighters (Fieldwork Encounters and Discoveries).* Chicago: UP.

DGIP (2022a). *Assessment of current initiatives of the European Commission on better regulation.* Directorate-General for Internal Policies, retrieved 27 October 2022, from https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2022/734766/IPOL_IDA(2022)734766_EN.pdf.

DGIP (2022b). *Unionisation and the twin transition. Good practices in collective action and employee involvement.* Directorate-General for Internal Policies, retrieved 27 October 2022, from https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/733972/IPOL_STU(2022)733972_EN.pdf.

DGUV (2016). Neue Formen der Arbeit – Neue Formen der Prävention. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin, abgerufen am 12. März 2023 https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3112.

DIN EN ISO 12100 (2010). *Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung.* Beuth.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

DIN EN ISO 26800 (2011). *Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte*. Beuth.

Donovan, G. H. & Brown, T. C. (2007). Be Careful what you wish for: the Legacy of Smokey the Bear. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *5*(2), 73–79.

EESC (2022). *Labour mobility should not be a quick fix for worker shortages*. European Economic and Social Committee, retrieved 27 October 2022, from `https://www.eesc.europa.eu/en/news-media/news/labour-mobility-should-not-be-quick-fix-worker-shortages`.

Egan, G. (2009). *The Skilled Helper: A Problem-Management and Opportunity-Development Approach to Helping*. Pacific Grove: Brooks/Cole Publishing Company.

Ehrhardt, M. (2021). *Der blockierte Suezkanal und die Weltwirtschaft*. Deutsche Welle, veröffentlicht am 25. März 2021, von `https://p.dw.com/p/3r7Zr`.

EPC (2021). *A just energy transition: Tapping into a century of ideas*. European Policy Centre, retrieved 14 November 2022, from `https://www.epc.eu/content/PDF/2021/Energy_transition_DP.pdf`.

EPRS (2022). *AI and digital tools in workplace management and evaluation*. European Parliamentary Research Service, retrieved 26 October 2022, from `https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/729516/EPRS_STU(2022)729516_EN.pdf`.

Eriksen, C. & Adams, M. (2010). Indigenous Environmental Knowledge. *Encyclopedia of Geography*, SAGE Publications. Veröffentlicht

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

am 02.10.2010, auf https://sk.sagepub.com/reference/geography/n626.xml.

Eriksen, C. & Hankins, D. L. (2014). The Retention, Revival, and Subjugation of Indigenous Fire Knowledge Through Agency Fire Fighting in Eastern Australia and California. *Society and Natural Resources*, *27*(12), 18.

ETUC (2021a). *ETUC resolution on Fit for 55 package.* European Trade Union Confederation, retrieved 27 October 2022, from https://www.etuc.org/sites/default/files/document/file/2021-03/ETUC%20resolution%20on%20Fit%20for%2055%20Package.pdf.

ETUC (2021b). *European Social Partners' project on circular economy and the world of work* (Final report). European Trade Union Confederation, retrieved 26 October 2022, from https://resourcecentre.etuc.org/sites/default/files/2021-10/Brochure%20Final%20report%20circular%20ecenomy_EN_v4_bis_compressed.pdf.

ETUI (2022). *Occupational safety and health in 2040: Four scenarios.* European Trade Union Institute, retrieved 26 October 2022, from https://www.etui.org/publications/guides/occupational-safety-and-health-in-2040-four-scenarios.

EU-OSHA (2009). *Workforce diversity and risk assessment: Ensuring everyone is covered.* European Agency for Safety and Health at Work, available at: https://osha.europa.eu.

EU-OSHA (2018). *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025.* European Agency for Safety and Health at Work, available at:

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

https://osha.europa.eu/sites/default/files/Foresight_new_OSH_risks_2025_report.pdf.

EU-OSHA (2019). *The impact of using exoskeletons on occupational safety and health.* European Agency for Safety and Health at Work, available at: https://osha.europa.eu/en/publications/impact-using-exoskeletons-occupational-safety-and-health.

EU-OSHA (2021). *Impact of artificial intelligence on occupational health and safety.* European Agency for Safety and Health at Work, available at: https://osha.europa.eu.

EU-OSHA (2022). *Artificial intelligence for worker management: an overview, 2022.* European Agency for Safety and Health at Work, available at: https://osha.europa.eu/sites/default/files/artificial-inteligence-worker-management_en.pdf.

EU-OSHA (2023). *Foresight on the circular economy and its effects on occupational safety and health: Phase 2 – micro-scenarios.* European Agency for Safety and Health at Work, available at: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Foresight_new_OSH_risks_2025_report.pdf.

EURactiv (2022). *Eight EU countries push back against stricter conditions for platform workers' status.* retrieved 21 October 2022, from https://www.euractiv.com/section/sharing-economy/news/.

European Commission (2020). *European Commission adopted Report on the Impact of Demographic Change in Europe.* retrieved 18 November 2022, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1056.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

European Commission (2021). *Commission takes action to improve lifelong learning and employability.* retrieved 27 October 2022, from `https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_6476`.

European Commission (2022). *Chemicals legislation – revision of REACH Regulation to help achieve a toxic-free environment.* retrieved 26 October 2022, from `https://ec.europa.eu/info`.

Europäische Kommission (2023). *A European Green Deal: Striving to be the first climate-neutral continent.* Europäische Kommission, abgerufen am 17 Mai 2023, von `https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en`.

Eurostat (2022). *Duration of working life: how long in 2021?* retrieved 18 November 2022, from `https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220706-1`.

FEPS (2022). *The Circular Economy and Green Jobs in the EU and Beyond.* Foundation for European Progressive Studies, retrieved 27 October 2022, from `https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/220224_circular_economy_final_book.pdf`.

Festag, S., Bollmann, U., Hauff, H., Hochbruck, W., Kirchner, C.-J., Malisa, V., Renn, O., Radandt, S., Sinay, J., & Stoll, W. (2022). *Die Bildung von Risikokompetenz zur Unterstützung der Nachhaltigkeit und Technikfolgenabschätzung in der Gesellschaft.* GfS nimmt Stellung, Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft, veröffentlicht am 20. Juli 2022, von `https://gfs-aktuell.de`.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Geigle Safety Group (2020). *OSH Academy Course 815 Study Guide. Demolition Safety.* retrieved 26 October 2022, from `https://www.oshatrain.org/courses/studyguides/815studyguide.pdf`.

Gerstl, S. (2022). *Der wahre Grund für den Chipmangel in der Autoindustrie.* ElektronikPraxis, veröffentlicht am 27. Januar 2022, von `https://www.elektronikpraxis.de/der-wahre-grund-fuer-den-chipmangel-in-der-autoindustrie`.

GfA (2021). Return on Prevention 2.0, Kosten und Nutzen von Arbeitsschutzmanagementsystemen für Unternehmen. Selbstverständnis der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA). Sankt Augustin.

Goldammer, J. G. (1999). Forests on Fire. *Science*, *284* (5421), 1782–1783. *DOI* : *doi.org*/10.1126/*science*.284.5421.1782*a*.

Goldammer, J. G. (2006). Fire Ecology of the Recent Anthropocene. In E. Ehlers & T. Krafft (Eds.), *Earth System Science in the Anthropocene. Emerging Issues and Problems* (63–85). Springer. `https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2_8`.

Grenier, L. (1998). *Working with Indigenous Knowledge. A Guide for Researchers.* Ottawa: International Development Research Centre.

Grober, U. (2013). Urtexte – Carlowitz und die Quellen unseres Nachhaltigkeitsbegriffs. *Natur und Landschaft*, *2*, 46.

Haigh, L., de Wit, M., Russel, M., Fraser, M., Kouloumpi, I., & Robinson, B. (2022). *Why we need to rethink the technical circular economy. A circular economy fit for the 21st-century.* retrieved 1 December 2022, from `https://www.circle-economy.com/blogs/why-we-need-to-rethink-the-technical-circular-economy`.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Hankins, D. L. (2009). The Effects of Indigenous Prescribed Fire on Herpetofauna and Small Mammals in Two Central Valley California Riparian Ecosystems. *The California Geographer*, *49*, 31–50.

Hille, S., Börkircher, M., & Jeske, T. (2020). Produktionsarbeit und Führung in der Industrie 4.0. *Betriebspraxis & Arbeitsforschung*, *223*, 27-31.

HRW (2021). *Q&A: How the EU's Flawed Artificial Intelligence Regulation Endangers the Social Safety Net.* Human Rights Watch, retrieved 27 October 2022, from `https://www.hrw.org/sites/default/files/media_2021/11/202111hrw_eu_ai_regulation_qa_0.pdf`.

Huchler, N., Adolph, L., Andre, E., Bauer, W., Bender, N., Müller, N. and-Neuburger, R., Peissner, M., Steil, J., Stowasser, S., & Suchy, O. (2020). Kriterien für die Mensch-Maschine-Interaktion bei KI. Ansätze für die menschengerechte Gestaltung in der Arbeitswelt. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München.

ICOH (2022). *ICOH Statement on Protecting the Occupational Safety and Health of Migrant Workers.* International Commission on Occupational Health, retrieved 18 November 2022, from `https://doi.org/10.1016/j.shaw.2022.06.004`.

ILO (2019). *Safety and health at the heart of the Future of Work: building on 100 years of experience.* International Labour Organization, retrieved 26 October 2022, from `https://www.ilo.org/safework/events/safeday/WCMS_686645/lang--en/index.htm`.

ILO (2022a). *A Focus on the Most Vulnerable Workers Across the Globe.* International Labour Organization, retrieved 18 November 2022, from `https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/genericdocument/wcms_715009.pdf`.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

ILO (2022b). *Frequently Asked Questions on just transition.* International Labour Organization, retrieved 27 October 2022, from https://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/WCMS_824102/lang--en/index.htm.

Jensen, S. E. & McPherson, G. R. (2008). *Living with Fire: Fire Ecology and Policy for the Twenty-first Century.* California: UP. www.jstor.org/stable/10.1525/j.ctt1pp201.

JRC (2022a). *Safe and sustainable by design chemicals and materials.* Joint Research Centre, retrieved 27 October 2022, from https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/567e3b0f-a66a-11ec-83e1-01aa75ed71a1/language-en.

JRC (2022b). *Towards a green & digital future.* Joint Research Centre, retrieved 27 October 2022, from https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC129319/kjna31075enn_1.pdf.

Kauffeld, S., Tartler, D., & Gräfe, H. e. a. (2022). What will mobile and virtual work look like in the future? – Results of a Delphi-based study. *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie*, *53*, 189–214 https://doi.org/10.1007/s11612-022-00627-8.

Kern, P. & Schmauder, M. (2005). *Einführung in den Arbeitsschutz: Für Studium und Betriebspraxis.* Hanser.

KOM(2001)264 (2015). *Nachhaltige Entwicklung in Europa für eine bessere Welt: Strategie der Europäischen Union für die nachhaltige Entwicklung* (Mitteilung der Kommission). Kommission der europäischen

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Gemeinschaften, Verabschiedet am 15 Mai 2015, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52001DC0264.

Krol, D. U. & Herrera, A. (2018). California wildfires weren't always this destructive. *High Country News* Veröffentlicht am 15.11.2018, auf www.hcn.org/articles/tribal-affairs-california-wildfires-werent-always.

Lee, J. & Di Ruggiero, E. (2022). How does informal employment affect health and health equity? Emerging gaps in research from a scoping review and modified e-Delphi survey. *International Journal for Equity in Health*, *21*, 87 https://doi.org/10.1186/s12939-022-01684-7.

Los Angeles Times (2020). National Guard and U.S. military helping to fight California fires – Fire Map. *Los Angeles Times*. Veröffentlicht am 23.08.2020, von www.latimes.com/california/story/2020-08-23/national-guard-us-military-helping-fight-california-fires.

Luczak, H., Volpert, W., Raeithel, A., & Schwier, W. (1987). *Arbeitswissenschaft: Kerndefinition, Gegenstandskatalog, Forschungsgebiete* (Bericht an den Vorstand der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft und die Stiftung Volkswagenwerk, 3. Aufl.). Verl. TÜV Rheinland.

Malik, A., Budhwar, P., Mohan, H., & Srikanth, N. (2022). Employee experience – the missing link for engaging employees: Insights from an MNE's AI-based HR ecosystem. *Human Resource Management*, *62*(1), 97–115 https://doi.org/10.1002/hrm.22133.

Martin, L., Hauret, L., & Fuhrer, C. (2022). Digitally transformed home office impacts on job satisfaction, job stress and job productivity. COVID-19 findings. *PLoS ONE*, *17*(3), e0265131 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265131.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Mathieson, S. (2022). How algorithmic automation could manage workers ethically. *Computer Weekly*, retrieved 18 November 2022, from https://www.computerweekly.com/feature/How-algorithmic-automation-could-manage-workers-ethically.

Mathis, W. (2022). *How Robots Can Help Build Offshore Wind Turbines More Quickly.* retrieved 14 November 2022, from https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-05-22/how-to-build-wind-turbines-faster-use-robots?leadSource=uverify%20wall.

McKinsey (2020). *The Bio Revolution. Innovations transforming economies, societies, and our lives.* retrieved 26 October 2022, from https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights.

Miller, A., Davidson-Hunt, I. J., & Peters, P. (2010). Talking about Fire: Pikangikum First Nation Elders Guiding Fire Management. *Canadian Journal of Forest Research*, *40*(12), 2290–2301.

Minor, J. & Boyce, G. A. (2018). Smokey Bear and the Pyropolitics of United States Forest Governance. *Political Geography*, *62*, 79–93. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2017.10.005.

Nachhaltigkeitsrat (2021). *Circular Economy: Leveraging a Sustainable Transition.* retrieved 27 October 2022, from https://www.nachhaltigkeitsrat.de/wp-content/uploads/2022/02/20211005_RNE-Statement_Circular-Economy-1.pdf.

NETZ:KRAFT (2023). *Netzwiederaufbau unter Berücksichtigung zukünftiger Kraftwerkstrukturen.* retrieved 10 May 2023, from https://www.iee.fraunhofer.de/de/schnelleinstieg-wirtschaft/themen/netzkraft.html.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

New York Times (2020). Storms with strong winds, lightning and little rain could hamper efforts. *The New York Times*. Veröffentlicht am 22.08.2020, von `www.nytimes.com/2020/08/22/us/california-wildfires.html`.

Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Guo, W., & Wang, X. C. (2020). A New Model Framework for Sponge City Implementation: Emerging Challenges and Future Developments. *Journal of Environmental Management*, *253*, 109689. `https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109689`.

NIAC (2009). *Critical Infrastructure Resilience – Final Report and Recommendations*. National Infrastructure Advisory Council, Department of Homeland Security.

Norgaard, K. M. (2014). The Politics of Fire and the Social Impacts of Fire Exclusion on the Klamath. *Humboldt Journal of Social Relations*, *36*, 77–101.

OECD (2022). *Chemical Accidents Involving Nanomaterials: Potential Risks and Review of Prevention, Preparedness and Response Measures* (Project Report). Organisation for Economic Co-operation and Development, retrieved 26 October 2022, from `https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/cbc/mono(2022)19&doclanguage=en`.

Offshore (2020). *Offshore Exclusive: Safe decommissioning requires the right mindset, the right skills*. retrieved 18 November 2022, from `https://www.offshore-mag.com/home/article/14186510/`.

OSHWiki (2022). *Understanding job hazards*. available at: `https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/understanding-job-hazards`.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

OWD (2022). *OWD – Our World in Data: What are the safest and cleanest sources of energy?*. July 2020, updated July 2022, retrieved 26 October 2022, from `https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy`.

Patil, A. D., Haack, J., Braun, M., & de Meer, H. (2020). Modeling interconnected ICT and power systems for resilience analysis. *Energy Informatics*, *3*(1), 1–20.

Petty, A. M., deKoninck, V., & Orlove, B. (2015). Cleaning, Protecting, or Abating? Making Indigenous Fire Management Work in Northern Australia. *Journal of Ethnobiology*, *35*(1), 151–153. `https://doi.org/10.2993/0278-0771-35.1.140`.

REFA (1973). *Methodenlehre des Arbeitsstudiums: Teil 4 Anforderungsermittlung (Arbeitsbewertung)* ((4. Auflage). Carl Hanser.

Richardson, V. (2018). Apaches stave off wildfires with timber industry, active forest management. *The Washington Times*, veröffentlicht am 02.09.2018, auf `www.washingtontimes.com/news/2018/sep/2/apache-forest-management-fights-wildfires/`.

Richtlinie (EU) (2022/2464). *Richtlinie (EU) 2022/2464 des europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen.* ABl. L 322 vom 16. Dezember 2022.

Robinson, K. & Aronica, L. (2015). *Creative Schools: The Grassroots Revolution That's Transforming Education.* New York: Viking.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Sanders, M. R. (2011). *Voices from the Fire Line: Pikangikum Anishinaabeg Experiences as Provincial Forest Firefighters in Northwestern Ontario* [Master Thesis]. University of Manitoba.

Saussay, A., Sato, M., Vona, F., & O'Kane, L. (2022). *Who's fit for the low-carbon transition? Emerging skills and wage gaps in job ad data* (Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No. 406/Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper 381). London School of Economics and Political Science, retrieved 14 November 2022, from https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2022/10/working-paper-381-Saussay-et-al.pdf.

Schilling, C. & Weiss, S. (2021). A Roadmap for Industry to Harness Biotechnology for a More Circular Economy. *New Biotechnology*, *60*,9–11 https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.08.005.

Schmauder, M. & Spanner-Ulmer, B. (2022). *Ergonomie – Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation* (2. Auflage). Carl Hanser.

Schwarzer, M. (2023). Warum ein Bürogebäude in Kahramanmaras das Erdbeben unbeschadet überstand. *rnd*. Abgerufen am 19.02.2023, von https://www.rnd.de/panorama/warum-ein-buerogebaeude-in-kahramanmaras-das-tuerkei.

ScienceDaily (2016). *Indigenous knowledge could hold key to management of wildfire risk*. Veröffentlicht am 23.05.2016, auf www.sciencedaily.com/releases/2016/05/160523104923.htm.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Shwartz, S. (2021). *Are Self-Driving Cars Really Safer Than Human Drivers?* retrieved 26 October 2022, from `https://thegradient.pub/are-self-driving-cars-really-safer-than-human-drivers/`.

Smucker, J. M. (2017). *Hegemony How-To. A Roadmap for Radicals.* Oakland: AK Press.

Solus (2019). *Ergonomics in the Waste Handling Industry.* retrieved 01 December 2022, from `https://solusgrp.com/blog/post/ergonomics-in-the-waste-handling-industry.html`.

Stark, S., Volkova, A., Lehnhoff, S., & de Meer, H. (2021). *Why your power system restoration does not work and what the ICT system can do about it.* Proceedings of the twelfth ACM international conference on future energy systems (pp. 269–273).

Stephens, S. L., Martin, R. E., & Clinton, N. E. (2007). Prehistoric fire area and emissions from California's forests, woodlands, shrublands, and grasslands. *Forest Ecology and Management, 251*(3), 205–216.

Stowasser, S. (2021). Arbeitswelt der Zukunft: Herausforderungen für Mensch und Betrieb. In: Peter Krauss-Hoffmann (Hrsg.), Herausforderungen für den Arbeitsschutz in einer sich digitalisierenden Arbeitswelt. Stiftung Christlich-Soziale Politik e.V. (CSP). Königswinter, S. 54-59. (Königswinterer Notizen, Nr. 33).

Stowasser, S., Suchy, O., Huchler, N., Müller, N., Peissner, M., Stich, A., Vögel, H., & Werne, J. (2020). Einführung von KI-Systemen in Unternehmen. Gestaltungsansätze für das Change-Management. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Stuart, D. E. (2000). *Anasazi America.* Albuquerque: University of New Mexico Press.

Trauernicht, C., Brook, B. W., Murphy, B. P., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. (2015). Local and global pyrogeographic evidence that indigenous fire management creates pyrodiversity. *Ecology and Evolution*, *5*(9), 1908–1918.

Tripp, B. (2023). Integrating Traditional Ecological Knowledge and World Renewal Ceremonies into Fire Adaptation: An Indigenous Stewardship Model. *Fire Adapted Communities Learning Network*, Abgerufen am 31.03.2023, von `www.fireadaptednetwork.org/traditional-ecological-knowledge-world-renewal-ceremonies/`.

United States Department of Agriculture and United States Department of Interior (2003). *FACT SHEET: Healthy Forests Initiative Update for Arizona.* `www.web.archive.org/web/20220119222308/fs.fed.us/projects/hfi/docs/fact-sheet-arizona.pdf`.

Vandenbussche, T. (2021). *A just energy transition: Tapping into a century of ideas.* European Policy Centre and Friedrich Ebert Stiftung, retrieved 14 November 2022, from `https://www.epc.eu/content/PDF/2021/Energy_transition_DP.pdf`.

Vandycke, N., Singh Sehmi, G., Rolz Sandoval, I., & Lee, Y. (2022). *Defining the role of transport in the circular economy.* World Bank, retrieved 5 December 2022, from `https://blogs.worldbank.org/transport/defining-role-transport-circular-economy`.

Vereinte Nationen (2015). Ziele für nachhaltige Entwicklung. URL: https://unric.org/de/17ziele/ (Veröffentlichungsdatum).

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

von der Groeben, H., Schwarze, J., & Hatje, A. (2015). *Europäisches Unionsrecht: Vertrag über die Europäische Union, Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union* (Charta der Grundrechte der Europäischen Union, 7. Aufl.). Nomos.

VTPI (2022). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions.* Victoria Transport Policy Institute, retrieved 26 October 2022, from `https://www.vtpi.org/avip.pdf`.

Weinert, S. & Ohliger, K. (2019). Gewünschte versus gelebte Führung – Anforderungen der Generation Z & Y treffen auf die Praxis. `https://www.hwg-lu.de/fileadmin/user_upload/fachbereiche/fachbereich-2/Personalstudiengaenge/Daten_IPO/05_PuF/Gewuenschte_versus_gelebte_Fuehrung_2019.pdf`. (Zugriffsdatum: 10. März 2023).

Winter, C. (2023). Istanbul Unprepared for next big deadly Earthquake: Experts. *dw.* Abgerufen am 19.02.2023, von `https://www.dw.com/en/istanbul-unprepared-for-next-big-deadly-earthquake`.

WiWo (2022). *Wie der Chipmangel entstanden ist – und wie er überwunden werden kann.* Wirtschaftswoche, veröffentlicht am 03. Januar 2022, von `https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/halbleitermangel-wie-der-chipmangel-entstanden-ist`.

Wohlleben, P. (2016). *Das geheime Leben der Bäume: Was sie fühlen, wie sie kommunizieren.* Ludwig Verlag.

Yam, K., Tang, P., Jackson, J., Su, R., & Gray, K. (2022). The rise of robots increases job insecurity and maladaptive workplace behaviors: Multimethod evidence. *Journal of Applied Psychology*, Advance online

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

publication, retrieved 14 November 2022 https://doi.org/10.1037/apl0001045.

Yashen, L., Eto, J. H., Johnson, B. B., Flicker, J. D., Lasseter, R. H., Villegas Pico, H. N., Seo, G.-S., Pierre, B. J., & Ellis, A. (2020). *Research roadmap on grid-forming inverters* (No. NREL/TP-5D00-73476). National Renewable Energy Lab. United States.

ZVEI (2021). *Mikroelektronik – Trendanalyse bis 2025: Vorstellung langfristiger Trends 2015 – 2020 – 2025.* Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, veröffentlicht im Juni 2021.

ZVEI (2022). *Ecodesign for sustainable products regulation* (ZVEI-Informationsveranstaltung). Zentralverband Elektro- und Digitalindustrie, veröffentlicht am 07. April 2022.

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29

Zunehmend werden nachhaltige Vorgehensweisen und Lösungen in unserer Gesellschaft benötigt und gefordert. In diesem Zuge entstehen verschiedene Zusammenhänge zum Thema Sicherheit. Dieses Buch behandelt wichtige Wechselwirkungen zwischen Sicherheit und Nachhaltigkeit. In diesem Rahmen werden die politischen Strategien, verschiedenen Entwicklungen und Anforderungen der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit der Sicherheitsarbeit erläutert. Anhand von Beispielen werden strategische Verbindungen zwischen den Anforderungen der Nachhaltigkeit und weiteren Sicherheitsanforderungen hergestellt und gezeigt, wie Nachhaltigkeitskriterien in die Prävention einfließen. Außerdem werden Verflechtungen zur Digitalisierung hergestellt und Bezüge zur Bildung und Kommunikation angesprochen.

Das Buch beinhaltet Beiträge von: Sebastian Festag, Martin Schmauder, Annick Starren, Ortwin Renn, Heinz Sauerburger, Bastian Fochmann, Sascha Stowasser, Wolfgang Hochbruck, Mareike Huber, Hermann de Meer und Juraj Sinay.



© JOE LORENZ DESIGN - stock.adobe.com

ISBN978-3-936050-37-0

© VdS Schadenverhütung GmbH
Vervielfältigungen/Veröffentlichungen – auch für innerbetriebliche Verwendung – nicht gestattet
Heruntergeladen von IP 216.73.216.253 am 04.11.2026 - 16:29