



Nachhaltigkeit im Untertagebau

Grundlagen, Randbedingungen und Zielsetzungen

DAUB-Arbeitskreis

Nachhaltigkeit im Untertagebau – Grundlagen, Randbedingungen und Zielsetzungen

Herausgeber

Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB)
 German Tunnelling Committee (ITA-AITES)
 Mathias-Brüggen-Str. 41, 50827 Köln
 Tel. +49 - 221 - 5 97 95-0
 Fax +49 - 221 - 5 97 95-50
 E-Mail: info@daub.de
 www.daub-ita.de

Erarbeitet von der DAUB-Arbeitsgruppe „**Nachhaltigkeit im Untertagebau**“:

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Dr.-Ing. Frank Abel	HOCHTIEF Infrastructure GmbH, Essen
Dipl.-Ing. Lars Babendererde	BabEng GmbH, Lübeck
Lotta Bänsch, B. Sc.	BabEng GmbH, Lübeck
Dipl.-Bauing. ETH Heinz Ehrbar (Leiter)	im Auftrag der DB Netz AG
Prof. Dr.-Ing. Stephan Engelhardt	Hochschule München, München
Dr.-Ing. Stefan Franz	DEGES GmbH
Prof. Dr.-Ing. Roland Leucker	Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA e. V., Köln
Helena Loga, M. Sc.	DB Netz AG, München
Dr.-Ing. Peter-Michael Mayer	Ed. Züblin AG, Stuttgart
Dipl.-Ing. Karl-Heinz Reikat	Stadt Bochum, Tiefbauamt, Abteilung Stadtbahn, Bochum
Dipl.-Ing. Rainer Rengshausen	PORR GmbH & Co. KGaA, Düsseldorf
Dr. Klaus Rieker (Vorsitzender)	Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Frankfurt am Main
Dr.-Ing. Götz Vollmann	Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb, Bochum
Dr.-Ing. Gerhard Wehrmeyer	Herrenknecht Aktiengesellschaft, Schwanau

Satz, Layout und redaktionelle Bearbeitung:

Gabriele Konopka	Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA e. V.
Prof. Dr.-Ing. Roland Leucker	Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA e. V.

Aus Gründen der Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher, männlicher oder neutraler Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

November 2023

Titelbild: Eigene Abbildung

Präambel

Die Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen für aktuelle und künftige Generationen beschäftigt die Gesellschaft und die Politik seit längerer Zeit. Gleichzeitig gibt es weiterhin anhaltende Bedarfe nach Wohnraum, Arbeit, Bildung, Mobilität, Ver-/Entsorgung, Austausch von Leistungen und Gütern. Diese Bedarfe sollen in Zukunft unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele gedeckt werden. Dazu muss in Deutschland die Infrastruktur deutlich ertüchtigt und, wo notwendig, ausgebaut werden. Der Untertagebau liefert dazu einen wesentlichen Beitrag. Derzeit gibt es keine Vorgaben zur nachhaltigen Erstellung unterirdischer Anlagen und deren Bewertung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit. Der Deutsche Ausschuss für unterirdisches Bauen (DAUB) wird deshalb Empfehlungen zur Realisierung und Bewertung nachhaltiger Untertagebauten erstellen. Diese sollen bis voraussichtlich Ende 2024 fertiggestellt werden. Das vorliegende Papier stellt die Thematik, die aktuellen Randbedingungen und die Zielsetzungen vor.

1 Politische Rahmenbedingungen

1.1 UN-Nachhaltigkeitsziele

Mit der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UN) 1992 in Rio de Janeiro [1] wurden erste Grundsteine für ein international abgestimmtes Vorgehen beim Umgang mit der Nachhaltigkeit in Form der Agenda 21 gelegt. Dabei wurde die Gleichwertigkeit von Ökologie, Ökonomie und Sozialem als Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung festgehalten (Bild 1). Zwei rechtlich bindende Rahmenabkommen über Klimaänderungen [2] und über die biologische Vielfalt [3] wurden zusätzlich verabschiedet.

Zwischenzeitlich wurden die Abkommen weiterentwickelt und mit konkreten Zielvorgaben versehen. Mit dem Klimaabkommen von Paris 2015 [4] wurde z. B. festgehalten, die Treibhausgasemissionen so weit zu reduzieren, dass die globale Erwärmung auf 1,5 °C

gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter beschränkt wird. Mit der UN-Agenda 2030 (ebenfalls aus dem Jahr 2015) [5] wurden insgesamt 17 spezifische Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDG) formuliert (Bild 2). Diese richten sich an die Regierungen weltweit, aber auch an die Zivilgesellschaft, die Privatwirtschaft und die Wissenschaft.

1.2 EU-Vorgaben

Auf der Basis des übergeordneten internationalen Rahmens hat sich die Europäische Union (EU) zum Ziel gesetzt, der erste klimaneutrale Kontinent zu werden. Gemäß den Zielen aus dem 2019 veröffentlichten EU-Green-Deal [6] sollen ab 2050 keine Netto-Treibhausgasemissionen mehr freigesetzt werden und das Wirtschaftswachstum von der Ressourcennutzung abgekoppelt sein. Den notwendigen Wandel in Wirtschaft und Gesellschaft will die EU mit dem 2023 veröffentlichten Industrieplan [7] fördern und über entsprechende rechtliche und verbesserte Rahmenbedingungen erleichtern.

Die EU-Taxonomie ist eine im EU-Aktionsplan „Sustainable Finance“ festgelegte Maßnahme, die 2020 in der Taxonomie-Verordnung [8] kodifiziert wurde. Ziel des Aktionsplans ist es, Kapitalflüsse in ökologisch nachhaltige Aktivitäten zu lenken. Wirtschaftstätigkeiten werden gemäß der Taxonomie-Verordnung dann als nachhaltig betrachtet, wenn die folgenden sechs Umweltziele eingehalten sind:

1. Klimaschutz
2. Anpassung an den Klimawandel
3. Nachhaltiger Einsatz und Gebrauch von Wasser und/oder Meeresressourcen
4. Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft
5. Vorbeugung oder Kontrolle von Umweltverschmutzungen
6. Schutz und Wiederherstellung von Biodiversität und Ökosystemen



Bild 1 Gleichwertigkeit von Ökologie, Ökonomie und Sozialem in Anlehnung an die UN-Konferenz 1992



Bild 2 Die 17 Nachhaltigkeitsziele der UN (2015) [2]

Seit Ende 2021 sind größere Wirtschaftsunternehmen angehalten, jährlich einen Nachhaltigkeitsbericht über ihre Geschäftstätigkeit zu veröffentlichen, aus welchem der Grad der Umsetzung der Umweltziele ersichtlich ist.

1.3 Umsetzung in Deutschland

Deutschland stellt sich hinter die UN- und EU-Zielvorgaben und will die Klimaneutralität sogar bereits bis 2045 erreichen. Seit 2016 orientiert sich die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie an den SDG. Diese wurde 2021 nochmals aktualisiert [9]. Darin werden für Deutschland die folgenden sechs Transformationsbereiche festgelegt:

1. Menschliches Wohlbefinden und Fähigkeiten, soziale Gerechtigkeit
2. Energiewende und Klimaschutz
3. Kreislaufwirtschaft
4. Nachhaltiges Bauen und Verkehrswende
5. Nachhaltige Agrar- und Ernährungssysteme
6. Schadstofffreie Umwelt

Die Umsetzung geschieht über entsprechende rechtliche Vorgaben. So normiert das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) beispielsweise die klimapolitischen Zielvorgaben und enthält unter anderem die Vorgabe, dass Träger öffentlicher Aufgaben bei ihren Planungen und Entscheidungen den Zweck des KSG sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben gewährleisten müssen.

Fazit

- Unter Berücksichtigung der politischen Rahmenbedingungen wird auch der Untertagebau seinen Beitrag zum Einhalten der Nachhaltigkeitsziele leisten.
- Die in der Erarbeitung befindlichen DAUB-Empfehlungen zur Nachhaltigkeit werden Wege aufzeigen, wie dieser Beitrag bis 2045 in Deutschland erreicht werden kann.

2 Status Quo und aktuelle Herausforderungen

Mit den bestehenden Untertagebauten wurden wesentliche Grundpfeiler für eine florierende und resiliente Volkswirtschaft geschaffen: Sie stellen die Wasser- und Energieversorgung sicher, sie entlasten die Innenstädte vom Verkehr dank U-/S-Bahn-Systemen und unterirdischer Straßen, sie gewährleisten sichere Verkehrsverbindungen über lange Distanzen und in der Fläche, und sie ermöglichen unterirdische Entsorgungssysteme wie z. B. Abwassersysteme.

Untertagebauten erzeugen dabei große positive sozioökonomische Effekte wie z. B. die Entlastung der Agglomerationen von Lärm und Abgasen, die Schaffung von Grünflächen und freien Flächen für anderweitige Nutzungen, die Schonung der Ökosysteme sowie die Förderung der Biodiversität durch das Unterfahren anstelle des Zerschneidens ökologisch wertvoller Gebiete.

Unterirdische Infrastrukturen sind in der Regel ausgelegt auf eine Nutzungsdauer von 100 Jahren [5], überschreiten diese jedoch in vielen Fällen, denn auf der ganzen Welt lassen sich Untertagebauten mit wesentlich längeren Nutzungsdauern finden. Untertagebauten gehören daher im Sinne der langfristigen Nutzung zu den nachhaltigsten Ingenieurbauwerken überhaupt.

Das globale Bevölkerungswachstum hält zurzeit an. Daraus entstehen Bedarfe nach zusätzlichem Wohnraum, Arbeit, Mobilität, Versorgung, Entsorgung, Austausch von Leistungen und Gütern etc. Diese Bedarfe sollen in Zukunft unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele gedeckt werden. Für Deutschland bedeutet dies, dass die Infrastruktur deutlich ausgebaut und ertüchtigt werden muss. Der Untertagebau liefert dazu einen wesentlichen Beitrag.

Allerdings sind das Bauen und das Betreiben von Gebäuden und Bauwerken weltweit betrachtet für 38 % der CO₂-Emissionen verantwortlich (Bild 3) [10]. Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen beim Bauen ist der im Beton enthaltene Zement. Dazu kommen Emissionen durch weitere Materialien, insbesondere Stahl, und den Einsatz der notwendigen Baugeräte. Es ist das Ziel, diese Emissionen so weit wie möglich zu reduzieren und dort, wo dies aus chemischen und physikalischen Gründen nicht möglich ist, durch geeignete Maßnahmen zu kompensieren.

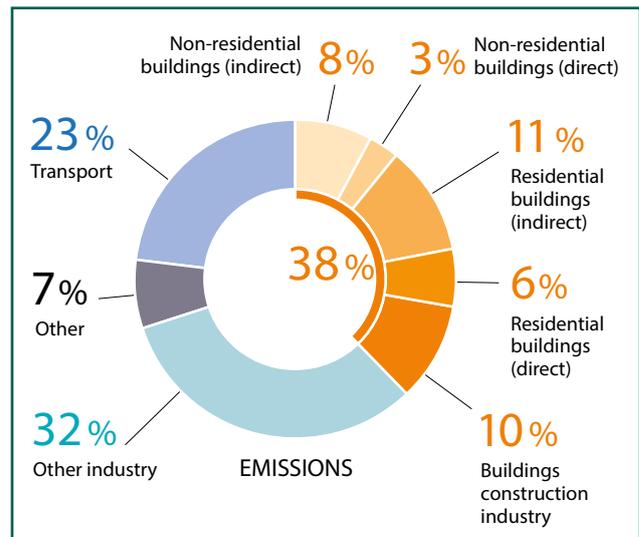


Bild 3 Weltweiter Anteil des Bauwesens an den CO₂-Emissionen, 2019 [10]

Da jegliches Ausbruchsmaterial aufgrund gesetzlicher Vorgaben derzeit als Abfall bezeichnet werden muss, nimmt das Bauwesen auch bezüglich der Abfallthematik eine Schlüsselrolle ein und steuert gemäß den Auswertungen des statistischen Bundesamts [11] im Jahr 2020 in Deutschland 55 % (= 229 Mio.t) zur Gesamttonnage des Bruttoabfalls (= 414 Mio.t) bei (Bild 4).

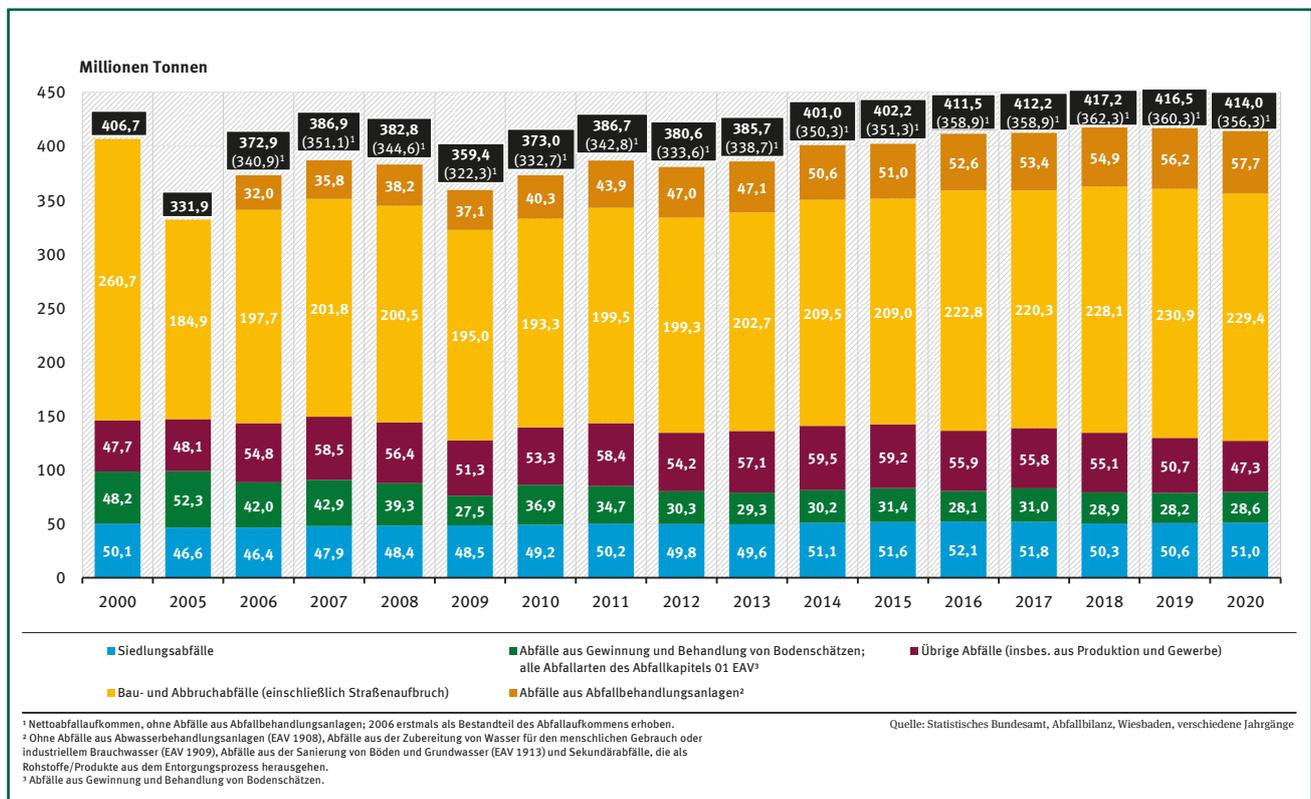


Bild 4 Abfallaufkommen in Deutschland 2000 bis 2020 [11]

So betrug 2020 der Anteil der im Untertagebau in hohem Maße anfallenden Kategorie „Boden, Steine und Baggergut“ etwa 132 Mio. t. In dieser Kategorie werden bereits heute bis zu 85 % des Materials aufbereitet oder wiederverwendet [11]. Trotzdem zählt die Gesamtmenge rechtlich gesehen zu den Abfällen. Die Abfallvermeidung und das Wiedereinbringen der Bauabfälle in die Kreislaufwirtschaft sind, trotz der heute schon relativ hohen Wiederverwertungsquote beim Ausbruchmaterial, wichtige Gebote für die gesamte Bauwirtschaft und den Untertagebau im Speziellen.

Fazit

- Untertagebauten erfüllen per se viele der zuvor aufgeführten Nachhaltigkeitsziele, da z. B. durch Infrastrukturverlagerungen Oberflächen für andere Nutzungen geschaffen und Beeinträchtigungen von Mensch und Natur vermieden werden.
- Die momentan noch hohen Treibhausgasemissionen müssen reduziert und die Kreislaufwirtschaft muss auch im Untertagebau gestärkt werden.

3 Wege zum nachhaltigen Untertagebau

3.1 Nachhaltige Planung

Im Untertagebau kommt der übergreifenden gesamtprojektspezifischen Planung eine entscheidende Bedeutung zu. Insbesondere in den frühen Planungsphasen sind ganzheitliche Betrachtungen durchzuführen. Dabei werden z. B. Potentiale auf der (Bau-)Materialseite identifiziert und deren Einsatz optimiert, oder die aufeinander aufbauenden Prozesse wie z. B. Vortriebsverfahren und (Aushub-)Materialbewirtschaftung nachhaltig gestaltet.

Dies gilt unter anderem für Lebensdauerbetrachtungen der Konstruktionen und deren potenzielle Verlängerung. Insbesondere die integrale Abbildung der Ausführungs- und Betriebsphase erlaubt, Prozesse zu optimieren und sozio-ökonomische Aspekte zu integrieren. Der Einsatz von BIM-Methoden kann die integrale Planung beschleunigen und auch die Umsetzung langfristiger digitaler Betriebsmodelle erleichtern, mit deren Hilfe Wartungsintervalle und Wartungsprozesse optimiert werden können. Dabei kann die Vernetzung von räumlichen Konstruktionsmodellen mit Sensordaten aus Produktion und Wartung die Wirtschaftlichkeit (bedarfsgerechte Wartung) und die Sicherheit (Versagensankündigung) verbessern.

Letztendlich beeinflusst eine Planung unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsaspekte die sozio-ökologischen Auswirkungen von Untertagebauten in positiver Weise, sodass deren Vorteile für die Gesellschaft entsprechend kommuniziert und dadurch die Akzeptanz gesteigert werden kann.

3.2 Kreislaufwirtschaft

Beim Untertagebau ist das Ausbruchmaterial die größte zu bewältigende Menge im gesamten Herstellungsprozess. Der Ausbruch wird, solange kein Nachweis zur Wiederverwertung erbracht wird, vom Gesetzgeber als Abfall deklariert. Diese Tatsache ist eine der größten Herausforderungen bei der Realisierung von Untertagebauprojekten. Bei der Verwertung des Tunnelausbruchmaterials spielen die geologischen Eigenschaften, die Projektandrbedingungen sowie die gesetzlichen Rahmenbedingungen eine wesentliche Rolle.

Wichtigstes Ziel ist dabei eine möglichst baustellennahe Wiederverwertung des Aushub-/Ausbruchmaterials. Für eine optimale Materialbewirtschaftung ist hier vor allem eine frühzeitige und integrale Planung der Ver- und Entsorgung im Zusammenhang mit verfahrenstechnischen Belangen von großer Bedeutung, da das Vortriebsverfahren einen großen Einfluss auf die Eigenschaften des anfallenden Materials und dessen anschließende Wiederverwertung hat. Hier ist frühzeitig ein abgestimmtes Konzept von Anfallort, -zeitpunkt, der gegebenenfalls notwendigen Aufbereitung samt Platzbedarf und anschließender Wiederverwertbarkeit zu erstellen. Die Kontinuität der aufeinander aufbauenden, zum Teil sehr komplexen Konzepte von der beginnenden Planungsphase bis in die finale Bauausführung spiegelt maßgebend den Erfolg von nachhaltigen Tunnelbauprojekten wider und kann diese erheblich beeinflussen.

Der DAUB wird 2024 eine entsprechende Empfehlung zu möglichen Aufbereitungsverfahren und der anschließenden Möglichkeit zur Wiederverwertbarkeit veröffentlichen (Empfehlung zur Verwertung von Tunnelausbruchmaterial).

3.3 Einsatz neuartiger Materialien und Bauweisen

Eine Realisierung ökologisch-nachhaltiger Bauwerke ist nur durch den Einsatz CO₂-reduzierter Betone möglich. Um dieses Ziel zu erreichen sind unter anderem deutlich reduzierte Zement(klinker)gehalte im Beton, neuartige Spezialbindemittel, darauf abgestimmte Additive und automatisierte Aussteuerungskonzepte erforderlich. Neuartige Betone führen zu verändertem Abbindeverhalten und veränderten Festigkeitseigenschaften.

Auch beim Einsatz von Stahl gibt es Möglichkeiten, die Stahlproduktion nachhaltiger zu gestalten (z. B. durch Einsatz von Wasserstoff). Darüber hinaus können klassische Stabstahlbewehrungen durch Stahlfaserbewehrungen ersetzt werden. Hierdurch wird der CO₂-Ausstoß reduziert.

Um diese Materialien und Bauweisen einsetzen zu können, sind Genehmigungsverfahren für Zulassungen und gegebenenfalls angepasste Normen genauso notwendig wie ein zeitnaher Einsatz in Projekten, um frühzeitig Erfahrungen zu sammeln. Bisherige Genehmigungspfade müssen signifikant beschleunigt und optimiert werden. Ein gemeinsames zügiges Handeln der zuständigen Behörden mit den entsprechenden Auftraggebern und Auftragnehmern wird unerlässlich.

Nachhaltige Produktion bedeutet gerade auch im Untertagebau vermehrt den Einsatz von Automatisierungslösungen, die Verknüpfung mit Robotik und eine durchgehende Digitalisierung. Die Industrie arbeitet bereits auf vielen Gebieten mit Hochdruck an Lösungen, welche entweder schon verfügbar sind oder zeitnah zum Einsatz kommen können.

3.4 Treibhausgasbilanzierung

Eine wesentliche Komponente zur Identifizierung nachhaltiger Tunnelbauvarianten ist die Bilanzierung der Treibhausgase in der Erstellungs- und in der Betriebsphase. Diese umfasst außer der Betrachtung des Kohlenstoffdioxids alle weiteren durch das Intergovernmental Panel on Climate Change definierten Treibhausgase [12]. Das Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP) aller Gase wird in CO₂-Äquivalenten angegeben.

Darüber hinaus lassen sich weitere Aspekte zur Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung beim Untertagebau identifizieren, wenn man z. B. nicht nur auf die Einsparung von Materialien mit hohen CO₂-Emissionen abzielt, sondern zudem Maßnahmen einbezieht, die das Klima positiv beeinflussen. Denkbar wäre z. B. die Gewinnung von Erdwärme/Geothermie in den unterirdischen Bauwerken durch z. B. Wärmetauscher in der Tunnelschale oder die Nutzung derselben für den Betrieb eines Bauwerks z. B. in Bahnhöfen.

Untertagebauwerke werden vor allem für Infrastrukturmaßnahmen (Straße, Schiene, Pipelines etc.) hergestellt. Die damit einhergehende Verlagerung der Transportleistungen in den Untergrund ist per se als positiv zu bewerten, auch wenn derzeit noch Materialien mit hohen CO₂-Emissionen zum Einsatz kommen.

3.5 Erneuerung und Umnutzung von Untertagebauten

Untertagebauten werden in Deutschland auf eine hohe technische Lebensdauer von derzeit in der Regel ca. 100 Jahre ausgelegt [5]. Bauwerke im Bestand aller Verkehrsträger erreichen schon heute zum Teil deutlich höhere Lebensdauern (Bild 5). Erneuerungen und Ertüchtigungen sorgen dafür, dass sie im Anschluss an die zunächst vorgesehene Lebensdauer den aktuellen verkehrlichen, normativen und regulatorischen Anforderungen genügen und ihren Dienst wiederum während kommender Jahrzehnte effizient erfüllen können.

Vergleichbare Zahlen lassen sich auch bei anderen Verkehrsträgern – z. B. im Bereich von U-Bahn-Netzen der großen Metropolen – finden. So befand sich bereits kurz nach Beginn des 20. Jahrhunderts rund

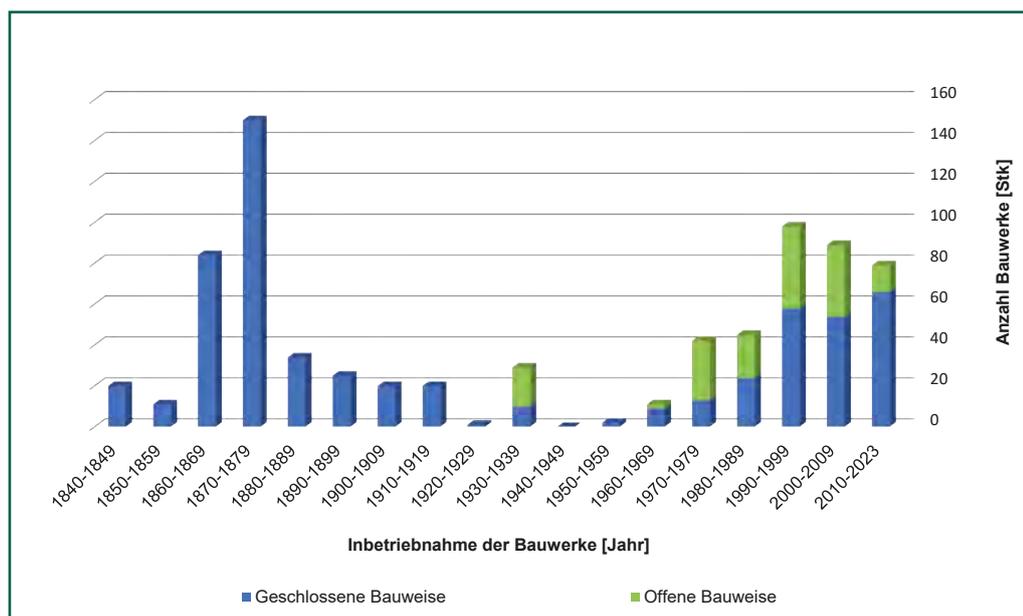


Bild 5 Altersstruktur der Eisenbahntunnel der DB, Stand Dezember 2022 [13]

80 % des heute genutzten Berliner U-Bahn-Netzes im Betrieb. Es weist somit bereits eine substantielle Überschreitung gemäß gültiger Vorschriften avisierten Lebensdauern auf. Der Vorteil unterirdischer Infrastruktur ist dabei, dass sie relativ witterungsunempfindlich ist und somit weitestgehend nur den Einwirkungen aus dem umgebenden Boden bzw. Fels und denen aus ihrer Nutzung ausgesetzt ist.

Dort wo eine weitere Nutzung als Verkehrsträger nicht mehr angezeigt ist, kommen Umnutzungen in Frage, im Extremfall aber auch das Verfüllen des Hohlraums. Beispielsweise werden in Deutschland zwischenzeitlich ehemalige Güterzugstrecken der Bahn wiederbelebt und mitsamt der mit ihnen verbundenen Tunnelbauwerke einer Zweitnutzung zugeführt (z. B. als Fahrradwege).

Fazit

- Die Grundlagen für einen nachhaltigen Untertagebau unter Berücksichtigung aller Aspekte (Ökologie, Ökonomie und Soziales) werden in der Planung gelegt.
- Eine verfeinerte Kreislaufwirtschaft, der Einsatz neuer Materialien und eine mögliche Integration von Energieerzeugung in das Bauwerk wie auch der Einsatz umweltfreundlicher Maschinen während des Baus tragen zur Zielerreichung bei.

4 Projektbewertung

International besteht Konsens darüber, dass Nachhaltigkeit im Allgemeinen über die drei Bereiche Ökologie, Ökonomie und Soziales abzubilden ist (**Bild 1**). Hierbei werden die möglichen Auswirkungen eines Produkts, eines Verfahrens oder einer Tätigkeit auf die genannten drei Bereiche über den gesamten Lebens-

zyklus bewertet. Dabei kommen vor allem Aspekte zum Tragen, die im **Kapitel 3** dieser Veröffentlichung kurz beschrieben wurden.

Im Hinblick auf die ökonomischen Kriterien werden alle monetären Aspekte des Lebenszyklus betrachtet (vergleiche DAUB-Empfehlungen zur Ermittlung von Lebenszykluskosten bei Untertagebauwerken). Dabei liegt der Fokus neben der Errichtungsphase im Wesentlichen auf der Betriebsphase eines Tunnelbauwerks.

Soziale und funktionale Aspekte der Nachhaltigkeit lassen sich überwiegend als weiche Faktoren identifizieren und können daher nur bedingt quantifiziert werden. Hierbei treten neben der Funktionalität des Bauwerks vor allem auch Fragen der Ästhetik und Gestaltung sowie die Aspekte des Gesundheitsschutzes und der Behaglichkeit in den Vordergrund. Objekte der unterirdischen Infrastruktur erzeugen dabei einerseits Werte im Hinblick auf die Lebensqualität der Nutzer im Umfeld der Bauwerke, beispielsweise durch Verlegung von lärm- und verschmutzungsintensiven Verkehrsstrassen in den Untergrund (z. B. Tieferlegung Rheinuferstraße in Düsseldorf, **Bild 6**). Andererseits können ganze Regionen durch den Anschluss an das überregionale Verkehrsnetz strukturell gefördert und die dortigen Lebensbedingungen verbessert werden (z. B. DB-Schnellfahrstrecken Köln–Frankfurt, Wendlingen–Ulm, Berlin–München, **Bild 7**).

Um die Nachhaltigkeitsbewertung eines spezifischen Objekts strukturiert und reproduzierbar durchführen zu können, gelangen national wie international unterschiedliche Bewertungsverfahren und -methoden zum Einsatz. Die Grundstruktur derartiger Ansätze ist dabei stets gleich: Basierend auf einem definierten Bewertungsgegenstand werden Kriterien entwickelt, welche diesen Gegenstand charakterisieren und gleichzeitig die Schutzziele im Sinne der Nachhaltigkeit repräsentieren. Jedem Kriterium können dann verschiedene Indikatoren zugeordnet werden, um das jeweilige Kriterium in seiner Ausprägung zu



Bild 6 Düsseldorf Rheinuferstraße früher und heute (Fotos: Landeshauptstadt Düsseldorf/Stadtarchiv (links) und alamy (rechts))



Bild 7 Anbindung von Regionen an das überregionale Verkehrsnetz und Ersatz von Flugverkehr (Verkehrsprojekt Einheit VDE 8, Strecke Berlin–München (Foto: Deutsche Bahn/ Frank Barteld)

definieren und zu beschreiben. Unter Berücksichtigung der Gewichtung der Kriterien können dann diese Einzelbewertungen zu einer Gesamteinschätzung aggregiert werden. Eine zentrale Anforderung an ein solches Zielsystem lautet, dass es alle relevanten Kriterien und Indikatoren umfassen muss. Gleichzeitig dürfen Auswirkungen nicht doppelt erfasst werden, woraus sich die Trennschärfe des Zielsystems als weitere Anforderung ableiten lässt.

Existierende Bewertungstools wurden in vielen Fällen für den Immobiliensektor entwickelt. Eine Anwendung solcher proprietären Systeme auf den Untertagebau ist vor dem Hintergrund seiner Randbedingungen und der bereits erwähnten großen Lebensdauern nicht ohne Weiteres möglich.

Insbesondere bei untertägigen Bauwerken liegt die Schwierigkeit darin, dass die Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten eine heterogene und multikriteri-

elle Bewertungssituation darstellt. Scharf abgegrenzte Indikatoren – also solche, die sich eindeutig quantifizieren lassen (beispielsweise Investitionskosten einer Maßnahme) – sind mit unscharfen und nur qualitativ bewertbaren Indikatoren ins Verhältnis zu setzen (beispielsweise Steigerung der Lebensqualität der Nutzer bzw. des Umfelds).

Fazit

- Eine Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten von Untertagebauwerken umschließt eindeutig quantifizierbare wie auch nur qualitativ erfassbare Faktoren.
- Der DAUB hat sich das Ziel gesetzt, eine Empfehlung zur Durchführung von Nachhaltigkeitsbetrachtungen für Untertagebauten zu formulieren.

5 Literatur

- [1] Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung; <https://www.un.org/Depts/german/conf/agen-da21/rio.pdf>
- [2] United Nations Framework Convention on Climate Change; <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- [3] United Nations Convention on Biological Diversity; <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- [4] United Nations Climate Change Conference, "The Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change," COP 21, 2018; https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/paris_abkommen_bf.pdf
- [5] United Nations, "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development," Resolution Adopted by the General Assembly, 2015.
- [6] European Commission, Directorate-General for Communication, "European green deal: delivering on our targets," Publications Office of the European Union, 2021.
- [7] Europäische Kommission, Der grüne Industrieplan; https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_de
- [8] Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852>
- [9] Deutsche Bundesregierung, Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Weiterentwicklung 2021; https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998194/1875176/3d3b15cd92d0261e7a0b-cdc8f43b7839/_deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-2021-langfassung-download-bpa-data.pdf
- [10] United Nations Environment Programme, "2020 Global Status Report for Buildings and Construction - Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector," Nairobi, 2020.
- [11] Statistisches Bundesamt (Destatis), "Abfallbilanz (Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallintensität, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen)," 2022.
- [12] Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)], "Climate Change 2007: Synthesis Report," IPCC, Genf, Schweiz, 2007.
- [13] Datensatz DB Netz AG, 2022 (nicht veröffentlicht) ■