

Nachhaltigkeit und Ökologie im Eisenbahnbau

Das System Eisenbahn erfüllt auch und gerade nach 180 Jahren alle Merkmale einer nachhaltigen und damit zukunftsorientierten Mobilität. Die bauliche Grundlage für diesen umweltfreundlichen Schienenverkehr schafft die Bahninfrastruktur, die auch selbst ihren Beitrag zur Erfüllung der Nachhaltigkeitsziele der Bahnen leisten muss.

1. ZUR BEWERTUNG DER NACHHALTIGKEIT

Der Verbrauch von Ressourcen wie Energie und Bodenschätze, die Eingriffe in Landschaft und Natur durch Flächenbebauung und Versiegelung sowie die gestiegene Industrialisierung und Mobilität und die damit verbundene Emission von Schadstoffen haben ein Maß erreicht, das von der Umwelt nur noch begrenzt kompensiert werden kann. Weltweit ist diesbezüglich ein Umdenken eingetreten, das sich derzeit auf den Klima- und Ressourcenschutz fokussiert.

In [U1] wird Nachhaltigkeit wie folgt definiert: „**Nachhaltigkeit ist das Streben nach dauernder, stetiger, gleichmäßiger und optimaler Bereitstellung aller materiellen und immateriellen Leistungen** der lebenden Natur unter voller Erhaltung und Ge-

sunderhaltung der Biosphäre und aller ihrer potentiell unsterblichen Glieder **zum Wohle gegenwärtiger und zukünftiger Generationen**“. Die Nachhaltigkeit umfasst folglich die Erhaltung der Lebensfähigkeit auf unserem Planeten in ihrer ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension.

Der Schienenverkehr bietet eine nachhaltige Alternative zum Auto- und Flugverkehr insbesondere im Blick auf den Energieverbrauch und die Kohlendioxid-Emissionen pro Personen- und Tonnenkilometer. Die Bahninfrastruktur schafft dafür die bauliche Grundlage. Für eine zukunftsfähige Qualität des Bauens und Instandhaltens sind objektive Betrachtungen und Maßnahmen mit dem Ziel der **Schonung von mineralischen und energetischen Ressourcen, der Reduzierung von Emissionen und des Schutzes von Natur und Umwelt** zielführend.



Dipl.-Ing. (FH) Silvio Klügel, M.Sc.
Projektleiter
GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH
silvio.kluegel@gepro-dresden.de



Prof. Dr.-Ing. Klaus Lieberenz
GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH
klaus.lieberenz@gepro-dresden.de

Im Bauwesen beginnt sich die Forderung zu nachhaltigen Betrachtungsweisen durchzusetzen. Mit dem europäischen Normungsvorhaben CEN/TC 350 „**Nachhaltigkeit von Gebäuden**“ entsteht in der EU ein umfassendes Normenwerk zur Nachhaltigkeit von Bauwerken, das in Deutschland mit entsprechenden DIN EN eingeführt bzw. untersetzt wird. Mit dem **Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)** des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit [U2] wurde beispielhaft für öffentliche Bauten und ihre Außenanlagen eine Bewertungsmethodik entwickelt, die als Maßstab für vergleichbare Herangehensweisen angesehen werden kann. Danach soll die Qualität eines öffentlichen Gebäudes an den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Ökologie – Ökonomie – Soziokulturelle Aspekte – gemessen werden und diese unter Berücksichtigung der technischen Qualität, der Prozessqualität und der Standortmerkmale bewertet werden.

Für das System Fahrweg-Gleis als Teil der Infrastruktur steht die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit für den Eisenbahnbetrieb im Vordergrund. Dazu muss die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Fahrweges durch eine technisch und wirtschaftlich optimale Instandhaltung und Erneuerung bei

BILD 1: Bewertungsmethodik – Teilaspekte für nachhaltiges Bauen bei der Bahn für die jeweilige Bauaufgabe



vorgegebener Qualität der Anlagen gesichert werden.

Bei Berücksichtigung der Nachhaltigkeit nach der komplexen Herangehensweise gemäß BNB können folgende Teilaspekte für die Wahl des Bauverfahrens und der Bautechnologie als maßgebend angesetzt werden:

- Ökonomische Qualität – Wirtschaftlichkeit
- Ökologische Qualität
- Soziokulturelle Qualität – Arbeits- und Betriebssicherheit
- Technische und funktionale Qualität
- Prozessqualität – Bauablauf/ Bauzeit
- Bauzeitliche und baubetriebliche Bedingungen – Sperrpausenmodell
- Standortmerkmale

Ein zusammenfassender Überblick zur Bewertung der Teilaspekte ist in Bild 1 dargestellt, in dem für typische Arbeitsaufgaben im System Fahrweg-Gleis die Teilaspekte mit ihren Bewertungskriterien aufgeführt sind, nach denen die Verfahren betrachtet, bewertet und gewichtet werden können.

Standortmerkmale werden dabei zusammen mit der Bauaufgabe als entscheidende Eingangsinformation betrachtet. Einen maßgebenden Einfluss auf die objektbezogene Bauaufgabe und die zu bewertenden Qualitäten haben dabei folgende Standortmerkmale:

- Topografie, Geologie und Hydrologie des jeweiligen Streckenabschnittes,
- räumliche Lage mit Zufahrtsmöglichkeiten und schutzwürdigen Naturräumen,
- Streckenbesonderheiten wie Bahnsteigkanten, hochliegende Durchlässe, Übergangsbereiche, Bahnübergänge, Einbauten und Weichen sowie
- Ein- oder Mehrgleisigkeit und der Gleisabstand.

Mit diesen Teilaspekten kann im Anlagenmanagement der gesamte Lebenszyklus mit Stoffbereitstellung, Bau, Instandhaltung bis zur Entsorgung am Ende der Nutzungsdauer betrachtet und bewertet werden. Sowohl Untersuchungen zu **Lebenszykluskosten** als auch zu **Ökobilanzen** bewerten die Anlagen bzw. Verfahren in ihrer Ganzheitlichkeit, wobei entweder die Kosten oder die ökologischen Wirkungen konkret behandelt werden. Dabei können Teile, die sich in ihren Wirkungen nicht unterscheiden, unberücksichtigt bleiben, wenn sie für die angestrebte Aussage nicht relevant sind.

Im nachfolgenden Beispiel wird gemäß Bild 2 die Stoffbereitstellung, der Bau und die baustellenbezogene Wiederverwertung

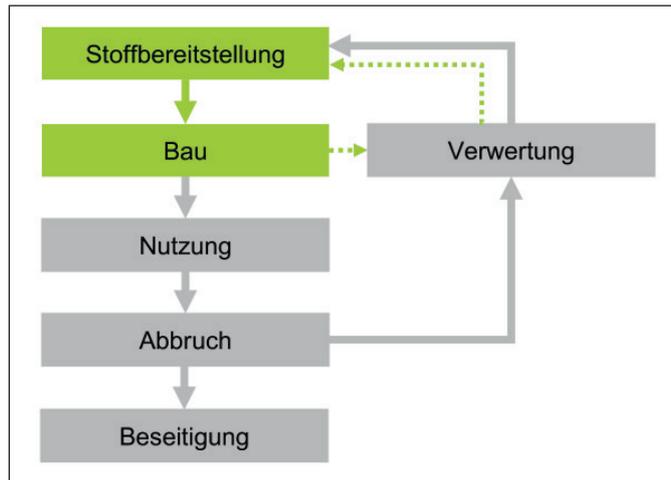


BILD 2: Grundsätzlicher Betrachtungsumfang einer Ökobilanz und ausgewählte am Beispiel betrachtete Module (grün)

des Schotters beim gleisgebundenen Verfahren betrachtet, da mit beiden Verfahren ein Fahrweg mit gleicher technischer und funktionaler Qualität erstellt wird, als Aussage ein Vergleich der Verfahren angestrebt wird und ab Nutzung keine Wirkungsunterschiede angenommen werden.

Für das System Fahrweg-Gleis sollen zukünftig auch notwendige Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten in die ökologische Bilanzierung mit einfließen und so die Nutzung mit berücksichtigt werden.



BILD 3: Grundsätzliche Arbeitsschritte bei der Erstellung einer Ökobilanz, gemäß [U4]

2. BEWERTUNG DER ÖKOLOGIE

Die ökologische Qualität umfasst

- den Umgang mit mineralischen Ressourcen und den Anteil der Wiederaufbereitung,
- das Bau- und Logistikkonzept mit Tonnen, Entfernungen und Treibstoffverbräuchen,
- die Reduzierung der Treibstoffverbräuche, der Emissionen von Schadstoffen und des Lärms,
- die Flächenbeanspruchung sowie den Schutz von Natur und Umwelt und
- die Beanspruchung der Infrastruktur sowie der Anwohner.

Ein wichtiges Instrument zum Nachweis der ökologischen Relevanz solcher Prozesse sind Ökobilanzen nach DIN EN ISO 14040 [U4] und DIN EN ISO 14044 [U5], mit denen die stofflichen und energetischen Zu- und Abflüsse und die potenziellen Umwelteinwirkungen einer Baumaßnahme im Verlaufe ihres Lebensweges zusammengestellt und beurteilt werden können. Damit werden belastbare Unterlagen bereitgestellt, die beim Besteller von Bau- und Instandhaltungsarbeiten eine Auswahl des Bauverfahrens nicht nur nach wirtschaftlichen und baubetrieblichen, son-

dern auch nach ökologischen Kriterien gestatten. Für die Erstellung sind grundsätzlich die in Bild 3 dargestellten vier Arbeitsschritte vorgeschrieben.

Dieser Beitrag stellt Ergebnisse vor, bei denen anhand ökologischer Betrachtungen zwei alternative Bauverfahren zum komplexen Umbau von Ober- und Unterbau einer Eisenbahnstrecke mit Bettungsreinigung bzw. Bettungserneuerung und Einbau von Tragschichten verglichen wurden. Von dieser Beispielbaustelle wurden durch die Baubetriebe, den Auftraggeber und den Netzbezirk umfangreiche Unterlagen zur Ausschreibung, zur Bauausführung sowie zur Baubetriebstechnologie bereitgestellt. In die Bearbeitung wurden dabei, wie bei einer Ökobilanz üblich, nur Bau- und Transportprozesse einbezogen, die deutlich unterschiedliche Ergebnisse erwarten lassen.

3. ÖKOBILANZ UMBAUVERFAHREN GLEISLOS VERSUS GLEISGEBUNDEN

In einer grundlegenden Ökobilanz wurde ein ökologischer Vergleich am Beispiel eines »



BILD 4: Gleisgebunden



BILD 5: Gleislos mit Baustraße

konkreten Bauprojektes durchgeführt. Dabei gilt grundsätzlich, dass für das **gleislose bzw. konventionelle** und das **gleisgebundene bzw. Fließband-Verfahren** das **gleiche hohe Qualitätsniveau** und die gleichen Gebrauchseigenschaften für Schutzschicht, Bettung und Gleis erreicht werden müssen. Beide Umbauverfahren haben aber deutlich unterschiedliche Charakteristika bezüglich der technologischen, baubetriebstechnologischen und betrieblichen Bedingungen, die sich insbesondere aus der Nutzung des Baugleises als Arbeits- und Transportebene, dem Entfall eines Gleislängsverbaus und dem weitestgehenden Ausschluss von Witterungsfaktoren beim gleisgebundenen Verfahren bzw. der möglichen Reaktion auf kritische Baugrundverhältnisse und der weitestgehenden Nutzung von Straßen und We-

gen für Baustofftransporte beim gleislosen Verfahren ergeben (siehe Bild 4 und Bild 5). Daraus leiten sich auch unterschiedliche Terminketten sowie Bauzeiten und somit auch baubetriebliche Randbedingungen wie z. B. Gleissperrungen und Sperrpausen ab.

Als Bilanzobjekt wurde der Umbau eines Gleises einer zweigleisigen Eisenbahnstrecke auf einer ABS mit 5 km Länge herangezogen und aus den Ausführungsunterlagen **Ziel und Untersuchungsrahmen** ausgewählt und eingegrenzt.

Im Herzstück der Ökobilanz, der **Sachbilanz**, waren aus einer Analyse aller Bau- und Transportarbeiten die Transportwege, Mengen, Massen und Energieverbräuche zu ermitteln. Die betrachteten Bilanzobjekte wurden dabei in die Hauptmodule Stoffbereitstellung und Bau (Bild 2), ergänzt durch die Zusatzo-

dule (Bereitstellung von Energie, Erbringung von Transportleistungen, etc.), zerlegt. Die baustellenbezogene Wiederverwertung des Schotters wurde beim gleisgebundenen Verfahren berücksichtigt.

In der **Wirkungsbilanz** wurden den Energieverbräuchen die umweltrelevanten Wirkungen zugeordnet und die Emissionen ermittelt. Dabei werden Wirkungskategorien ausgewählt und mit den jeweiligen Wirkungsindikatoren verknüpft. Maßgebend sind hier die sich aus dem Verbrauch energetischer Ressourcen bzw. der Verbrennung fossiler Treibstoffe ergebenden Wirkungen bezüglich Klimawandel, Treibhauseffekt und Gesundheitsschutz. Von den in der Normung vorgeschlagenen Wirkungskategorien wurden repräsentative Wirkungskategorien zur Auswertung der Wirkungsbilanz ausgewählt sowie zur Erfassung der Beanspruchung Infrastruktur und Anwohner die nichtstoffliche Emission Lärm hinzugefügt (Bild 6).

Für die zusammenfassende **Auswertung** der Ökobilanz wird die Normierungsmethode, speziell das Modell der Berechnung der ökologischen Knappheit, verwendet. Der Grundgedanke ist die Ermittlung von Umweltbelastungspunkten (UBP) aus dem Produkt von Wirkungsindikator und einem Öko-Faktor. Die Öko-Faktoren werden aus der Beziehung der aktuellen zur tolerierbaren Belastung innerhalb eines Systems auf Basis gesellschaftlicher Konventionen und nicht nur auf wissenschaftlicher Basis berechnet. Damit gelten die Bilanzergebnisse sowohl zeitlich als auch räumlich begrenzt.

Im **Ergebnis** konnte festgestellt werden, dass sich bei beiden Verfahren bezüglich Wiederverwendung der Altstoffe und der Reduzierung der Emissionen bei Maschinen und Fahrzeugen in den letzten Jahren ein beachtlicher Stand entwickelt hat. Unter Berücksichtigung der baustellenspezifischen Randbedingungen konnte anhand der Aus-

BILD 6: Mögliche und verwendete Wirkungskategorien und die zugehörigen Wirkungsindikatoren

WIRKUNGSKATEGORIE	WIRKUNGSINDIKATOR
Ressourcenverbrauch	Primärenergie [MJ]
Naturraumbeanspruchung	
Treibhauseffekt	CO ₂ -Äquivalent [CO _{2,eq}]
Abbau der Ozonschicht	
Versauerung	Stickstoffoxide [NO _x]
Eutrophierung	
Ökotoxizität	
Humantoxizität	Feinstaubbelastung [PM _{2,5...10}]
Photo- oder Sommersmog	
Beanspruchung Infrastruktur	Ansatzweise über Lärm

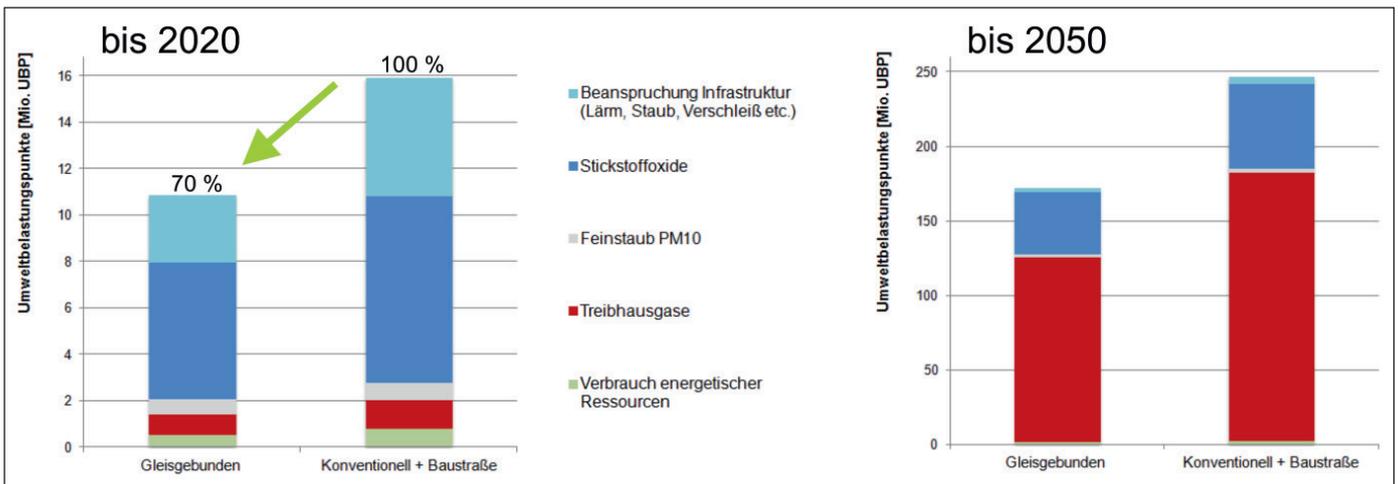


BILD 7: Ergebnis der für unterschiedliche Betrachtungszeiträume ermittelten Umweltbelastungspunkte (links: Betrachtungszeitraum bis 2020; rechts Betrachtungszeitraum bis 2050) für Umbau eines 5000 m langen Gleises [U3]

wertung der Wirkungsbilanz, d.h. bezüglich der Wirkungsindikatoren Primärenergiebedarf, Treibhausgas $CO_{2,eq}$, Feinstaub, Stickstoffoxide NO_x und der Beanspruchung der Infrastruktur gezeigt werden, dass der gleisgebundene Umbau unabhängig des Betrachtungszeitraumes ca. **30% ökologischer** ist.

Es wurden die umweltpolitischen Ziele und die damit tolerierbaren Belastungsobergrenzen der Bundesrepublik Deutschland für den Betrachtungszeitraum bis 2020 und bis 2050 gewählt. Entsprechend der umweltpolitischen Maßgaben ändert sich die Wertigkeit der herangezogenen Emissionen. Das beste Beispiel dazu liefert die Betrachtung/Bewertung des Ausstoßes an Treibhausgas $CO_{2,eq}$ in den beiden Betrachtungszeiträumen. Während sich bis 2020 ca. 10% Gesamtbelastung auf $CO_{2,eq}$ zurückführen lassen, sind es 2050 fast 75% (Bild 7).

4. EINFLUSS SPEZIELLER FAKTOREN AUF DAS ERGEBNIS DER ÖKOBILANZ

In weiterführenden Untersuchungen wurde die grundlegende Ökobilanz unter Einbeziehung der Beanspruchung der Infrastruktur und des Schienenersatzverkehrs variiert.

Die Einbeziehung der Beanspruchung der Infrastruktur und Anwohner im örtlichen Wege- und Straßennetz außerhalb der Baustelle (Lärm, Staub, Schmutz und Verschleiß) wurde dabei ansatzweise durch die Berücksichtigung des Lärmes mit 10 bzw. 100 UBP/km einbezogen. Die Berücksichtigung der Beanspruchung der Infrastruktur ergibt deutliche Vorteile für das gleisgebundene Verfahren, da aufgrund der Wiederverwertungsquote vor Ort und der nicht benötigten Baustraße weniger Massentransporte innerhalb der umliegenden Infrastruktur (Straßen) erfolgen müssen.

Für die Erfassung des Schienenersatzverkehrs wurde ein Zusatzmodul entwickelt, mit dem die unterschiedliche Beeinflussung des Eisenbahnbetriebes im Vergleich beider Umbauverfahren ökologisch bewertet werden kann. Aus der Anzahl der Tage für Gleissperungen mit Schienenersatzverkehren, der zu befördernden Personenanzahl mit niedriger Quote (1500 Personen/d) bzw. hoher Quote (3500 Personen/d), den dazu benötigten Bussen und den Entfernungen wurden in einer Sachbilanz die zurückgelegten Personenkilometer ermittelt. Die Berechnung der relevanten Umweltwirkungen erfolgte über die in der **GEMIS-Datenbank** (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme, [U6]) angegebenen Treibstoffverbräuche und Emissionen NO_x , Feinstaub und $CO_{2,eq}$ pro gefahrenen Personenkilometer in die Luft.

Im Ergebnis beträgt der Anteil des Schienenersatzverkehrs 11% bzw. 19% der relevanten Umweltbelastungen beim konventi-

onellen Verfahren. Für das **gleisgebundene Verfahren** ergibt sich somit für den Betrachtungszeitraum bis 2020 ein Vorteil von ca. 10%, d.h. insgesamt eine um ca. **40% geringere Umweltbelastung**.

5. BEWERTUNG DER NACHHALTIGKEIT

Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass sich bei beiden Verfahren bezüglich Wiederverwertung der Altstoffe und der Reduzierung der Emissionen bei Maschinen und Fahrzeugen in den letzten Jahren ein beachtlicher Stand entwickelt hat.

Unter Berücksichtigung der baustellen-spezifischen Randbedingungen einer typischen Gleisbaustelle konnten mit dieser Ökobilanz deutliche ökologische Vorteile des gleisgebundenen Verfahrens nachgewiesen werden. »

Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit sind – Ökologie – Ökonomie – Soziales.

- Gutachterliche Studien und Zuarbeiten**
 Beurteilung der Standsicherheit und der dynamischen Stabilität im Verkehrswegebau
 FE-Modellierung, Verformungs-, Konsolidierungs- und Setzungsberechnung
 Baugrundbegutachtung und Gründungsberatung
- Objekt- und Tragwerksplanung**
 Verkehrs- und Tiefbau
 Spezialtiefbau, Untergründertüchtigung im Verkehrswegebau
 Stützbauwerke, Bauweisen mit Geokunststoffen
- Baubetreuung**
 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen
 Messtechnische Überwachung
 Abfallrechtliche Betreuung
 Bauüberwachung

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
Verkehrs- und Tiefbau und Umweltschutz mbH
Caspar-David-Friedrich-Straße 8
01219 Dresden
Tel. 0351 / 877 75 - 0
Fax 0351 / 877 75 - 55
Internet: www.gepro-dresden.de E-Mail: info@gepro-dresden.de

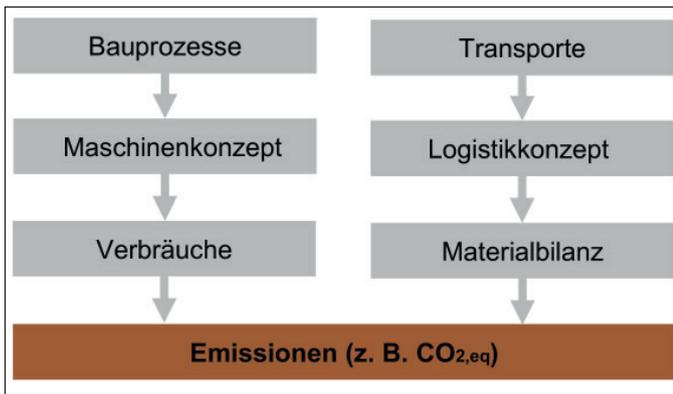


BILD 8: Verfahrensneutrale Ermittlung von baustellenspezifischen Emissionen

In Abhängigkeit von der Bauaufgabe und den Standortmerkmalen haben beide Verfahren ihre Berechtigung und können die technische Zielstellung gemäß Bild 1 in hoher Qualität realisieren. Ermöglichen Bauaufgabe und Standortmerkmale das **gleisgebundene bzw. Fließband-Verfahren**, ergeben sich bezüglich der gewählten Qualitäten zur Bewertung der Nachhaltigkeit nach Bild 1 überwiegend deutliche Vorteile.

Bei entsprechenden Standortbedingungen, Sperrpausenregime und Baulängen ist das **gleisgebundene bzw. Fließband-Verfahren**

Nachhaltig und wirtschaftlich ist, was lange hält! Lange hält, was gut gebaut und gut instandgehalten wird.

- durch die hohen Tagesleistungen, den hohen Anteil an Schotter- und ggf. Bodenwiederverwertung, den kontinuierlichen Einbau im Fließband-Verfahren und die Sperrpausenoptimierung ökonomisch günstiger,
- bezüglich der Flächenbeanspruchung – auch temporär – sowie dem Schutz von Natur und Umwelt, dem Umgang mit mineralischen Ressourcen und dem Anteil der Wiederaufbereitung, der Reduzierung der Treibstoffverbräuche, der Emissionen von Schadstoffen und des Lärms ökologischer,
- durch sein kontinuierliches Arbeiten mit dem Baugleis als Arbeits- und Transportebene, der Ver- und Entsorgung der Baustelle weitestgehend über das Baugleis und der Wiederaufbereitung von Schotter und Boden in der Umbaumachine von der Prozessqualität hochwertiger,
- mit seinen verfahrensabhängig geringeren Bau- und Sperrzeiten und damit auch geringeren Betriebsbeeinflussungen und Schienenersatzverkehre betrieblich deutlich vorteilhafter,
- bezüglich der Arbeits- und Betriebssicherheit auf der Baustelle und in den Gleisanlagen sicherer und
- bezüglich der Beanspruchung der Infra-

struktur und der Anwohner, die sich im örtlichen Wege- und Straßennetz aus Lärm, Staub, Schmutz und Verschleiß an der Infrastruktur ergibt, günstiger.

6. FAZIT UND AUSBLICK

Ökobilanzen sind ein geeignetes Instrument, komplexe Bauprozesse tiefgehend zu analysieren, zu vergleichen und zu bewerten. Im

Ergebnis erbringt die Bilanzierung grundlegende Aussagen sowohl zum eigenen Verfahren als auch

im Vergleich zum alternativen Bilanzobjekt. Der jeweilige Entwicklungsstand, Schwachstellen und notwendige Verbesserungspotentiale werden erkannt. So konnte mit den ersten Untersuchungen zur Ökologie und Nachhaltigkeit im Eisenbahnbau nachgewiesen werden, dass bei den untersuchten Bauverfahren ein beachtlicher Stand erreicht wurde, das gleisgebundene Verfahren meist ökologischer ist und Verbesserungen möglich sind.

Wesentliche Verbesserungsmöglichkeiten sind die mittelfristige Reduzierung von NO_x und Feinstaub sowie die langfristige Reduzierung von $CO_{2,eq}$, die Reduzierung von Lärm auf Baustellen und die Umstellung auf umweltfreundlichere Motoren (Euro 5/6) und Antriebe (z.B. die Hybridmaschine E³-Economic, Ecologic, Ergonomic, [U7]). Weiterhin ist geplant, die komplexen Prozesse der Instandhaltung im Sinne von Lebenszyklusbetrachtungen aus ökologischer und ökonomischer Sicht mit einzubeziehen.

Ziel der laufenden Arbeit ist es, das System so zu spezifizieren, dass ökologische Faktoren auch vergaberelevant angewendet werden können und über handhabbare Module baustellenspezifische Emissionen verfahrensneutral ausgewiesen und bewertet werden können (Bild 8).

Die ersten Untersuchungen zur Ökologie und Nachhaltigkeit im System Fahrweg-

Gleis machen deutlich, dass zukünftig die Betrachtung der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Ökologie – Ökonomie – Soziales – unumgänglich ist. So sollten angestrebte Optimierungen im Anlagenmanagement diese drei Dimensionen über den gesamten Lebenszyklus betrachten, wobei die technische und funktionale Qualität grundlegend ist. ◀

Literatur

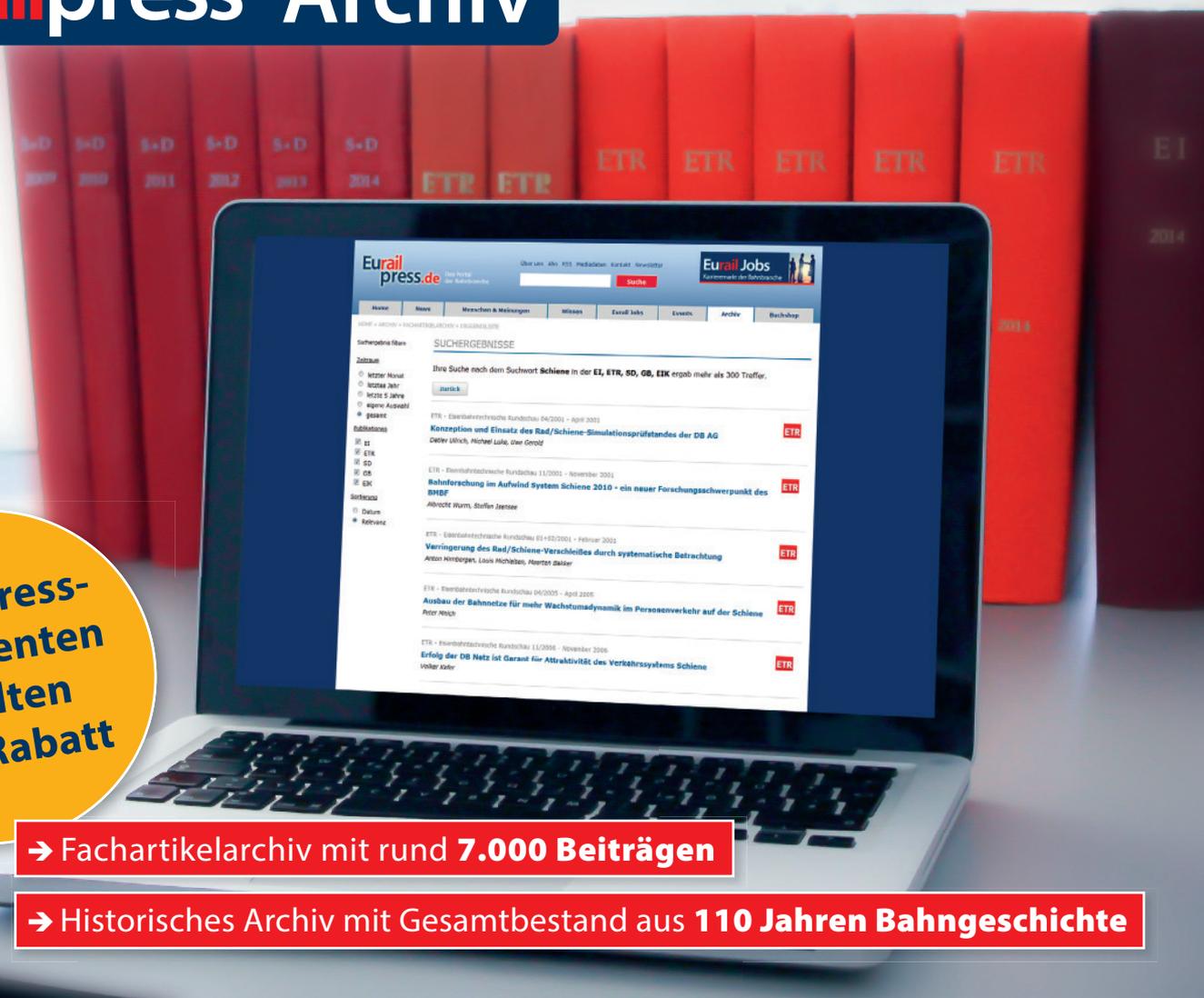
- [U1] HENNING, R.: Nachhaltigkeitswirtschaft. Der Schlüssel für Naturerhaltung und menschliches Überleben. Schriften zur Organik, Nr. 2. Verlag Braun & Behrmann, Quickborn, 112 S., 1991.
- [U2] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/>
- [U3] GEPRO INGENIEURGESELLSCHAFT MBH: Ökobilanz zur Unterbausanierung Gleisgebundener vs. Konventioneller Umbau, Zusammenfassender Bericht der bisher durchgeführten Untersuchungen. Dresden, 30.09.2016.
- [U4] Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V.: DIN ISO 14040 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 11/2009.
- [U5] Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V.: DIN ISO 14044 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 10/2006.
- [U6] <http://iinas.org/gemis-de.html>
Gemis Datenbank Version 4.9 Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme
- [U7] WENTY, R.; WIESINGER, R.: Future on Rail – Economic Ecologic Track Maintenance. AusRAIL PLUS, Adelaide, 2016.

► SUMMARY

Sustainability and ecology in railway engineering

The railway infrastructure creates the engineering basis for sustainable and environmentally friendly transport by rail. Initial ecological balance sheets have compared trackless and track-bound techniques for renewing railway track and have shown that the track-bound ones can be 30–40% more ecological. Optimisations in fixed-asset management ought in future to consider the three dimensions of sustainability: ecology, economics and social aspects.

Eurailpress Archiv



**Eurailpress-
Abonnenten
erhalten
50% Rabatt**

→ Fachartikelarchiv mit rund **7.000 Beiträgen**

→ Historisches Archiv mit Gesamtbestand aus **110 Jahren Bahngeschichte**

Nutzen Sie jetzt den Umfang unserer Fachbibliothek mit den Vorzügen einer modernen Suche!

Ihre Vorteile

- Wissensdatenbank Bahn
- Ständige Verfügbarkeit
- Neue Beiträge ab Erscheinungstag
- Sofort-Download
- Volltextsuche
- Feste Artikel-URL

