



Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
Association suisse des professionnels de la route et des transports
Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti
Swiss Association of Road and Transport Experts

Ökoinventare für Verkehrsinfrastruktur

Inventaires de cycle de vie pour l'infrastructure de transport

Life cycle inventories for transport infrastructure

**Carbotech AG
Cornelia Stettler
Gerrit Vorhoff**

**Analyseauftrag VSS 2022 A_505 des Schweizerischen Verbandes der
Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Oktober 2023

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Cornelia Stettler

Mitglieder

Gerrit Vorhoff

Federführende Fachkommission

Fachkommission 5.5: Ökobilanzen

Begleitkommission

Präsidium Projekt

Christian Pestalozzi

Mitglieder NFK 5.5

Marcel Achermann

Norbert Egli

Laure Gauthiez

Dr. Pierryves Padey

Thomas Pohl

Salome Schori

Simon Stocker

Michel Tripet

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Zusammenfassung	5
Zusammenfassung in einfacher Sprache	6
Résumé	7
Summary	9
1 Ausgangssituation und Zielsetzung	11
2 Vorgehen und Organisation	13
2.1 Methodik und Vorgehen	13
2.2 Projekt-Organisation und Motivation	14
3 Beschreibung Status-Quo (vorhandene Daten und Bedürfnisse)	15
3.1 Stand der Normen und Leitfäden	15
3.1.1 Relevante Normen im Tiefbau- und Infrastrukturbereich	15
3.1.2 Leitfäden	17
3.1.3 Fazit Normen und Leitfäden	18
3.2 Analyse vorhandener Daten	18
3.2.1 Ökobilanz- und Baustoff-Datenbanken (international)	19
3.2.2 Ökobilanz- und Baustoff Datenbanken (Fokus Schweiz)	20
3.2.3 Ökobilanz-Anwendungen	20
3.2.4 Überblick vorhandener Literatur, publizierte Studien und Dokumentationen	21
3.2.5 Ergebnisse aus sonstigen Ökobilanz-Projekten	23
3.3 Bedürfnisse: Interviews mit Fachpersonen	23
3.4 Fazit Bedürfnisabklärung	25
4 Gap-Analyse	27
4.1 Beschreibung der Struktur zur Einordnung	27
4.2 Anspruch an Qualität und Vollständigkeit	30
4.3 Evaluation des Anpassungs- und Ergänzungsbedarf	30
4.3.1 Überblick über die identifizierten Inventar-Lücken	30
4.3.2 Auflistung der identifizierten Inventar-Lücken	33
4.4 Fazit Gap-Analyse	54
5 Kostenschätzung	55
6 Möglichkeiten der Finanzierung und Kooperation zur Schliessung des Bedarfs	58
7 Einbindung der Grundnorm und Instrumente zur Bewertung	60
8 Ergebnis und Diskussion	63
8.1 Ergebnis / Gesamtfazit	63
8.2 Diskussion	65

8.3	Ausblick.....	65
	Glossar	67
	Abkürzungsverzeichnis	68
	Literaturverzeichnis	69

Zusammenfassung

Durch die Klimaziele des Bundes (Netto-Null bis 2050) sind insbesondere öffentliche Bauherren aufgefordert, umweltrelevante Aspekte und im speziellen die Treibhausgasemissionen, zu berücksichtigen. Die Lebenszyklusbetrachtung (Ökobilanz) ist die heute anerkanntermassen umfassendste Methode zur Beurteilung der Umweltauswirkungen über den gesamten Lebensweg von Produkten, Infrastrukturen und Dienstleistungen. Die Basis, um Ökobilanzen effizient und dennoch mit hoher Qualität durchführen zu können, bilden Ökoinventare, welche als Hintergrunddaten für die Berechnung verwendet werden.

Diese Daten sind für den Tiefbau jedoch nur lückenhaft, z. B. durch Überschneidung mit Hochbau-Daten, oder gar nicht vorhanden, sodass sich die Ökobilanzierung als Bewertungs- und Entscheidungshilfe im Tiefbau noch nicht flächendeckend durchgesetzt hat. Um Ökobilanzierungen im Tiefbau zu erleichtern, werden relevanten Datenlücken in diesem Projekt identifiziert, auch um eine Grundlage für Folgeprojekte, zur Erarbeitung dieser Inventare bereitzustellen. Langfristiges Ziel ist es, umweltorientierte Lebenszyklusbetrachtungen als Teil einer umfassenden Nachhaltigkeitsbeurteilung bei der Planung und Durchführung von Projekten der Verkehrsinfrastruktur zu ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund wurden die Möglichkeiten zur Anknüpfung an die Normen «SN 641 800 Nachhaltigkeitsbeurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten» überprüft und Einsatzmöglichkeiten im Rahmen der Instrumente NISTRA, NIBA, SIA 112/2, SuRe und NNBS identifiziert.

Um etwaige Datenlücken zu identifizieren, wird ein mehrdimensionaler Ansatz aus Analyse bestehender Datenbanken, Literaturrecherche und Gesprächen mit Tiefbau-Fachpersonen gewählt. Dazu wurden Gespräche mit acht Fachpersonen aus der Praxis und Forschung, sowie von Auftraggeber- und Auftragnehmerseite geführt und diverse Studien und Dokumentationen auf die Datenverwendbarkeit zur Schliessung der Lücken bewertet. Zusätzlich wurden vier etablierte (Ökobilanz-)Datenbanken und die Hintergrunddatenbanken von weiteren vier Anwendungen analysiert, sowie eine Recherche zu aktuell laufenden und vergangenen Ökobilanzprojekten durchgeführt.

Als Ergebnis wurde ein Bedarf von knapp 80 weiteren Ökobilanz-Inventaren identifiziert, die sich sowohl aus spezifischen Inventaren für den Tief- und Infrastrukturbau, als auch andere Baubereiche zusammensetzen. Diese umfassen unterschiedlichen Typen: Baumaterialien, Baumaschinen, Bauverfahren und generische Standard-Elemente.

Die Inhalte reichen von generischen Inventaren, z.B. für eine durchschnittlich Foundation, bis hin zu speziellen Inventaren, z.B. Relining-Verfahren für Rohrsanierung. Zusätzlich reicht die Komplexität von einfach, z.B. Natursteine, bis sehr komplex und vielseitig, z.B. für ein generisches Tunnelbauinventar in offener oder geschlossener Bauweise. Auch der Aufwand in der Aufbereitung der Inventare ist individuell sehr unterschiedlich und kann von einer fehlenden Publikation bis zur vollständigen Datenerhebung inkl. Erarbeitung der grundlegenden Daten reichen. Für drei Viertel der Inventare (56/79) konnten bereits eine Datenbasis recherchiert werden, sodass keine vollständige Erarbeitung geleistet werden muss. Es wird eine gestaffelte Erarbeitung vorgeschlagen, beginnend mit 26 Inventaren hoher Priorität.

Zusammenfassung in einfacher Sprache

Die Schweizer Regierung hat festgelegt, dass wir bis 2050 keine schädlichen Gase mehr in die Luft abgeben sollen, um das Klima zu schützen. Deshalb müssen Bauprojekte wie Straßen und Gebäude umweltfreundlich sein. Die beste Methode, um die Auswirkungen auf die Umwelt von Anfang bis Ende eines Projekts zu bewerten, ist die Lebenszyklusanalyse. Dabei werden Informationen über verschiedene Materialien und Prozesse gesammelt und für unsere Umwelt bewertet.

Leider haben wir nicht genug Daten für Bauprojekte im Tiefbau, zum Beispiel für bestimmte Materialien oder Tunnel. Manche Daten sind schon vorhanden, aber sie passen nicht genau zu unseren Projekten. In diesem Projekt wollen wir herausfinden, welche Daten fehlen, damit wir sie in der Zukunft haben. Das langfristige Ziel ist es, umweltfreundliche Analysen bei der Planung und Entscheidung von Projekten einzusetzen.

Um das zu erreichen, haben wir verschiedene Regeln und Werkzeuge untersucht. Wir haben mit Experten gesprochen und Studien analysiert. Außerdem haben wir Datenbanken durchsucht und nach ähnlichen Projekten gesucht.

Wir haben fast 80 Daten gefunden die fehlen, die wir für die Analysen aber brauchen. Sie betreffen verschiedene Materialien, Maschinen und Bauprozesse.

Einige Informationen sind allgemein und gelten für viele Projekte, zum Beispiel Fundamente. Andere sind spezifisch und betreffen nur bestimmte Arten von Bauarbeiten, wie die Sanierung von Rohren. Manche Informationen sind einfach zu finden, zum Beispiel über Natursteine. Andere sind komplizierter und erfordern mehr Arbeit, zum Beispiel ganze Brücken.

Für drei Viertel der Informationen haben wir schon eine Datenbasis gefunden, sodass sie nicht komplett neu erstellen werden müssten. Es wird vorgeschlagen, die wichtigsten Daten zuerst und dann nach und nach die anderen zu ergänzen.

Résumé

Les objectifs climatiques de l'État fédéral (zéro émission nette d'ici 2050) obligent les maîtres d'ouvrage publics à prendre en compte les aspects environnementaux, en particulier les émissions de gaz à effet de serre. L'analyse du cycle de vie (ACV) est aujourd'hui reconnue comme la méthode la plus complète pour évaluer l'impact environnemental sur l'ensemble du cycle de vie des produits, des infrastructures et des services. Les inventaires du cycle de vie, qui sont utilisés comme données de base pour le calcul, constituent la base pour réaliser des analyses du cycle de vie de manière efficace et de haute qualité.

Ces données ne sont toutefois disponibles que de manière incomplète pour le génie civil, par exemple en raison d'un chevauchement avec les données du bâtiment, ou ne sont pas disponibles du tout, de sorte que l'ACV ne s'est pas encore imposée à grande échelle comme outil d'évaluation et d'aide à la décision dans le domaine du génie civil. Afin de faciliter les évaluations du cycle de vie dans le domaine du génie civil, les lacunes en matière de données sont identifiées dans le cadre de ce projet, afin de fournir une base pour les projets de suivi, pour le développement de ces inventaires. L'objectif à long terme est de permettre des évaluations du cycle de vie axées sur l'environnement dans le cadre d'une évaluation globale de la durabilité lors de la planification et de la mise en œuvre de projets d'infrastructures de transport.

Dans ce contexte, les possibilités de lien avec les normes "SN 641 800 Évaluation de la durabilité des projets d'infrastructure routière" ont été examinées et les applications possibles ont été identifiées dans le cadre des instruments NISTRA, NIBA, SIA 112/2, SuRe et NNBS.

Pour identifier les lacunes en matière de données, une approche multidimensionnelle comprenant l'analyse des bases de données existantes, l'examen de la littérature et des entretiens avec des professionnels du génie civil a été appliquée. À cette fin, des entretiens ont été menés avec huit experts issus de la pratique et de la recherche, ainsi que du côté du client et de l'entrepreneur, et diverses études et documentations ont été évaluées quant à la possibilité d'utiliser les données pour combler les lacunes. En outre, quatre bases de données (ACV) établies et les bases de données de base de quatre autres applications ont été analysées, et des recherches ont été menées sur des projets ACV actuels et passés.

En conséquence, un besoin de près de 80 inventaires d'ACV supplémentaires a été identifié, comprenant des inventaires spécifiques pour le génie civil et la construction d'infrastructures, ainsi que pour d'autres secteurs de la construction. Ces inventaires sont de différents types: matériaux de construction, machines de construction, procédés de construction et éléments standard génériques.

Le contenu va des inventaires génériques, par exemple pour une fondation moyenne, aux inventaires spécifiques, par exemple les procédures de regarnissage pour la réhabilitation des canalisations. En outre, la complexité va du simple, par exemple pour les pierres naturelles, au très complexe et polyvalent, par exemple pour un inventaire générique des tunnels en construction ouverte ou fermée. L'effort de préparation des inventaires varie également considérablement et peut aller d'une publication manquante à une collecte de données complète, y compris l'élaboration des données de base. Pour les trois quarts des inventaires (56/79), une base de données a déjà pu être recherchée, de sorte qu'il n'est pas

nécessaire de procéder à un développement complet. Un développement échelonné est proposé, en commençant par 26 inventaires hautement prioritaires.

Summary

Due to the climate goals of the federal government (net zero by 2050), public developers in particular are required to take into account environmentally relevant aspects and, in particular, greenhouse gas emissions. Life cycle assessment (LCA) is today recognized as the most comprehensive method for assessing the environmental impact over the entire life cycle of products, infrastructures and services. Life cycle inventories, which are used as background data for the calculation, form the basis for carrying out life cycle assessments efficiently and yet with high quality.

However, these data are only available in part for civil engineering, e.g. due to overlap with structural engineering data, or not at all, so that life cycle assessment as an evaluation and decision-making aid in civil engineering has not yet become widely established. In order to facilitate life cycle assessments in civil engineering, relevant data gaps are identified in this project, also to provide a basis for follow-up projects, for the development of these inventories. The long-term goal is to enable environmentally oriented life cycle assessments as part of a comprehensive sustainability assessment in the planning and implementation of transport infrastructure projects.

Against this background, the possibilities for linking to the standards "SN 641 800 Sustainability assessment of road infrastructure projects" were reviewed and possible applications identified within the framework of the instruments NISTRA, NIBA, SIA 112/2, SuRe and NNBS.

To identify any data gaps, a multi-dimensional approach consisting of analysis of existing databases, literature review, and interviews with civil engineering professionals is applied. For this purpose, interviews were conducted with eight experts from practice and research, as well as from the client and contractor side, and various studies and documentation were evaluated for data usability to fill the gaps. In addition, four established (LCA) databases and the background databases of four other applications were analyzed, and research was conducted on current and past LCA projects.

As a result, a need for nearly 80 additional LCA inventories was identified, consisting of specific inventories for civil engineering and infrastructure construction, as well as other construction sectors. These include different types: Construction Materials, Construction Equipment, Construction Methods, and Generic Standard Elements.

The contents range from generic inventories, e.g. for an average foundation, to specific inventories, e.g. relining procedures for pipe rehabilitation. In addition, the complexity ranges from simple, e.g. natural stones, to very complex and versatile, e.g. for a generic tunneling inventory in open or closed construction. Also, the effort in the preparation of the inventories varies individually and can range from a missing publication to a complete data collection including the elaboration of the basic data. For three quarters of the inventories a data basis could already be researched, so that no complete development must be carried out. A staggered development is proposed, starting with 26 inventories of high priority.

1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Bei der Planung von Projekten der Verkehrsinfrastruktur müssen umweltrelevante Aspekte zunehmend berücksichtigt werden. Die Lebenszyklusbetrachtung (Ökobilanzierung) ist die heute anerkanntermassen umfassendste Methode zur Beurteilung der Umweltauswirkungen über den gesamten Lebensweg von Produkten, Infrastrukturen und Dienstleistungen. Die Basis, um Ökobilanzen effizient und dennoch mit hoher Qualität durchführen zu können, bilden Ökoinventare, welche als Hintergrunddaten für die Berechnung verwendet werden.

Im Zusammenhang mit der Inkraftsetzung des revidierten Bundesgesetzes über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB) [1] per 1. Januar 2021 erlangen Ökobilanzen eine gesteigerte Bedeutung im Beschaffungsprozess von Bund und Kantonen. Das gründet darauf, dass bei der Umsetzung des BöB ein besonderes Augenmerk auf dem vom Bundesparlament gewünschten Paradigmenwechsel im öffentlichen Beschaffungswesen hin zu mehr Nachhaltigkeit und Qualitätswettbewerb liegt. Die Abstimmung vom 18. Juni 2023 Zum Klima- und Innovationsgesetz ist zusätzlich ein starker Indikator, Ökobilanzen als wissenschaftlich fundierte Entscheidungsgrundlage weiter zu etablieren, um die bestätigten Klimaziele zu erreichen.

Für den Hochbau wurden in den letzten 20 Jahren viele zur Ökobilanzierung benötigten Daten erarbeitet und den beteiligten Akteuren, wie Architekten, Ingenieuren und Planern zur Verfügung gestellt, zum Beispiel über die KBOB-Ökobilanzdaten im Baubereich, sia-Baustoffkennwerte oder Datenbanken wie ecoinvent. Anders als für den Hochbau, sind diese Daten für den Tiefbau jedoch nur lückenhaft, z. B. durch Überschneidung mit Hochbau-Daten, oder gar nicht vorhanden, sodass sich die Ökobilanzierung als Bewertungs- und Entscheidungshilfe im Tiefbau noch nicht flächendeckend durchgesetzt hat.

Um eine fundierte Beurteilung von Infrastrukturprojekten als Teil des Tiefbaus zu erleichtern, ist es sinnvoll, die notwendigen Datenlücken zu identifizieren, zu schliessen und Anwender*innen zur Verfügung zu stellen. Langfristiges Ziel ist es, umweltorientierte Lebenszyklusbetrachtungen (Ökobilanzen) als Teil einer umfassenden Nachhaltigkeitsbeurteilung bei der Planung und Durchführung von Projekten der Verkehrsinfrastruktur zu ermöglichen. Dafür sind Ökoinventare der wichtigsten Baustoffe und Bauprozesse sowie für Unterhalt und Betrieb erforderlich. Für eine praktikable und effiziente Anwendung müssen auch unterschiedliche Detaillierungsgrade in Abhängigkeit des Projektstatus angeboten werden.

Als Standard und Ziel bezüglich Qualitätsanforderungen an genannte Ökobilanzdaten werden die Vorgaben der UVEK-Datenbank als Orientierung verwendet. Diese enthalten Regelungen zur Vollständigkeit, Transparenz, Dokumentation und zum Umfang der Kenngrössen.

Vor diesem Hintergrund ist es ebenfalls angezeigt, die Möglichkeiten zur Anknüpfung an die Norm «SN 641 800 Nachhaltigkeitsbeurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten» zu prüfen und Einsatzmöglichkeiten im Rahmen der Instrumente NISTRA, NIBA, SIA 112/2, SuRe und NNBS zu identifizieren. Hierzu ist zu klären, ob allenfalls Anpassungen der Norm oder der Instrumente angezeigt sind.

Mit der in diesem Projekt vorzunehmenden Analyse werden die für die Verkehrsinfrastruktur wesentlichen fehlenden Inventare identifiziert. Das erlaubt zum Ersten eine Überprüfung der erwähnten Grundnorm bezüglich Kompatibilität mit den Anforderungen des revidierten BöB, zum Zweiten wird die Grundlage geschaffen, um in späteren separat folgenden Projekten fehlende Kenndaten qualitätsgesichert zu erheben und bereitzustellen.

Ausserdem stehen viele Organisationen aktuell vor der Herausforderung ihren Scope 3 gemäss GHG-Protokoll adäquat und mit vertretbarem Aufwand zu bewerten. Durch die Bereitstellung weiterer Ökobilanzdaten im Tiefbau und Baubereich allgemein, kann diese Situation verbessert werden. Dies betrifft insbesondere die Kategorie Scope 3.1 «Eingekaufte Güter und Dienstleistungen».

Die beiden grössten Treibhausgas-Emittenten der Schweiz nach Sektoren [61] sind der Verkehr (ohne Luftfahrt) mit 31% und Gebäude mit 26%. In beiden Sektoren können die Datengrundlagen durch die Folgeprojekte verbessert werden. Eine Verringerung der Emissionen ist insbesondere in diesen Sektoren enorm wichtig.

2 Vorgehen und Organisation

Auf Ökobilanzen basierende Informationen werden in verschiedenen Projektphasen eines Bauwerks genutzt: Von frühen Planungsphasen, z.B. beim Vergleich verschiedener Ausführungsvarianten oder Konstruktionsweisen, als Teil einer Nachhaltigkeitsprüfung, bei der Devisierung und der Auswahl ökologisch vorteilhafter Baustoffe bis hin zum Betrieb, Unterhalt und dem Rückbau.

Damit eine hohe Aussagekraft der Ökobilanz eines Bauwerks gesichert ist, bedarf es dabei einer soliden Datengrundlage. Für den Hochbau ist diese mit der KBOB-Empfehlung «Ökobilanzdaten im Baubereich» und den zugehörigen Datenqualitätsrichtlinien im Wesentlichen vorhanden. Für den Bereich Infrastrukturbau/Tiefbau fehlt eine solche Datenbasis jedoch bisher weitestgehend, obwohl davon auszugehen ist, dass zumindest ein Teil der Daten des Hochbau im Tief- und Infrastrukturbau verwendet werden können.

Das vorliegende Projekt wird die Basis dafür schaffen, dass Ingenieuren, Planern und Umweltfachleuten in Zukunft auch bei Verkehrsinfrastrukturen aktuelle, qualitätsgesicherte und kompatible Ökobilanzdaten zur Verfügung gestellt werden können, die verschiedene Detaillierungsgrade berücksichtigen. Synergien mit bereits vorhandenen Kenndaten sollen möglichst genutzt werden. Zentral dabei ist, dass die primär benötigten Bauprodukte, Bauprozesse, Unterhalts- und Betriebsarbeiten gemeinsam mit Fachleuten aus der Praxis und Fachverbänden ermittelt werden.

2.1 Methodik und Vorgehen

Um etwaige Datenlücken zu identifizieren, wird ein mehrdimensionaler Ansatz aus Analyse bestehender Datenbanken, Literaturrecherche und Gesprächen mit Tiefbau-Experten gewählt. Um dem Anspruch der Ganzheitlichkeit von Lebenszyklusanalysen gerecht zu werden, wird die Vollständigkeit der Bau- und Lebensphasen über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt und fließt in die Bewertung mit ein. Um die spätere Anwendbarkeit und damit den Nutzen zu gewährleisten, berücksichtigen wir die Bedürfnisse bezüglich Detaillierungsgrad der verschiedenen Projekt-Phasen von der frühen Phase der Planung/Vorstudie des Projekten bis zum Rückbau und der Entsorgung.

Im Fokus liegen Inventare im Tiefbau mit Fokus auf Verkehrsinfrastruktur der Bahn und Strassen. Dies beinhaltet dazu notwendige Kunstbauten (z.B. Tunnel, Brücken), als auch Infrastruktur, die direkt mit dem Bau von z.B. Strassen zusammenhängt, beispielsweise Leitungsbau.

Eine allfällige Datenerhebung und Veröffentlichung in Form der gebräuchlichen Ökobilanz-Datenformate sowie als schriftliche Berichte würde in separaten Projekten erfolgen. Die Daten können so namentlich auch den Entwicklern von Planungswerkzeugen zur Verfügung gestellt werden. Die KBOB-Fachgruppe Nachhaltiges Bauen erachtet ein solches Vorgehen als sinnvoll.

Die weitere Ausarbeitung von Textvorschlägen für eine Anpassung der Grundnorm sowie Vorschläge der Ergänzung der Instrumente NIBA, NISTRA und SNBS werden zu einem späteren Zeitpunkt in separaten Projekten erfolgen.

2.2 Projekt-Organisation und Motivation

Auftraggeber ist der Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), konkret die Normierungs- und Forschungskommission (NFK) 5.5 Ökobilanzen. Das Projekt Präsidium übernimmt Christian Pestalozzi als Ansprechpartner und Vertretung der Auftraggeberseite. Auftragnehmerin ist die Umwelt- und Nachhaltigkeitsberatung Carbotech AG, der Projektauftrag wird von Cornelia Stettler (Projektleitung), ebenfalls Mitglied der NFK 5.5, und Gerrit Vorhoff wahrgenommen.

Die Kommunikation zwischen Auftraggeber und Auftragnehmerin findet in regelmässigem Austausch über die NFK 5.5-Sitzungen statt.

Beide Parteien sind bestrebt Ökobilanzen als Werkzeug zur ökologischen Beurteilung und Entscheidungsfindung in Tiefbauprojekten zu fördern und zu etablieren. Dieses Projekt soll einen Baustein dazu beitragen, fundierte und ökologisch vorteilhafte Entscheidungen zu treffen, um Nutzen für die Umwelt zu generieren. Darüber hinaus und damit einhergehend soll das steigende Interessen der im Tiefbau beteiligten Akteure an ökologischer Beurteilung bedient werden, nicht zuletzt ausgelöst durch veränderte Anforderungen aus Gesetzen und Vorgaben, wie dem BöB oder dem im Juni bestätigten Klima- und Innovationsgesetz.

3 Beschreibung Status-Quo (vorhandene Daten und Bedürfnisse)

Um den Bedarf an Inventaren zu verstehen, wird zunächst ein Überblick über das vorhandene Normen-Werk und Leitfäden gegeben, die für Nachhaltigkeit im Tief- und Infrastrukturbereich relevant sind. Anschliessend werden die vorhandenen Ökobilanzdatenbanken, Hintergrunddaten aus Ökobilanz-Anwendungen und relevante Literatur und Studien vorgestellt. Zusätzlich wird ein kurzer Überblick über öffentliche, oder bekannte Ökobilanzierungsprojekte gegeben, bevor der Bedarf aus Gesprächen mit Fachpersonen formuliert und den vorhandenen Daten gegenübergestellt wird.

3.1 Stand der Normen und Leitfäden

Das Thema der ökologischen Bewertung, beziehungsweise Nachhaltigkeit generell, hat in Grundzügen bereits Einzug in die Normenwelt erhalten. Die in der Schweiz für den Infrastruktur- und Tiefbau relevanten Normen mit Nachhaltigkeitsbezug werden im Folgenden genannt und deren Nachhaltigkeitsaspekte und Anforderungen kurz beschrieben. Die Reihenfolge spiegelt keine Wertung wider.

Bevor eine Übersicht der Normen gegeben wird ist festzuhalten, dass sich eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) von einer Ökobilanz unterscheidet. Eine UVP ist ein Genehmigungsverfahren im Rahmen von Bauprojekten, in welchem die potenziellen Auswirkungen eines Bauvorhabens auf die Umwelt bewertet werden. Diese werden für verschiedene Faktoren wie Luftqualität, Lärm, Boden- und Wasserverschmutzung auf dem Bauperimeter, also sehr lokal, untersucht. Eine Ökobilanz hingegen analysiert die Umweltauswirkungen eines Bauvorhabens über seinen gesamten Lebenszyklus, von der Materialgewinnung bis zur Entsorgung. Während die UVP auf die Bewertung vor der Genehmigung abzielt, liefert die Ökobilanz quantitative Daten, um umweltfreundlichere Entscheidungen zu treffen und den Ressourcenverbrauch zu optimieren.

3.1.1 Relevante Normen im Tiefbau- und Infrastrukturbereich

SNBS - Infrastruktur (NNBS) [3]

Der SNBS Infrastruktur (NNBS) ist ein übergreifendes Konzept für nachhaltiges Bauen in für die Schweiz im Infrastrukturbereich. NNBS deckt neben dem hier relevanten Bereich Mobilität auch Infrastruktur im Bereich Wasser, Schutzbauten, Energie und Kommunikation ab. Die Nachhaltigkeitsbewertung basiert auf insgesamt 75 Indikatoren, von denen 28 Indikatoren die ökologische Nachhaltigkeit betreffen.

Der Standard ist auf der Basis der Norm SIA 112/2 «Nachhaltiges Bauen – Tiefbau und Infrastrukturen» entwickelt, sodass er kompatibel zu bestehenden Instrumenten der Nachhaltigkeitsbewertung von Infrastrukturen ist. Dazu gehören etwa die schweizerischen Instrumente NIBA und NISTRA oder das internationale SuRe. Auch die Vorgaben der Umweltverträglichkeitsprüfung sind berücksichtigt.

Beim Kriterium 1.5.1 «Ressourceneffizienz» werden Ökobilanzen als Hilfsmittel zur Optimierung empfohlen.

Die Rückbauphase ist zumindest durch ein Kriterium «Rückbaufähigkeit» teilweise abgedeckt. Dennoch sollte die Phase vollständig, also inklusive eventuellem Abriss und Entsorgung, abgedeckt werden.

SuRe - The Standard for Sustainable and Resilient Infrastructure [2]

Der SuRe Standard ist ein global gültiger freiwilliger Standard, der die Nachhaltigkeit und Widerstandsfähigkeit von Infrastrukturen über 62 Indikatoren abbildet, von denen 18 Indikatoren auf den Bereich «Umwelt» entfallen. Der SuRe Standard empfiehlt explizit die Erarbeitung einer Lebenszyklusanalyse gemäss ISO 14044 bzw. ISO14040.

Ziel des Standards ist es den Projektträgern als Anleitungen für die Entwicklung von nachhaltigen Infrastrukturprojekten gemäss sozialen, ökologischen und Governance-Kriterien zu dienen und andererseits eine hohe Leistung in Bezug auf Nachhaltigkeit und Widerstandsfähigkeit der Infrastruktur abzusichern. Der Standard wurde von der Schweizer Global Infrastructure Basel Foundation und der französischen Bank Natixis entwickelt.

SIA SN 530 112/2:2016 - Nachhaltiges Bauen - Tiefbau und Infrastrukturen (sia) [5]

Ist eine Norm für nachhaltiges Planen und Ausführen von Tiefbauten und Infrastrukturen. Neben der Phasengliederung des SIA (SIA 103 und SIA 112) bezieht sich die vorliegende Norm explizit auch auf andere Leistungsgliederungen, vor allem des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) und des Bundesamts für Strassen (ASTRA).

Die Norm ist auf Neubau-, Umbau-, Instandsetzungs- und Erweiterungsvorhaben im Tiefbau- und Infrastrukturbereich ausgelegt und schliesst technische Infrastrukturen mit Schwerpunkt auf Bauwerke, die an oder unter der Erdoberfläche liegen, sowie Kunstbauten im Verkehrswegebau oder in Leitungsnetze mit ein.

Die SIA-Norm formuliert in Summe 31 Teilziele (drei übergeordnete, zehn gesellschaftliche, fünf wirtschaftliche und 13 Ziele für die Umwelt).

Insbesondere wäre es wünschenswert, wenn die SIA-Leistungsphasen den kompletten Lebenszyklus eines Bauvorhabens abdecken würde. Eine Ergänzung der Rückbauphase sollte erfolgen.

VSS SN 641 800 Nachhaltigkeitsbeurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten [6]

Die VSS-Grundnorm ermöglicht die Nachhaltigkeitsbeurteilung von Strasseninfrastruktur auf allen Projektstufen und dient in erster Linie der Beurteilung von Neu- und Ausbauprojekten im Infrastrukturbau, allerdings nicht für allgemeine verkehrsorganisatorische oder -politische Massnahmen. Die Norm ermöglicht sowohl eine vorausschauende, als auch eine zurückschauende Bewertung.

Eine Beurteilung durch die Grundnorm macht die Vor- und Nachteile eines Projektes quantitativ und qualitativ transparent und unterstützt somit Entscheidungsfindungen bezüglich nachhaltiger Entwicklung. Dazu werden die Bereiche Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt über 25 Indikatoren abgebildet. Eine Ökobilanzierung wird nicht erwähnt.

Die Grundnorm ist angeknüpft an Planungsprozess über VSS 40 027 und präzisiert die Zweckmässigkeitsbeurteilung und ist eine Ergänzung und keine Ersatz für Umweltverträglichkeitsprüfung. Dabei bauen die Indikatoren der VSS-Grundnorm auf dem Ziel- und Indikatorensystem UVEK (ZINV UVEK) auf.

3.1.2 Leitfäden

ZINV - Ziel- und Indikatorensystem nachhaltiger Verkehr [7]

Das Ziel- und Indikatorensystem nachhaltiger Verkehr UVEK (ZINV UVEK) bildet die verbindliche Grundlage im Departement um Verkehrsvorhaben mit Sicht auf die Nachhaltigkeit zu beurteilen. Das Zielsystem beinhaltet neun Teilziele zu Ökologie, acht Teilziele zu Wirtschaft und weitere acht Teilziele zum Bereich Gesellschaft, die das Gesamtverkehrssystem mitbetrachten.

ZINV wurde unter der Prämisse entwickelt, dass sich aufgrund mangelnder Daten und aus methodischen Gründen eine Gewichtung und Aggregation der Indikatoren als schwierig erweist. Daher setzt ZINV auf eine pragmatisch-qualitative Beurteilung (+, 0, -) der Teilziele. Konkrete Indikatoren sollen aufgrund der Individualität je nach Projektstand, Detaillierungsgrad und der Verfügbarkeit von Informationen projektspezifisch festgelegt werden.

NISTRA – Nachhaltigkeits-Indikatoren für STRAsseninfrastrukturprojekte [8]

NISTRA ist ein vom Bundesamt für Strassen entwickeltes Instrument zur Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten, welches Nachhaltigkeitsindikatoren berücksichtigt. Das Zielsystem von NISTRA beruht auf dem departementsübergreifenden Ziel- und Indikatorensystem nachhaltiger Verkehr (ZINV) des UVEK.

Ein Projekt wird anhand von 42 Indikatoren aus den Bereichen direkte Kosten, Verkehrsqualität, Sicherheit, Siedlungsentwicklung, Umwelt sowie Realisierung und Kohärenz bewertet. Diese Indikatoren werden zum Teil monetarisiert (in Franken), zum Teil quantifiziert (in Wirksamkeitspunkten) und zum Teil qualitativ (in Worten bzw. auf einer Skala von -3 bis +3) dargestellt. NISTRA besteht somit aus einer Kosten-Nutzen-Analyse, einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse und einer qualitativen Analyse. Die verschiedenen Teilergebnisse werden bewusst nicht zu einer einzigen Masszahl verdichtet, sondern in einem übersichtlichen Tableau transparent gemacht. Damit werden Interessenkonflikte innerhalb der Projekte aufgezeigt. Die Indikatoren decken alle drei Nachhaltigkeitsdimensionen (Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt) ab. Für das Teilziel U211 Klimabeeinträchtigung, ist bereits eine Klimabilanz der Verkehrsanalyse berücksichtigt. Die Bilanzierung des Bauprojektes ist nicht enthalten, erfahrungsgemäss auch untergeordnet relevant im Vergleich zu den Verkehrsemissionen, aber dennoch wichtig.

NIBA – Nachhaltigkeits-Indikatoren für Bahninfrastrukturprojekte [9]

NIBA ist ein vom Bundesamt für Verkehr (BAV) entwickelter Leitfaden zur Bewertung von Projekten im Schienenverkehr. Die dem Leitfaden zugrundeliegende Methode basiert auf dem Ziel- und Indikatorensystem nachhaltiger Verkehr (ZINV) des UVEK.

Mit NIBA wird der Zustand nach Umsetzung eines Projektes (Planfall) mit dem Zustand ohne Umsetzung des Projektes (Referenzfall) verglichen. Dabei werden auch Verkehrsverlagerungen von der Strasse auf die Schiene berücksichtigt. Auch NIBA deckt die drei Dimensionen Ökologie, Wirtschaft und Gesellschaft über 25 Teilziele ab, von denen die ersten neun Ziele auf den Bereich Ökologie entfallen. Die Bewertungen der ökologischen Teilziele Luftschadstoffemissionen, Lärmbelastung und Treibhausgasemissionen beruhen auf einer Verkehrsanalyse und werden über Tonnen-, Personen- und Fahrzeugkilometer in eine Kosten-Nutzen-Rechnung in CHF überführt. Daneben findet eine Bewertung über

deskriptive Indikatoren für die Teilziele: Lärm, Landschaftsbild, Qualität Lebensräume und Gewässer und nicht erneuerbarer Energieverbrauch statt.

3.1.3 Fazit Normen und Leitfäden

Es gibt aktuell keine Norm/Leitfaden, in der die Berechnung einer Klima- oder Umweltbilanz gefordert wird. Dies entspricht nicht dem Stand der Technik. Einzig SuRe und NNBS empfehlen die Erarbeitung einer Öko-/Klimabilanz. Jede der untersuchten Normen bietet einen, oder mehrere geeignete Abschnitte, die Bewertung über Ökobilanzen als Werkzeug zur ökologischen Beurteilung und Entscheidungsfindung vorzuschlagen und/oder zu fordern. Insbesondere auf Ebene einzelner Indikatoren drängt sich hier der Einsatz von Ökobilanzen nahezu auf. Langfristiges Ziel sollte es sein, eine fundiert pragmatische ganzheitliche Betrachtung des Projektes zu etablieren. Dies würde einerseits bedeuten, dass neben CO₂ auch die möglichst vollständige Umweltbelastung, z.B. mit der Schweizerischen Methode der ökologischen Knappheit, berechnet wird. Ausserdem sollte das Bauprojekt über den kompletten Lebenszyklus, inklusive Errichtung, Bewirtschaftung, Sanierung, Rückbau, Entsorgung, Transporten und Maschineneinsatz bewertet werden. Für eine vollständige Aussage ist es darüber hinaus notwendig, eine Bewertung des Bauprojekts innerhalb des Gesamtsystems vorzunehmen, indem man die Verkehrsanalyse mit einbezieht.

Eine ökologische Bewertung über Ökobilanzen sollte aus unserer Sicht zum Standard innerhalb der Normen und Leitfäden werden. Dies würde die Erreichung der Klimaziele unterstützen und den Umweltschutz stärken.

Wir empfehlen daher die weitere Etablierung von Ökobilanzen. Dazu ist es wichtig, die Daten so anzubieten, dass sie dem Detailgrad der Planungs-/Bauphase entsprechen: Grobe Daten für Abschätzungen und Vergleiche auf hoher Flugebene zur Unterstützung der Konzeptfindung und Planungsphase und darauf aufbauend Ausbau/Detaillierung der Analyse entsprechend des wachsenden Detaillierungsgrads über die Projektphasen.

3.2 Analyse vorhandener Daten

Um den letztendlichen Bedarf an neuen Ökoinventaren festzulegen, ist es notwendig zunächst einen Überblick über die vorhandenen Ökoinventare zu erhalten. Dazu wurden Überschneidungen aus Interviews und Recherche mit vorhandenen Daten aus Datenbanken (Ökobilanzdaten und Baustoffdaten und Hintergrunddaten aus Anwendungen), bekannten und/oder öffentlichen Ökobilanzprojekten und der Literatur untersucht. Die einzelnen Datenbanken sind im Folgenden dargestellt, eine detaillierte Auflistung relevanter Daten und Studien findet sich im Kapitel 4.3.2 Auflistung der identifizierten Inventar-Lücken im Teil Beschreibung je Inventar. Aus den international verfügbaren Dateninventaren wurden für die Schweiz angepasste Versionen der UVEK-Datenbanken abgeleitet. Darauf basierend wurden die KBOB-Listen mit Ökobilanz-Kennwerten erstellt und den Planenden und Anwender*innen in Form unterschiedlicher Evaluations-Tools bereitgestellt. Als Lücke wird bei international bereits verfügbaren Daten ein Bedarf für Anpassungen zur Verwendung in der Schweiz betrachtet (Qualitätsanforderungen, Vollständigkeit und Transparenz). Eine solche Qualitätsprüfung und Anpassung für die Verwendung in der Schweiz wird teilweise bei herstellereinspezifischen Angaben gemacht, sodass die Aufnahme in die KBOB-Liste Ökobilanzdaten für den Baubereich erfolgen kann und mit weiterem Aufwand auch eine Publikation in die UVEK-Datenbank. Die Aufwandschätzung zur Schliessung der Inventar-Lücken beruht auf der Annahme, diese in die UVEK-Datenbank zu integrieren.

3.2.1 Ökobilanz- und Baustoff-Datenbanken (international)

GaBi

Herausgeber: Sphera Solutions, Inc.

GaBi («Ganzheitliche Bilanzierung») ist eine Ökobilanz-Datenbank und -Software des Anbieters sphera. Die Datenbanken enthalten über 15'000 internationale Datensätze und eine Vielzahl an Methoden zur Auswertung. Die Datenbasis stammt zu einem signifikanten Teil aus der Industrie oder Verbänden und wird über mehr als 20 branchenspezifische Zusatzdatenbanken bereitgestellt.

ecoinvent v.3.9.1

Herausgeber: ecoinvent Association (2022)

Die internationale ecoinvent Datenbank wird durch unabhängige Experten auf Basis von Industriedaten erstellt und vom schweizerischen ecoinvent-Zentrum herausgegeben. Die Datenbank deckt neben Sachbilanzdaten im Baubereich eine Vielzahl weitere Themengebiete und Industriezweige ab und enthält mehr als 18'000 Datensätze. Neben den Sachbilanzdaten sind auch verschiedene Bewertungsmethoden zur Berechnung von Ökobilanzen, zum Beispiel die schweizerische Methode der ökologischen Knappheit, Treibhauspotential nach IPCC, Energieeinsatz erneuerbar und nicht erneuerbar, enthalten.

EPD-Datenbanken (diverse)

Herausgeber: diverse Herausgeber

Es existieren diverse weitere, meist nationale Datenbanken zu Umweltproduktdeklarationen, welche aufgrund der Vielzahl und der schwierigen Vergleichbarkeit und Bewertbarkeit der Qualität aufgrund von lokalen Unterschieden des Verfahrens der Berechnung nicht betrachtet wurden. Für die mögliche spätere Erarbeitung neuer Datensätze könnte eine weitere Betrachtung dieser Daten als Grundlage sinnvoll sein, jedoch sollte vorab eine Qualitätsbeurteilung der relevanten Datensätze erfolgen. Eine Übersicht von 13 europäischen EPD-Datenbanken findet sich in der Übersicht «EPD database of the InData members» [33], in der auch die Datengrundlagen und Qualitätsmerkmale aufgelistet sind.

ÖKOBAUDAT 2021-II

Herausgeber: Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB)

Die Ökobau-Datenbank ist eine deutsche Baustoffdatenbank zur Bestimmung ökologischer Wirkungen zur Bewertung von Bauwerken. Die Datenbank ist konform zur DIN EN 15804 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - und wurde auf Basis von GaBi-Hintergrunddaten berechnet. Die Datenbank enthält Ökobilanz-Datensätze zu Baumaterialien, Bau-, Transport-, Energie- und Entsorgungsprozessen für generische Prozesse und Materialien, als auch konkreter Produkte in Form von Umweltproduktdeklarationen (EPD). Die Datenbank enthält Daten zu Baustoffen innerhalb der Kategorien: Mineralische Baustoffe, Dämmstoffe, Holzprodukte, Metalle, Anstriche und Dichtmassen, Bauprodukte aus Kunststoffen, Komponenten von Fenstern, Türen und Vorhangfassaden, Gebäudetechnik und Sonstiges. Zusätzlich beinhaltet die Datenbank einen Datensatz auf Basis von ecoinvent-Hintergrunddaten.

Die Bewertung enthält das Treibhauspotential nach IPCC und Aussagen zum Energieverbrauch aus erneuerbaren und nicht erneuerbaren Quellen. Aggregierende Methoden, wie zum Beispiel UBP sind nicht enthalten, jedoch gibt es Werte zu einzelnen Wirkungskategorien, sodass aggregierende Aussagen berechnet werden können.

3.2.2 Ökobilanz- und Baustoff Datenbanken (Fokus Schweiz)

SIA - Register

Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA)

Die Baustoff-Register der SIA enthalten Daten zu normkonformen Baustoffen, Zementen, Ankern und anderen Baumaterialien, jedoch keine Ökobilanz-Daten. Die Datensätze wurden daher nur genutzt, um weitere potentielle Datenlücken zu identifizieren.

UVEK - Ökobilanzdaten im Baubereich (KBOB)

Herausgeber: KBOB, ecobau, IPB

Die Schweizer Datenbank enthält Ökobilanzdaten im Baubereich zu Baumaterialien, Gebäudetechnik, Energiebereitstellung, Transporten und Entsorgungsprozessen. Die Datenbank basiert auf ecoinvent Grundlagen und wurde spezifisch für die Situation und Anforderungen in der Schweiz angepasst und erstellt.

Die Daten repräsentieren die durchschnittliche Umweltbelastung der auf dem Schweizer Markt abgesetzten Baumaterialien. In der KBOB-Liste werden Ergebnisse spezifischer Indikatoren für ausgewählte Baumaterialien kommuniziert, welche auf UVEK-Grundlagen beruhen.

Die Ökobilanzdaten basieren auf Stoff- und Energieflüssen (gemäss ecoinvent-Methodik), welche in der KBOB-Liste bezüglich ihrer Umweltrelevanz anhand ausgewählter Indikatoren bewertet werden. Die Bewertung erfolgt anhand der Gesamtumweltbelastung mit der Methode der ökologischen Knappheit 2021 und wird in Umweltbelastungspunkten (UBP) ausgedrückt. Zusätzlich werden die Teilbewertungen Primärenergie (erneuerbar und nicht erneuerbar) sowie die Treibhausgasemissionen ermittelt. Als physische Angabe wird neu eine Angabe zum C-Gehalt der Baumaterialien ausgewiesen.

3.2.3 Ökobilanz-Anwendungen

KBOB-Liste Ökobilanzdaten für den Baubereich

Die KBOB-Liste (Excel) basiert auf UVEK-Datenbank und enthält die Ergebnisse der oben beschriebenen Kenngrößen und Indikatoren auf der Ebene der Baumaterial, Gebäudetechnik, Energie, Transporte und Material Entsorgung. Diese werden in verschiedenen Programmen im Bereich Hochbau zur Evaluation von Bauvorhaben verwendet (Lesosai, Enerweb, Greg, Thermo).

KBOB-Betonsortenrechner für Hersteller

Herausgeber: Büro für Umweltchemie im Auftrag der Stadt Zürich, Amt für Hochbauten

Mit dem Betonsortenrechner für Hersteller können die Umweltwirkungen pro m³ Beton einer werksspezifischen Betonsorten berechnet werden. Die Umweltwirkung kann in Treibhausgasemissionen, Primärenergie gesamt, Primärenergie nicht erneuerbar (Graue Energie), Primärenergie erneuerbar, oder in Umweltbelastungspunkten nach der Methode der ökologischen Knappheit ausgegeben werden.

Die dem Rechner zugrunde liegenden Ökobilanzen basieren auf dem Datensatz UVEK-Ökobilanzdaten im Baubereich (Stand 2022) und wird über KBOB veröffentlicht.

KBOB-Betonsortenrechner für Planende

Herausgeber: treeze ltd. im Auftrag der Stadt Zürich, Amt für Hochbauten

Mit dem Betonsortenrechner für Planende können die Umweltwirkungen pro m³ Beton für gebräuchliche Betonsorten berechnet werden. Die Umweltwirkung kann in Treibhausgasemissionen, Primärenergie gesamt, Primärenergie nicht erneuerbar (Graue Energie), Primärenergie erneuerbar, oder in Umweltbelastungspunkten nach der Methode der ökologischen Knappheit ausgegeben werden.

Die dem Rechner zugrunde liegenden Ökobilanzen basieren auf dem Datensatz UVEK-Ökobilanzdaten im Baubereich (Stand 2022).

EFFC DFI CO₂-Rechner v5.0

Herausgeber: Carbone 4 im Auftrag der European Federation of Foundation Contractors (EFFC) und Deep Foundations Institute (DFI)

Dieses Excel-Tool ist ein CO₂-Emissionsrechner zur Beurteilung von Verfahren und Projekten im Spezialtiefbau. Die Berechnung des Klimafussabdrucks kann auf Basis von standardisierten oder spezifischen Werten erfolgen, indem die einzelnen Bestandteile eines Projektes, oder Bauvorhabens additiv modelliert werden. Zur Berechnung werden Daten aus verschiedenen Datenbanken zusammengezogen (ecoinvent 3.9, Base carbone v18.1, sustainable concrete, ICE V3, Defra 2022 v2, EPA, EcoTransit). Hinweis: Es gibt noch weitere internationale Anwendungen, der EFFC DFI-Rechner wurde bewertet, da dieser als Hilfsmittel der NNBS genannt wird.

ECO2nstruct (noch nicht veröffentlicht)

Herausgeber: Infra Suisse (Verband) und Umtec Technologie AG

Beschreibung der Datenbank: ECO2nstruct ist ein Ökobilanzrechner für die SIA 112/2-Phase «Vergabe / Submission» zur Unterstützung der Förderung der Nachhaltigkeit gemäss der Revision des neuen Beschaffungsgesetzes (BöB, IVöB). Die Software beinhaltet über 2'400 bauspezifische Datensätze zu Beton, Asphalt, Gesteinskörnungen, Natursteine, Betonfertigteile, Kunststoffrohre, Umgang mit Aushub, Transporte, diverse Baumaschinen und viele Weitere. ECO2nstruct wurde von der Umtec Technologie AG in Zusammenarbeit mit der ETH (Institut für Baustatik und Konstruktion) und der Ostschweizer Fachhochschule OST (Institut Bau und Umwelt und Institut für Software) im Auftrag des Verbandes Infra Suisse entwickelt.

Der Rechner beruht zum Grossteil auf dem Datensatz UVEK-Ökobilanzdaten im Baubereich (Stand 2022) und eigenen Berechnungen der Umtec Technologie AG, in Kombination mit weiteren, zum Teil nicht frei verfügbaren Daten. Die Ergebnisse werden im Treibhauspotential nach IPCC und in Umweltbelastungspunkten nach der Methode der ökologischen Knappheit ausgegeben.

3.2.4 Überblick vorhandener Literatur, publizierte Studien und Dokumentationen

Um weitere bereits vorhanden Datengrundlagen zu identifizieren wurden in einer Literaturrecherche diverse Studien gesichtet. Die identifizierten Studien wurden untersucht bezüglich:

- Relevanz des Untersuchungsgegenstands, Daten und Berechnungen für den Tiefbau
- Geltungsbereich der Studie
- Ausgewertete Nachhaltigkeitsindikatoren

Hier soll zunächst ein kurzer Überblick über die untersuchte Literatur gegeben werden. Die Studien werden dabei den Kategorien *Strasse*, *Schiene*, *Tiefbau* und *Allgemein* zugeordnet. Die Bewertung hinsichtlich zu schliessender Datenlücken findet im Kapitel «Gap-Analyse»

statt. Dort sind jedem fehlenden Ökoinventar die relevanten Studien zugeordnet und es wird eine kurze Beschreibung gegeben.

Strassenspezifische Studien/Literatur

Grundsätzlich sind Schweizer Ökobilanzstudien im Sinnen von Fallstudien zu verschiedenen Strassen inklusive deren Aufbau ([12], [21], [35], [36]) als auch Ökoinventare zu gängigen Materialien im Strassenbau (Bitumen, Asphalt, Beton, Splitt etc. [41], [42], [43]) vorhanden. Darüber hinaus wurden Ökobilanzstudien zu speziellen Verfahren (Niedertemperaturasphalt [16], Recyclingasphalt [23], Kaltmischfundationen [38]) oder innovativen Materialien (gummimodifizierte Bitumen [10], Bio-Öle statt bituminöser Bindemittel [13], Asphalt mit Pflanzenkohle [15]) durchgeführt.

Schienenspezifische Studien/Literatur

Die Recherche zu Schieneninfrastruktur ergibt im Vergleich zur Strasseninfrastruktur ein etwas anderes Bild: Auch hier sind die grundlegenden Materialien (Stahl, Beton, Holz etc. bereits in den Datenbanken verfügbar ([41], [42], [43]), da die Schieneninfrastruktur jedoch deutlich standardisierter ist, gibt es weniger innovative Materialien in Bezug auf die Infrastruktur Schiene, oder diese sind bei der Gestaltung Perron und Umgebung ableitbar aus Studien Strassen- und Hochbau), dafür jedoch mehr Studien aus dem europäischen Ausland und den USA, die das Gesamtsystem, beziehungsweise den Gesamtaufbau der Infrastruktur durch Betrachtung der Einzelteile darstellen ([17], [18], [19], [27], [28], [30]).

Tiefbauspezifische Studien/Literatur

Weiterhin wurden Untersuchungen gefunden, die für den Infrastrukturbau relevant sind, jedoch sowohl für die Strassen- als auch die Schieneninfrastruktur relevant sind. Diese Untersuchungen betreffen zumeist Ökobilanzierungen von Brücken und Tunneln ([25] [29] [32]). Des Weiteren wurde eine umfassende Studie zur Gesamtumweltbelastung der Bau-Aktivitäten des Tiefbauamtes Kanton Zürich durchgeführt, welche den Nutzen und die Relevanz der Ökobilanzierung im Infrastrukturbau aufzeigt [26].

Nicht im vollen Ausmass geprüft werden konnten ergänzend erarbeitete Ökobilanz Grundlagen aus Studien zum Netzausbau Fernwärme, Swisscom und vergleichbaren Parteien.

Allgemeine Studien/Literatur

Darüber hinaus wurden Untersuchungen gefunden, die über den Tiefbaubereich auch im Hochbau verwendet werden können, zum Beispiel Ökobilanzen zu Betonfertigteilen [40], Betonsorten [39], Bauabfällen [11], Zement mit Pflanzenkohle [14] oder Oberflächenbeläge in einer Studie zu Freitraumelementen [34].

Eine grosse Herausforderung sowohl in der Literatur, als auch in konkreten Projekten, scheint der Vergleich zwischen Strasse und Schiene, inklusive Bewertung der Nutzungsphase zu sein, in dem der Verkehr mitbewertet wird. Es finden sich konkrete Projektstudien [49], jedoch wenig Literatur in Form von z.B. Metastudien verschiedener Projekte. Dies könnte daran liegen, dass die Durchführung dieser Studien in der Praxis aufgrund der fehlenden Verkehrsdaten für die Verkehrsanalyse (*KS*, *PT*, *TM*) fehlt, oder die Modellierung zu aufwändig ist. Hier ist die Hoffnung, dass die Bereitstellung von Standard-Elementen die Analyse «Schiene vs. Strasse» vereinfacht. Dies ist insbesondere relevant, da die Nutzungsphase entscheidend für die ökologische Gesamtbetrachtung über den Lebenszyklus ist (*KS*, *PT*, *TM*).

3.2.5 Ergebnisse aus sonstigen Ökobilanz-Projekten

Soweit bekannt, wurden Ergebnisse aus Ökobilanzprojekten als mögliche Datengrundlagen berücksichtigt. Im Folgenden wird eine Übersicht von öffentlich zu Verfügung stehenden, oder intern, oder durch Interviews bekannten Projekten gegeben. Da die Projektergebnisse nicht immer öffentlich verfügbar sind, wäre eine Verwendung der Daten zur Schliessung einer Inventarlücke durch ein mögliches Folgeprojekt zunächst durch die Durchführenden mit den Auftraggebenden zu klären.

Die Carbotech AG hat verschiedene Projekte durchgeführt, die innerhalb dieser Analyse hauptsächlich die Schieneninfrastruktur betreffen. Diese beinhalten sowohl Ökobilanzvergleiche (Bahn, vs. LKW-Transport [49], Unterführung vs. Passerelle [53], Brückensanierung konventionell vs. faserverstärkt [55]) als auch einzelne Bausteine der Schieneninfrastruktur (Perron [51], Entwässerungssysteme [52]).

Matthias Dittmer, Frank Geraets und Axel Schwipps haben eine Analyse der CO₂-Emissionen des Tunnel-, Bahnhofs- und Gleisbaus sowie die Umrechnung der Ergebnisse auf konkrete U-Bahn- und Tram-Bauprojekte in Berlin durchgeführt [50].

Die Umtec Technologie AG untersucht in laufenden Projekten eine Vielzahl verschiedener Tiefbauprojekte im Kanton Graubünden [55] und Zürich [56] und arbeitet an der Ökobilanzierung von Flüssigboden (*PT*).

Darüber hinaus laufen aktuell Projekte zur Erarbeitung von Ökoinventaren an der Ostschweizer Fachhochschule zur Ökobilanzierung von Freileitungen (*KS*, *PT*, *SS*), Lärmschutzwänden (*KS*) und Strassenaufbau (*KS*, *PT*).

3.3 Bedürfnisse: Interviews mit Fachpersonen

Um den Bedarf an Ökobilanzdaten im Infrastrukturbau aus verschiedenen Perspektiven zu berücksichtigen, wurden Interviews mit mehreren Fachpersonen aus der Praxis und Forschung geführt.

Für die Gespräche wurden folgende Fachpersonen eingebunden:

- Abegg, Christoph (*AC*) – Co-Leiter Fachstelle Umwelt, Tiefbauamt, Baudirektion Kanton Zürich
- Achermann, Marcel (*AM*) – Vorsteher des Amts für Tiefbau und Kantonsingenieur, Kanton Uri
- Hacker, Jonathan (*HJ*) – Verantwortlicher für Kreislaufwirtschaft und Klimaneutralität Ausbau und Erneuerungsprojekte, Schweizerische Bundesbahnen SBB
- Fehr, Kurt (*FK*) – Zum Zeitpunkt in der Projektbeschaffung, Schweizerische Bundesbahnen SBB
- Kytzia, Prof. Dr. Susanne (*KS*) – Leiterin des IBU Institut für Bau und Umwelt, OST
- Pohl, Thomas (*PT*) – Bereichsleiter Umweltberatung, Umtec Technologie AG
- Schori, Salome (*SS*) – Zum Zeitpunkt Leiterin Kompetenzzentrum nachhaltige Beschaffung, Schweizerische Bundesbahnen SBB
- Tripet, Michel (*TM*) – Bauingenieur im Ruhestand (ehem. sdplus) und Experte der Normierungs- und Forschungskommission NFK 5.5 Ökobilanzen, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS
- Stolz, Philipp (*SP*) – Input zu laufenden Projekten, keine Teilnahme Interview

In den Gesprächen wurden zunächst allgemeine Fragestellungen besprochen und später zu fachspezifischen Fragestellungen übergegangen. Die Kernaussagen zu den einzelnen Fragestellungen werden im Folgenden zusammengefasst:

Zur Bedeutung von Nachhaltigkeit im Tiefbau

Im Vergleich zum Hochbau ist Nachhaltigkeit im Tiefbau noch weniger etabliert (*AC, AM, KS*), auch wenn die Bedeutung in den letzten Jahren zugenommen hat (*AC, KS*). Gründe für die Zunahme sind einerseits externe Vorgaben, wie zum Beispiel Forderungen aus der Politik (*AC*) oder Vorschriften, wie das neue BöB (*AC, AM, KS*), allerdings auch unternehmerische Motivation (*KF*).

Bei grösseren Bauprojekten fokussiert sich die aktuelle Betrachtung oft auf die Umweltverträglichkeitsprüfung, ökobilanzielle Betrachtungen finden nur selten statt. Wenn, wird für eine Bewertung zumeist auf qualitative Indikatoren oder pragmatische quantitative Bewertungskriterien, wie Recyclinganteile (*CA*), Tonnenkilometer oder Anteil klimaintensiver Materialien zurückgegriffen (*AM*).

Zu aktuellen Hindernissen

Es wurden mehrere Gründe dafür genannt, dass Ökobilanzen bisher wenig eingesetzt werden. Zum einen stehen benötigte Daten gar nicht, nicht in der richtigen Form, oder nicht im notwendigen Detaillierungsgrad entsprechen der jeweiligen Phase zur Verfügung (*PT, FK, AC, SS*), in Kombination mit oftmals eng gesetzten Fristen reicht die Zeit nicht zur Erstellung einer Ökobilanz (*FK*). Andererseits ist fehlendes Wissen über die Möglichkeiten an den entsprechenden Schlüsselstellen, z.B. in der Planung, oder der Auftraggeberseite ein Grund dafür, dass Ökobilanzen gar nicht thematisiert werden (*AM, FK, PT, AC*). Zusätzlich lassen bestehende Vorgaben (insbesondere Sicherheitskennwerte Beton/Asphalt, maximale Anteile Rezyklate etc.) zu wenig Spielraum für ökologisch sinnvolle Alternativen, wodurch oft auch Haftungsfragen ungeklärt bleiben, was durch das zusätzliche Risiko hinderlich wirkt (*KS, AC, TM*). Zusätzlich dazu fehlen für neuartige Materialien und neue Zusammensetzungen die baustofflichen Untersuchungen und Erfahrungen, sodass die Projektbeteiligten vor einer ambitionierten Umsetzung zurückschrecken (*AM*). Als letztes hinzukommend verändern sich Normvorgaben träge, sodass aktuellen Entwicklungen nicht mit ausreichender Veränderungsgeschwindigkeit auf Normseite begegnet wird (*TM*).

Zum notwendigen Geltungsbereich und geeigneten Methoden

Als gemeinsamer Nenner wurde durch die aktuelle und mit Priorität behandelte Klimathematik die Klimabilanzierung nach IPCC genannt, sowie ergänzend die Ausweisung des Primärenergiebedarfs (nicht-erneuerbar, erneuerbar). Für ein vollständiges Bild ist darüber hinaus eine umfassende Ökobilanzierung, z.B. mit der Methode der ökologischen Knappheit (MöK) notwendig (*AC, PT, SS, TM*). Darüber hinaus ist für ein ganzheitliches Bild eine getrennte Betrachtung der Nutzeremissionen (z.B. Verkehrsemissionen) vom eigentlichen Bauprojekt sinnvoll (*PT*). Die Emissionen während der Nutzungsphase sind, obwohl Infrastrukturbauten in der Regel sehr aufwändig sind, trotzdem die relevanteste Phase (*KS, PT*), allerdings fehlen die notwendigen Daten einer Verkehrsanalyse häufig (*KS, PT, TM*). In den Gesprächen hat sich somit bereits eine weitere Datenlücke ausserhalb der Ökobilanzdaten gezeigt.

Konkrete Hinweise zu fehlenden Inventaren (Inventar-Lücken)

Während der Interviews wurden bereits Inventar-Lücken genannt:

- Betriebsmittel, Natursteine (*PT*)
- CO₂-bindender Beton (*AM*)

- Geotextilen, verklebter Schotter, Instandhaltungsverfahren (Böschungen, Vegetationsbekämpfung, Stopfen, Schleifen, Schotteraufbereitung, Holzschwellen) (*SS*)
- Fertigbetonteile (bereits teilweise vorhanden), Schwammstadt-kompatible Alternativmaterialien (*KS*)

Zusätzlich wurden Inventare benannt, die aktuell noch nicht öffentlich verfügbar sind, eine Erarbeitung jedoch bereits gestartet ist:

- Lärmschutzsysteme (*KS*)
- Freileitungen (*PT*)
- Fahrstromleitungen, Masten, Stromleitungen, Strassenbeleuchtung (*SS*)
- Asphalt-Varianten, Erdbeton, Flüssigboden, RC-Beton, Mörtel, Mischabbruch, gen. Maschine, Elektroantriebe, RC-Asphalt (*PT*)

Sonstige Anregungen, Erkenntnisse und Aspekte

Wenn möglich, soll der Hand- und Footprint gegenüber eines Basisprojektes ausgewiesen werden, damit ein Anhaltspunkt und konkreter Vergleich ermöglicht wird, insbesondere für die Auswahl verschiedener Alternativen (*PT, SS, FK, AM*).

Darüber hinaus ist es notwendig, die ökologische Bewertung von Ertüchtigungen im Bestand (Ausbau, Sanierung) zu ermöglichen, anstelle den Fokus primär auf Neubauten zu legen. (*AC, KS*).

Aufgrund der Hebelwirkung muss eine Verankerung der Ökobilanzierung in früher Phase der Bauprojekte (Vorprojekt, Projektierung, Planung) möglich sein, damit notwendige Grundsatzentscheidungen rechtzeitig und zugunsten von Nachhaltigkeit gefällt werden können (*FK, PT, AM, KS*). Wichtig für gute Entscheidungen ist eine gesicherte Vergleichbarkeit (z.B. Lebensdauer, Scope (Planung bis Rückbau) etc.) (*PT, SS, FK, KS*). Zusätzlich sollte der Rückbau und die Entsorgung enthalten sein.

Damit die praktische Umsetzung und Etablierung möglichst unterstützt wird, soll es möglich sein mit wenig Aufwand pragmatische Abschätzungen zu ermöglichen und im Bedarfsfall detailliert rechnen zu können. Dazu sind vorhandene, aber etwas ungenauere Daten besser, als keine Daten (*PT*).

3.4 Fazit Bedürfnisabklärung

Die Aussagen der **Fachpersonen** decken sich untereinander grundsätzlich, jedoch hat sich gezeigt, dass die Anwendung von Ökobilanzen unterschiedlich weit fortgeschritten ist. Die Projekte befinden sich im Spannungsfeld zwischen ökologischen Forderungen (BöB, Klimastrategie Schweiz) und beschränkenden Normvorgaben (Sicherheitskennwerte, max. Recycling-Anteile etc.). Erschwerend kommt hinzu, dass die in der Praxis benötigte Datenbasis auf Projektseite und auf Seite Ökobilanzdaten nicht anwendungsgerecht vorliegt.

Die Bedürfnisse der Fachpersonen und die Recherche beziehen sich hauptsächlich auf Datensätze für tiefbauspezifische Verfahren des Strassen- und Bahninfrastrukturbaus, sowie generische Standard-Elemente, die eine Beurteilung in frühen Phasen, oder Vergleiche zwischen Projekten mit vertretbarem Aufwand ermöglichen.

Im Allgemeinen, und insbesondere durch die Umsetzung neuer Vorgaben, wie des BÖB, wird ein steigender Bedarf an Ökobilanzierungen im Tief- und Infrastrukturbau erwartet und als sinnvolle Ergänzung zu bestehenden Bewertungsverfahren erachtet.

In den **Datenbanken** sind bereits einige gängige Materialien (gängige Betonsorten, Asphaltvarianten etc.), Energieverbräuche und Transporte enthalten, die sich für den Tiefbau direkt verwenden lassen. Relevante Datensätze, die bereits in der Datenbank UVEK-Ökobilanzdaten im Baubereich vorhanden sind, werden im Weiteren nicht mehr betrachtet, da diese bereits öffentlich verfügbar sind und hohen Qualitätsstandards entsprechen. Sind Datensätze nicht in der UVEK-Datenbank, jedoch in anderen Datenbanken vorhanden werden diese weiterhin aufgeführt, da für diese Daten eine Qualitätsüberprüfung, gegebenenfalls Überarbeitung und Publikation erfolgen muss. Darüber hinaus muss bei Daten aus Datenbanken die Erlaubnis zur Verwendung mit den Eigentümer*innen geklärt und geregelt werden. Insbesondere die Hintergrunddatenbank der ECO₂nstruct-Anwendung bietet aufgrund der Vielzahl der Datensätze [^]Potential zur Bereitstellung neuer Ökoinventare.

Zu vielen der in Interviews genannten Bereiche finden sich bereits **Studien oder Literatur**, welche für die Erarbeitung der fehlenden Inventare herangezogen werden können. Sowohl zu Strassen- als auch Schieneninfrastruktur findet sich Literatur auf hoher und auch detaillierter Flugebene. Eine Herausforderung scheint die Ökobilanzierung im Gesamtsystem, also inklusive der Verkehrsveränderung durch die neue/angepasste Infrastruktur zu sein.

Ein Teil der benötigten Daten könnte über bestehende oder vergangene, aber nicht öffentliche **Ökobilanzierungs-Projekte** abgedeckt werden. Es ist zu vermuten, dass es noch deutlich mehr unbekannte Datengrundlagen aus Projekten gibt, diese jedoch nicht öffentlich auffindbar sind. Zusätzlich ist die Verwendung der Daten in jedem Fall mit dem/der Auftraggeber*in zu klären.

4 Gap-Analyse

Im folgenden Kapitel findet die Analyse der fehlenden Ökobilanzdaten auf Basis der Bedürfnisabklärung und den bereits vorhandenen Daten statt. Dazu wird zunächst eine Struktur erläutert, die die Analyse und die Einordnung erleichtert und später auch zur Beschreibung des Bedarfs dient. Nachdem ein Überblick über die identifizierten Inventarlücken gegeben wird, wird jedes fehlende Inventar definiert, detailliert beschrieben und es werden Hinweise zu bereits bekannten Datengrundlagen für die Erarbeitung in möglichen Folgeprojekten gegeben.

Als Lücke definiert wird auch ein bereits bestehender Ökobilanz-Wert, der den UVEK-Qualitätsanforderungen nicht entspricht und nur mit einem Zusatzaufwand für die UVEK-Datenbank zugelassen wird. Es wird angenommen, dass die Qualitätsanforderungen sowie die Prozesse der Prüfung im Bereich Tiefbau auf die bereits vorhandenen UVEK-Vorgaben für den Bereich Hochbau übernommen werden. Bei der Festlegung des zu erreichenden Qualitätsniveaus und der Publikationsmöglichkeiten wurden verschiedene Möglichkeiten betrachtet (KBOB, EPD, ISO-Standard, andere Datenbanken etc.). Da die UVEK-Daten einerseits ein sehr hohes Vertrauen geniessen, im Schweizer Raum etabliert sind und die Anforderungen sowie der Review-Prozess transparent geregelt sind, wurde diese Variante bevorzugt auch wenn die entstehenden Aufwände/Kosten etwas höher zu erwarten sind.

4.1 Beschreibung der Struktur zur Einordnung

Um die Qualität vorhandener Daten abzugrenzen, werden zunächst Begriffe definiert, die eine qualitative Abgrenzung ermöglichen. Im Folgenden wird unterschieden zwischen: *Daten*, *Datensatz*, *(Öko-)Inventar*, und *(Öko-)Inventar-Gruppe*.

Daten

Beschreibt verwendete Inputdaten oder Vordergrunddaten für die Berechnung der Ökobilanz (z.B. die Menge eingesetzter Rohstoffe, den Aufbau eines Produktes oder die im Prozess eingesetzte Energie) und bei komplizierteren Bilanzen zusätzlich eine standardisierte Vorgehensweise für die Erarbeitung (z.B. für Brücken vorhanden [32]). Daten sind vorhanden, wenn bereits Studien oder andere Untersuchungen zum Untersuchungsgegenstand existieren. Hier sind noch keine Ökobilanzdaten und Ergebnisse gemeint, die Inputdaten werden für die Auswertung der Sachbilanz und Wirkbilanz mit Hintergrunddaten der vor- und nachgelagerten Prozesse wie zum Beispiel der Produktion Rohstoffe und Emissionen unterschiedlicher Verfahren Entsorgung verknüpft.

Datensatz

Ein Datensatz beinhaltet zusätzlich zu den Vordergrunddaten die Verknüpfung mit Hintergrunddaten, dass bereits eine Ökobilanz berechnet wurde auf deren Ergebnissen aufgesetzt werden kann, allerdings ist der Datensatz nicht als Inventar in einer Datenbank verfügbar. Beispielsweise wurde die Ökobilanz publiziert, die Berechnung liegt allerdings nur auf dem Rechner der Autor*innen.

(Öko-)Inventar

Bedeutet, dass bereits ein Inventar in einer oder mehrerer Datenbanken vorhanden sind, oder dass ein Inventar durch z.B. ein Ökobilanz-Projekt verfügbar ist. Das Ziel dieser Analyse ist es, alle relevanten Daten zu identifizieren, die nicht der Qualität «Inventar» entsprechen.

Inventar-Gruppen

Die Unterscheidung zwischen Inventar und Inventar-Gruppe ist nur für die Analyse der fehlenden Inventare relevant. In einer Inventar-Gruppe werden mehrere Inventare zusammengefasst, wenn diese Derivate desselben Inventars sind (z.B. verschiedene Baumaschinen, die über unterschiedliche Leistung und Gewicht, alles Derivate des Inventars «Baumaschine» sind.) Da es sinnvoll ist, fehlende Inventare einer Gruppe zeitgleich zu erarbeiten, ist die Inventar-Gruppe als ein Inventar gelistet. Gruppen sind erkenntlich, durch eine Anzahl > 1 in Klammern (z.B. Inventar Nr. 1: Baumaschinen SBV (350)). Einzelinventare sind erkenntlich, durch eine «1» in Klammern, hinter dem Inventar-Namen (z.B. Inventar Nr. 3: Argon (1)). Hinweis: Inventar und Ökoinventar wird synonym verwendet.

Ein Inventar, bzw. eine Inventar-Gruppe wird beschrieben über folgende **Eigenschaften**:

- **Bezeichnung:** Kurze Bezeichnung des Inhalts/Name des Inventars
- **Inventar-Nr.:** Fortlaufende Nummerierung zur eindeutigen Identifikation
- **Status:** Qualität der bereits vorhandenen Daten (beruht auf einer Abschätzung der relevanten Interviews, Datenbanken, Literatur und bekannten Projekten). Mögliche Status sind:
 - *Fehlt* = Keine relevanten Daten, oder Untersuchungen gefunden.
 - *Grundlagen* = Daten sind vorhanden: Ähnliche Prozesse/Materialien etc. wurden bereits untersucht, die Daten sind jedoch nicht vollständig oder nicht vergleichbar (z.B. anderer Geltungsbereich, anderes Land etc.), es lassen sich jedoch Informationen zur Vorgehensweise, oder Hintergrunddaten ableiten.
 - *In Arbeit* = Datensatz verfügbar: Es ist bekannt, dass an einem Inventar gearbeitet wird, jedoch ist unklar, ob dieses alle Voraussetzungen (z.B. Geltungsbereich, Qualitätsanspruch UVEK etc.) erfüllt.
 - *Tws. vorhanden* = Es ist bereits ein Inventar vorhanden, jedoch muss dieses überarbeitet werden, um dem Qualitätsanspruch und Vollständigkeit zu entsprechen.
 - *Vorhanden* = Es ist ein Inventar verfügbar, das dem UVEK-Qualitätsanspruch grundsätzlich entspricht [60]. Dieses ist noch nicht öffentlich verfügbar, und es ist bisher keine Veröffentlichung geplant.
 - *Erledigt* = Es ist ein Inventar bekannt, das dem UVEK-Qualitätsanspruch entspricht. Dieses ist jedoch noch nicht offiziell verfügbar, die Publikation in der UVEK-Datenbank ist geplant.
- **Typ:** *Standard-Element*, oder Basisinventar = *Material, Maschine, Verfahren*
 - Ein Inventar kann nur einem Typ, *Basisinventar* oder *Standardelement*, zugeordnet werden:
 - **Basisinventare**, sind in der Tiefbau-Welt nicht weiter sinnvoll unterteilbar:
 - Material, z. B. *Faserverstärkter Beton*
 - Maschine, z. B. *Hydraulikbagger 16 to., 270 kW*
 - Verfahren, z. B. *Baugrubenentwässerung*
 - **Standardelemente**, sind unterschiedlich komplizierte Zusammensetzungen mehrerer vorhandener, oder noch nicht vorhandener Basisinventare, oder auch weiterer Standardelemente. Z. B. besteht das Element *Freileitung* aus *Fundament, Mast, Isolation* und *Leitung*. Das *Fundament* ist wiederum ein Standardelement und besteht aus *Graben, Betonieren* usw.

- **Priorität:**
 - A = hohe Priorität, Lücke sollte möglichst umgehend geschlossen werden.
 - B = wichtig, Erarbeitung könnte vorerst zurückgestellt werden.
 - C = nützlich, aber nicht unbedingt weiterzuverfolgen.
- **Einheit:** Anwendungsgerechte Einheiten, ist der das Inventar verfügbar sein soll:
 - m = Länge
 - m^2 = Fläche
 - m^3 oder L = Volumen
 - h = Betriebsstunden
 - $Stk.$ = Pro Einheit/Stück
 - $l \times b \times h$ = in Abhängigkeit der Aussenmasse (Länge x Breite x Höhe)
 - $l \times D$ = in Abhängigkeit der Masse (Länge x Durchmesser)
 - a^{-1} = durchschnittlicher Aufwand pro Jahr
- **Relevante Datenquellen:** Zuordnung der relevanten Datenbasis, Literatur, anderer Quellen über die *Nr.* im Literaturverzeichnis
- **Beschreibung:** Beschreibung des Inventars. Teilweise weitere Angaben zu Abhängigkeiten anderer Inventare, möglichen Lizenzbedingungen oder sonstige Informationen.

Um den Datenbedarf für die Erarbeitung zu klassifizieren, werden weitere Eigenschaften eines jeden Inventars ergänzt: So wird jedes Inventar einen **Typ** zugeordnet und die **Priorität** für die spätere Erarbeitung festgelegt:

Anhang des **Typs** kann ebenfalls eine grobe Zuordnung zu den SIA-Bauphasen vorgenommen werden. Da sich **Standardelemente** für Abschätzungen eignen, können diese Inventare insbesondere für die SIA-Phasen 21 (Definition des Bauvorhabens, Machbarkeitsstudie, um auf sehr hoher Flugebene verschiedene Varianten zu vergleichen), 22 (Auswahlverfahren, um Alternativen auf hoher Flugebene zu vergleichen), 31 (Vorprojekt, um Lösungsmöglichkeiten und Varianten zu vergleichen), 32 (Bauprojekt, um Ausführungsvarianten zu vergleichen) und 4 (Ausschreibung, Vergleich von Offerten, Vergabeantrag) verwendet werden, um mit vertretbarem Aufwand und mit hinreichender Genauigkeit Varianten, oder Alternative abschätzen, vergleichen und auswählen zu können.

Basisinventare eignen sich aufgrund der Detaillierungstiefe erst für spätere Phasen oder einzelne Teilrechnungen, wenn das Bauprojekt detailliert geplant ist oder ein konkreter Variantenvergleich bewertet werden soll und sich somit der Aufwand für eine detaillierte Berechnung rechtfertigen lässt. Der Fokus in der Anwendung von Basiselementen bezieht sich damit auf die Phase 32 (Bauprojekt, um das Projekt korrekt zu bewerten), 52 (Ausführung, um Projektänderungen zu bewerten). Wenn geeignet, können Standardelemente und/oder Basisinventare auch in anderen Phasen, z.B. 6.2 Erhaltung, (Zur Bewertung von Sanierungsalternativen) herangezogen werden.

Um die **Priorität** festzulegen wurden verschiedene Projektbeteiligte NFK 5.5 nach ihrer Einschätzung befragt. Vom ASTRA, der SBB AG, der Umtec Technologie AG und der Carbotech AG sind Antworten eingetroffen und in die Bewertung mit eingeflossen. Die Einschätzung der Carbotech AG stützt sich dabei hauptsächlich auf die Aussagen der Interviews, aber auch eigene Erfahrungen aus der Ökobilanzierung. Um unterschiedliche Prioritäten zusammenzuführen wurde der Mittelwert (Prio $A = 1$, $B = 2$, $C = 3$) berechnet.

4.2 Anspruch an Qualität und Vollständigkeit

Um die Lücken zu identifizieren wurde der Massstab für ein vollständig vorhandenes Inventar gemäss Anforderungen KBOB/UEVK [60] referenziert.

4.3 Evaluation des Anpassungs- und Ergänzungsbedarf

Im Folgenden (Tabelle 1) wird ein Überblick über die identifizierten Inventar-Lücken gegeben, bevor die Inventare im Einzelnen aufgelistet und beschrieben werden. Die Übersicht listet die Inventare nach fortlaufender Identifikations-Nummer auf, inklusive der wichtigsten Daten (Typ, Bezeichnung, Tiefbau-Bereich, Einheit, Hintergrund-Literatur, Status und Priorität).

4.3.1 Überblick über die identifizierten Inventar-Lücken

Die Anzahl potentiell zu schliessender Inventar-Lücken beläuft sich auf 79 Inventare. Insgesamt wurden über den Evaluationsprozess 89 Inventar-Lücken identifiziert, von diesen haben sich jedoch 10 Lücken durch Interviews und die Recherche als bereits *erledigt* herausgestellt. Diese werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Dass nicht alle vorhandenen Inventare, oder aktuell laufende Projekte bekannt sind, könnte darauf hinweisen, dass der Austausch zwischen den relevanten Parteien noch geringfügig verbessert werden könnte.

Die als relevant identifizierten Lücken teilen sich wie folgt nach **Status/Qualität der vorhandenen Daten** auf:

- *Erledigt* = 10 Inventare
- *Vorhanden* = 14 Inventare
- *Tws. vorhanden* = 25 Inventare
- *In Arbeit* = 8 Inventare
- *Grundlagen* = 10 Inventare
- *Fehlt* = 22 Inventare

Damit liegt der Schwerpunkt auf teilweise vorhandenen Datensätzen, die einer Aufbereitung bedürfen und fehlenden Inventaren.

Die Verteilung nach **Typ** ergibt folgendes Bild:

- *Standard-Elemente* = 30 Inventare
- *Materialien* = 22 Inventare
- *Verfahren* = 21 Inventare
- *Maschinen* = 6 Inventare

Als einzelner Typ zeigt sich, dass bei den zusammengesetzten *Standard-Elementen*, die eine pragmatische Abschätzung von Ökobilanzen ermöglichen, der grösste Bedarf herrscht. Stellt man dies jedoch der Gesamtzahl an *Basisinventaren* gegenüber, ergibt sich ein anderes Bild: Mit in Summe 49 Inventaren, ist auch der Bedarf an Grundlagendaten hoch. Eine Ursache ist, dass der Bedarf bestimmter *Standard-Elemente* einen Bedarf an teilweise mehreren neue *Basisinventaren* auslöst. Andererseits zeigt auch, dass im Tief- und Infrastrukturbau Nachholbedarf an wichtigen Ökobilanz-Datensätzen besteht (z.B. Elektro-Maschinen, innovative Materialien (UHF-Beton), aber auch grundsätzliche Prozesse, wie Rückbau, oder Schotteraufbereitung).

Die Klassifizierung nach **Priorität** ergibt einen Bedarf von 25 Inventaren mit Priorität A, 34 Inventare mit Priorität B und weitere 20 Inventare mit Priorität C. Bei den identifizierten Lücken, mit möglichen Varianten der weiteren Spezifikationen wird in Klammern die Zahl vorgesehenen Varianten abgebildet.

ID	Typ	Bezeichnung (Anzahl Inventare)	Tiefbau-Bereich	Einheit	Literatur	Status	Priorität
1	Maschine	Baummaschinen des SBV (350)	Generell	h, Stk.	[43] [48]	vorhanden	A
2	Maschine	Maschinen mit Partikelfilter (5)	Generell	h	[48]	Tws. vorhanden	C
3	Material	Argon (Schutzgas) (1)	Generell	m ³ , kg	[42]	vorhanden	C
4	Material	Asphalt, Kaltmischfundation (5)	Strasse	m ² , m ³	[21] [38] [48]	Tws. vorhanden	A
5	Material	Asphalt, diverse Schichten/Mischgutsorten inkl. versch. RC-Anteile (30)	Strasse	kg	[21] [23] [38] [48]	vorhanden	A
6	Material	Asphalt, mit Pflanzkohle (5)	Strasse	m ² , m ³	[14] [59]	fehlt	B
7	Standard-Element	Bahn-Fahrbahn (5)	Schiene	m	[27] [42]	Tws. vorhanden	A
8	Standard-Element	Bahnschwelle (4)	Schiene	km	[19] [27] [30] [41]	tws. vorhanden	A
9	Verfahren	Baugrubenentwässerung (1)	Tiefbau	m ³	[47] [48]	erledigt	-
10	Material	Beton, CO2-Speicherfähigkeit (5)	Generell	kg, m ³	[45] [46]	vorhanden	B
11	Material	Beton, Faserverstärkt (5)	Generell	kg, m ³	[40] [43]	fehlt	B
12	Material	Beton, mit Pflanzkohle (5)	Generell	kg, m ³	[14] [59]	erledigt	-
13	Material	Beton, Recycling (15)	Generell	kg, m ³	[45] [46] [48]	vorhanden	A
14	Material	Betonfertigteile (300)	Generell	Stk, m, m ²	[40] [45] [48]	vorhanden	A
15	Material	Betriebsmittel nach NPK erb (12)	Generell	-	[42] [43] [48]	Tws. vorhanden	B
16	Material	Bitumen, Bio-Ole (1)	Strasse	kg, m ³	[13]	Tws. vorhanden	B
17	Material	Bitumen, Spezial und modifizierte Bindemittel (5)	Strasse	kg, m ³	[10]	Tws. vorhanden	B
18	Standard-Element	Böschung, Lärmschutzwall (2)	Generell	m ³	-	fehlt	B
19	Standard-Element	Brücke, versch. Materialien, Grössen, Lager-Typen (6)	Generell	l x b x h	[19] [25] [27] [32] [42]	tws. vorhanden	B
20	Verfahren	Entsorgung, Deponie (1)	Generell	kg	[42] [43]	vorhanden	A
21	Verfahren	Entsorgung, Sonderabfall-Deponie (1)	Generell	kg	[42] [43]	vorhanden	A
22	Verfahren	Erarbeiten (1)	Generell	m ³	[19] [27] [43]	Grundlagen	A
23	Material	Erdreich (2)	Tiefbau	m ³	[43] [44] [48]	vorhanden	B
24	Verfahren	Flüssigboden (1)	Tiefbau	m ³	[48]	vorhanden	B
25	Standard-Element	Freileitungen (1)	Generell	km	[19] [27]	erledigt	-
26	Material	Geotextilien (5)	Generell	m ² , m	[41]	Grundlagen	B
27	Material	Gesteinskörnungen (15)	Generell	kg	[43] [48]	vorhanden	B
28	Standard-Element	Gleis (Schienen, Schwellenmaterial, Befestigung) (5)	Schiene	m	[27]	Tws. vorhanden	A
29	Material	Guss-Asphalt (5)	Strasse	kg, m ² , m ³	[48]	Tws. vorhanden	B
30	Material	Helium (Schutzgas) (2)	Generell	m ³ , kg	[42]	vorhanden	C
31	Verfahren	IH Böschung (1)	Strasse, Schiene	a*m ² , m ²	-	fehlt	C
32	Verfahren	IH Holzschwellen (1)	Schiene	m*a, m	-	Grundlagen	C
33	Verfahren	Schiene: IH Grampen/Stopfen (1)	Schiene	m*a, m	[27], [30]	Tws. vorhanden	B
34	Verfahren	Schiene: IH-Varianten (2)	Schiene	m*a, m	[27]	Grundlagen	B
35	Verfahren	Schiene: IH Schleifen (1)	Schiene	m*a, m	[27], [28]	Tws. vorhanden	B
36	Verfahren	Schiene: IH Vegetationsbekämpfung (3)	Schiene	m*a, m	-	Grundlagen	C
37	Verfahren	Strasse: IH Ausbesserung (2)	Strasse	m ² , m ² *a	[16] [21] [23] [38]	in Arbeit	B
38	Verfahren	Strasse: IH Deckschicht (DSK, DSH) (2)	Strasse	m ² , m	[16] [21] [23] [38]	in Arbeit	B
39	Verfahren	Strasse: IH Oberflächenbehandlung (1)	Strasse	m ² , m ² *a	-	in Arbeit	B
40	Verfahren	Strasse: IH Sanierung (1)	Strasse	m ² , m ² *a	[16] [21] [23] [38] [48]	in Arbeit	B
41	Verfahren	Strasse: IH Durchschnitt (1)	Strasse	m	[42]	Tws. vorhanden	B
42	Material	Kaltnitrobelag (5)	Strasse	kg, m ³	-	In Arbeit	C
43	Material	Kleber (für Gleisbett aus Kies) (1)	Schiene	kg, m ³	-	Grundlagen	C
44	Maschine	Kran/Hebezeug für Brückenbau (5)	Generell	h, Stk.	-	fehlt	C
45	Standard-Element	Lärmschutz-Wand (10)	Strasse, Schiene	m	[27]	erledigt	-
46	Maschine	Maschinen, E-Antrieb (CH-Mix) (25)	Generell	h, Stk.	[48]	Tws. vorhanden	A
47	Maschine	Maschinen, E-Antrieb, versch. Strommix (25)	Generell	h, Stk.	[42] [43]	fehlt	A
48	Maschine	Maschinen, HZ-Antrieb (5)	Generell	h, Stk.	-	fehlt	C
49	Verfahren	Micro-Tunneling (1)	Tiefbau	m, m ³	-	fehlt	B

ID	Typ	Bezeichnung (Anzahl Inventare)	Tiefbau-Bereich	Einheit	Literatur	Status	Priorität
50	Verfahren	Nassmechanische Aufbereitung von Mischabbruch für Konstruktionsbeton (1)	Generell	kg, m ³	-	erledigt	-
51	Material	Natursteine (5)	Generell	kg, m ³ , m	[34] [43] [44] [48]	Tws. vorhanden	A
52	Standard-Element	Ortbetonkanal, Kanalbau, Werkleitungsgroßbau (1)	Tiefbau	m ³ , m	-	fehlt	B
53	Material	Pflanzenkohle (1)	Generell	kg, m ³	[14] [59]	erledigt	-
54	Standard-Element	Pflasterung Kieselwackesteine, Naturstein (1)	Generell	m ²	[34]	vorhanden	C
55	Verfahren	Relining (SIPP, CIPP) (2)	Tiefbau	m, m ³	-	fehlt	B
56	Verfahren	Rückbau (1)	Generell	m ³ , kg	-	fehlt	A
57	Standard-Element	Schienen (1)	Schiene	km	[19] [27] [28] [30]	tws. vorhanden	A
58	Material	Schotter, verklebt (1)	Schiene	m ³ , t, m	-	fehlt	B
59	Verfahren	Schotteraufbereitung (2)	Generell	m ³ , t	-	fehlt	B
60	Material	Schwammstadt-kompatible Materialalternativen (15)	Generell	kg, m ² , m ³	-	fehlt	A
61	Standard-Element	Signalanlage/-träger, Strasse/Bahn (2)	Strasse, Schiene	km, Stk.	[30]	tws. vorhanden	B
62	Standard-Element	Sporplätze (Kunstrasen, Motorross, Golf) (5)	Generell	m ²	[34]	erledigt	-
63	Standard-Element	Standard-Perron (1)	Schiene	m	-	Grundlagen	C
64	Standard-Element	Stellwerk (elektronisch, relais) (2)	Schiene	Stk.	[19] [30]	fehlt	B
65	Standard-Element	Signal-, Stromkabel ertverlegt (1)	Tiefbau	km	[19] [27] [30]	erledigt	-
66	Standard-Element	Strasse Durchschnitt (Stadt-, Land-, Nationalstrasse) (3)	Strasse	m ² , m	[38] [42]	Tws. vorhanden	A
67	Standard-Element	Strassenauf-/unterbau (Deck-, Binder, Trager, Frostschutzschicht, Entwässerung) (10)	Strasse	m, m ² , m ³	[38]	In Arbeit	A
68	Standard-Element	Strassen-/Trassenbeleuchtung (2)	Strasse, Schiene	km, Stk.	[30]	vorhanden	A
69	Standard-Element	Stützmauer (alternative Materialien) (2)	Generell	1 x h	-	fehlt	C
70	Standard-Element	Stützmauer (Standards: Beton, Mauerwerk, Gabione) (3)	Generell	1 x h	[27]	tws. vorhanden	B
71	Standard-Element	Tram-Fahrbahn (2)	Schiene	m	-	Tws. vorhanden	A
72	Verfahren	Trockenmechanische Aufbereitung von Mischabbruch für Magerbeton (1)	Generell	m ³	-	erledigt	-
73	Standard-Element	Tunnel, offene Bauweise, Galerie (2)	Tiefbau	1 x b x h (m ³)	[19] [27] [30]	In Arbeit	A
74	Standard-Element	Tunnel, geschlossene Bauweise (Tunnelvorseiltrieb, Spritzbeton) (2)	Tiefbau	1 x D (m ³)	[19] [27] [30]	In Arbeit	A
75	Standard-Element	Überführung (2)	Tiefbau	m	[24] [25] [27]	tws. vorhanden	B
76	Standard-Element	Unterführung (2)	Tiefbau	m	[27]	tws. vorhanden	B
77	Standard-Element	Viadukt, einfach/doppel-sprung, versch. Materialien (2)	Tiefbau	m	[19] [27]	Grundlagen	C
78	Standard-Element	Wildtierbrücken (Stahlbeton, Holz) (2)	Tiefbau	m	[24] [25]	Grundlagen	C
79	Verfahren	Betonbauwerk: IH (Verfahren tbd.) (3)	Generell	m ² /a	[32]	fehlt	C
80	Verfahren	Winterdienst (1)	Strasse	m, m ²	-	erledigt	-
81	Verfahren	Fundation (Streifen-, Tiefenfundation) (2)	Tiefbau	m ³	[19] [30]	fehlt	A
82	Standard-Element	Durchlass (Standard) (1)	Tiefbau	1 x D (m ³)	-	fehlt	A
83	Standard-Element	Unterhalts-/Veloweg (1)	Strasse	m	[12]	Tws. vorhanden	A
84	Standard-Element	Anker (primär, temporär) (2)	Tiefbau	Stk.	[43]	Grundlagen	B
85	Standard-Element	Geländer/Zaun (2)	Generell	m	-	Tws. vorhanden	C
86	Standard-Element	Schutzbauten (unter-, oberirdisch) (2)	Tiefbau	Stk, m ³	-	fehlt	C
87	Standard-Element	Nebenanlagen (4)	Strasse, Schiene	Stk, m ³	[19] [27] [30]	Tws. vorhanden	C
88	Material	Markierungen (geklebt, gespritzt) (2)	Strasse, Schiene	m ² , Stk.	-	fehlt	C
89	Standard-Element	Strasse: Schutzplanken/Leitschranken (2)	Strasse	m	-	fehlt	B

Tabelle 1: Übersicht Inventar-Lücken

4.3.2 Auflistung der identifizierten Inventar-Lücken

In Tabelle 2 werden die identifizierten Inventar-Lücken in der Reihenfolge der vergebenen Inventar-Nr. gemäss Übersichtstabelle (Tabelle 1: Übersicht Inventar-LückenTabelle 1) einzeln aufgelistet und beschrieben.

Bezeichnung: Baumaschinen des SBV (350)		
Inventar-Nr. 1	Status: vorhanden	Typ: Maschine
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: h, Stk.	Relevante Datenquellen: [43] [48]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet Inventare für alle Baumaschinen des Schweizerischen Baumeisterverbandes (ca. 350 Maschinen/Varianten), aufbereitet für den Einsatz nach Betriebsstunden (h) und den alleinigen Besitz/Kauf von Maschinen (Stk.). Inventare für Maschinen können über ein generisches Herstellungsinventar für Maschinen und den Energieverbrauch modelliert werden und entsprechend Gewicht und Leistung hochgerechnet werden. Im Tool ECO2nstruct [48] wurde diese Modellierung auf Basis von UVEK-Inventaren [43] bereits vorgenommen, sodass der Aufwand der Bereitstellung für die hohe Anzahl der Inventare verhältnismässig gering ausfallen sollte. Wichtig: Vor der Bearbeitung ist zu klären, ob die für die Nutzung der Daten des Schweizerischen Baumeisterverbandes (SBV) Lizenzgebühren anfallen.</p>		

Bezeichnung: Maschinen mit Partikelfilter (5)		
Inventar-Nr. 2	Status: Tws. vorhanden	Typ: Maschine
Bereich: Generell	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: h	Relevante Datenquellen: [48]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet eine sinnvolle Ergänzung der Inventare Nr. 1, wo notwendig. Im Tool ECO2nstruct [48] sind Maschinen mit Partikelfilter bereits teilweise vorhanden. Es sollte zuvor evaluiert werden, welche Maschinen mit Partikelfilter eingesetzt werden und notwendig sind.</p>		

Bezeichnung: Argon (Schutzgas) (1)		
Inventar-Nr. 3	Status: vorhanden	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m3, kg	Relevante Datenquellen: [42]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet die Erarbeitung eines Inventars für das Schutzgas Argon, welches zum Schutzgasschweissen verwendet wird. Argon ist als Inventar in der Zusatzdatenbankecoinvent Chemicals [42] enthalten.</p>		

Bezeichnung: Asphalt, Kaltmischfundation (5)		
Inventar-Nr. 4	Status: Tws. vorhanden	Typ: Material
Bereich: Strasse	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m2, m3	Relevante Datenquellen: [21] [38] [48]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet die Erarbeitung mehrerer Varianten von Asphalt-Kaltmischfundationen. In der Studie [21] wurden bereits Ökobilanzen von vier verschiedenen Kaltmischfundationen berechnet (Deckschicht AC 8 S, 0 % RAP, Binderschicht AC B 22, 0 % RAP, Deckschicht AC 8 S, 50 % RAP, Binderschicht AC B 22, 60 % RAP). In der Studie [38] wurden für drei verschiedene Asphaltrezepturen von Tragschichten Ökobilanzen berechnet (AC T als Referenz, Radwegasphaltvariante AFK 1, Radwegvariante AFK 2). Die Ergebnisse sind in beiden Studien nach IPCC und MÖK ausgewiesen. In [48] sind zwei Varianten enthalten, die auf UVEK-Daten basieren.</p>		

Bezeichnung: Asphalt, diverse Schichten/Mischgutsorten inkl. versch. RC-Anteile (30)		
Inventar-Nr. 5	Status: vorhanden	Typ: Material
Bereich: Strasse	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg	Relevante Datenquellen: [21] [23] [38] [48]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet die Aufbereitung relevanter Asphaltsschichten mit zugelassenen und evtl. auch ambitionierten RC-Anteilen. Der relevante Umfang ist im eventuellen Folgeprojekt festzulegen, die Inventare sollten über die Anteile skalierbar berechnet werden können. Diverse Recycling-Asphaltsorten sind auf Basis von UVEK-Inventaren in der Hintergrunddatenbank ECO2nstruct [42] enthalten, in den Studien [38], [21], [23] sind ebenfalls Asphalte mit verschiedenen RC-Anteilen berücksichtigt. Es empfiehlt sich eine getrennte Erarbeitung von einzelnen Inventaren für Deckbelag, Binderschicht, Tragschicht und Frostschuttschicht, um diese als Input für z.B. Strasse-Inventare Nr. 66 und 67, als auch die Instandhaltungsinventare Nr. 37 bis 41 zu nutzen. In [48] sind über 300 Varianten enthalten, die auf UVEK-Daten basieren.</p>		

Bezeichnung: Asphalt, mit Pflanzenkohle (5)		
Inventar-Nr. 6	Status: fehlt	Typ: Material
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m2, m3	Relevante Datenquellen: [14] [59]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet verschiedene Asphaltvarianten mit dem Zusatz von Pflanzenkohle. Inventare für Pflanzenkohle sind in Studien bereits untersucht worden ([14] [59]), sodass Grundlagen für das Material als Bestandteil bereits vorhanden sein sollten. Inventare oder Grundlagen über mögliche Zusammensetzungen des Asphalts sind in der Recherche nicht bekannt geworden.</p>		

Bezeichnung: Bahn-Fahrbahn (5)			
Inventar-Nr.	7	Status:	Tws. vorhanden
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Schiene	Priorität:	A
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	m	Relevante Datenquellen:	[27] [42]
Beschreibung:			
<p>Beinhaltet ein generisches Inventar für komplette Bahn-Fahrbahnen in verschiedenen Aufbau-Varianten. Diverse Bestandteile inkl. deren Ökobilanzrechnung sind in der ÖBB-Studie [27] enthalten (Bahndamm niedrig eingleisig, Bahndamm niedrig Gleiszulegung, Bahndamm hoch eingleisig, Bahndamm hoch Gleiszulegung, Einschnitt flach eingleisig, Einschnitt flach Gleiszulegung, Einschnitt tief eingleisig, Einschnitt tief Gleiszulegung, Feste Fahrbahn, Schotteroberbau). Eine Übertragbarkeit der Methodik und Berechnung auf die Schweizer Verhältnisse ist vorab zu überprüfen. Zusätzlich ist ein generisches Inventar in der ecoinvent-Datenbank [42] vorhanden.</p>			

Bezeichnung: Bahnschwelle (4)			
Inventar-Nr.	8	Status:	tws. vorhanden
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Schiene	Priorität:	A
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	km	Relevante Datenquellen:	[19] [27] [30] [41]
Beschreibung:			
<p>Beinhaltet die Bahnschwelle in drei Varianten mit Schotter: Betonschwelle, Holzschwelle, Stahlschwelle und eine Variante als feste Fahrbahn. Diese Varianten wurden in [30] und [27] mit einer Ökobilanz untersucht, eine Übertragung der Ergebnisse der Deutschen Bahn, bzw. ÖBB muss evaluiert werden, ist aus unserer Sicht aber wahrscheinlich gegeben. In [19] wurden ebenfalls diese vier Varianten und zusätzlich für einfache oder zweifache Fahrbahn im europäischen Raum untersucht. Inventare für Weichenschwellen sind in der Ökobaudat [41] enthalten.</p>			

Bezeichnung: Baugrubenentwässerung (1)			
Inventar-Nr.	9	Status:	erledigt
Typ:	Verfahren		
Bereich:	Tiefbau	Priorität:	-
SIA 112:	Kap. 32, 52		
Einheit:	m3	Relevante Datenquellen:	[47] [48]
Beschreibung:			
<p>Enthält ein Inventar für das Verfahren der Baugrubenentwässerung inkl. Bauteilen, Maschineneinsatz, Energie und Abwasserbehandlung. Datensätze und Berechnungen sind im EFFC Rechner Spezialtiefbau [47] und ECO2nstruct [48] bereits enthalten. Lt. Aussage T. Pohl ist eine Veröffentlichung ihres Inventars geplant.</p>			

Bezeichnung: Beton, CO2 Speicherfähigkeit (5)			
Inventar-Nr.	10	Status:	vorhanden
Typ:	Material		
Bereich:	Generell	Priorität:	B
SIA 112:	Kap. 32, 52		
Einheit:	kg, m3	Relevante Datenquellen:	[45] [46]
Beschreibung:			
<p>Enthält ein, oder mehrere Inventare von Beton mit CO2-Speicherfähigkeit. Im Treeze Betonrechner [45] [46] ist dieses bereits abbildbar, daher sind die Grundlagen für ein Inventar mit UVEK-Qualitätsstandard vorhanden.</p>			

Bezeichnung: Beton, Faserverstärkt (5)		
Inventar-Nr. 11	Status: fehlt	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m3	Relevante Datenquellen: [40] [43]	
<p>Beschreibung: Enthält Inventare für (hochfeste) faserverstärkte Betonsorten. Bedarf ist insbesondere für Sanierungsarbeiten und Erstellungen in Brückenbau relevant (Interview SS). In [40] wurde die Ökobilanz von hochfestem Beton berechnet, diese Datengrundlage könnte in der Erstellung des Inventars helfen. Auch hat die Carbotech AG bereits nicht öffentliche Projekte zur Bilanzierung von faserverstärkten Betonen durchgeführt. Die neueste Version der UVEK-Datenbank (KBOB) enthält ein Inventar für glasfaserverstärkten Beton.</p>		

Bezeichnung: Beton, mit Pflanzenkohle (5)		
Inventar-Nr. 12	Status: erledigt	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: -	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m3	Relevante Datenquellen: [14] [59]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet verschiedene Betonvarianten mit dem Zusatz von Pflanzenkohle. Inventare für Pflanzenkohle sind in Studien bereits untersucht worden ([14] [59]), sodass Grundlagen für das Material als Bestandteil bereits vorhanden sein sollten. Gemäss Interview (PT) ist ein Projekt zu Inventaren von Beton mit Pflanzenkohle auf UVEK-Qualitätsstandard in Abschluss.</p>		

Bezeichnung: Beton, Recycling (15)		
Inventar-Nr. 13	Status: vorhanden	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m3	Relevante Datenquellen: [45] [46] [48]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet Inventare zu relevanten Betonmischungen mit Recycling-Anteil. Im Treeze Betonrechner [45] [46] können diese Inventare bereits abgebildet werden. In der Hintergrunddatenbank ECO2nstruct [48] sind ebenfalls 14 Inventare (RC-C, RCB, RCM, RC-M) auf UVEK-Datenbasis vorhanden. Diese sind jedoch noch nicht vom KBOB freigegeben, oder in der Datenbank vorhanden, daher ist eine Aufbereitung der vorhandenen Inventare notwendig.</p>		

Bezeichnung: Betonfertigteile (300)		
Inventar-Nr. 14	Status: vorhanden	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: Stk, m, m2	Relevante Datenquellen: [40] [45] [48]	
<p>Beschreibung: Beinhaltet diverse Betonfertigteile: In der Hintergrunddatenbank ECO2nstruct [48] sind bereits 289 verschiedene Betonfertigteile (Platten, Steine, Rohre etc.) über Skalierung des Gewichts berechnet worden, die Berechnung beruht auf dem Treeze Betonfertigteilrechner [45], CEM II/III Ergänzung notwendig. In [40] wurden die Ökobilanzen von Betonfertigteilen aus hochfestem und normalfestem Beton berechnet. Daher sind Datengrundlagen vorhanden, die Auswahl und die Erstellung von Inventaren steht noch aus.</p>		

Bezeichnung: Betriebsmittel nach NPK crb (12)		
Inventar-Nr. 15	Status: Tws. vorhanden	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: -	Relevante Datenquellen: [42] [43] [48]	
Beschreibung: Beinhaltet mehrere Betriebsmittel. In der Hintergrunddatenbank ECO2nstruct [48] sind 12 Betriebsmittel (Schmieröl, Lösungsmittel organisch, Reinigungsmittel, Hydrauliköl, Streusalz 10 und 25 kg, Flockungsmittel, Dieselöl, Heizöl, Propangas Flasche 10.5 kg und 35 kg, Acetylen-Gas, 10 l) auf Basis von UVEK- [43] und ecoinvent-Inventaren [42] enthalten. In einem möglichen Folgeprojekt sind die Inventare zu überprüfen und gegebenenfalls zu ergänzen.		

Bezeichnung: Bitumen, Bio-Öle (1)		
Inventar-Nr. 16	Status: Tws. vorhanden	Typ: Material
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m3	Relevante Datenquellen: [13]	
Beschreibung: In der Studie [13] hat sich gezeigt, dass der Einsatz biogener Bindemittelinhaltsstoffe ökologisch nur sinnvoll ist, wenn diese aus z.B. Altspeseöl bestehen. Dieses Inventar beinhaltet daher ein Bitumen-Inventar mit Altspeseöl als Ersatz der konventionellen Zusatzstoffe.		

Bezeichnung: Bitumen, Spezial und modifizierte Bindemittel (5)		
Inventar-Nr. 17	Status: Tws. vorhanden	Typ: Material
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m3	Relevante Datenquellen: [10]	
Beschreibung: Beinhaltet mehrere Inventare für modifiziertes Bitumen. In der Studie [10] wurde die Ökobilanzierung von einem PmB, drei Varianten RmB und einem GRM-Bitumen durchgeführt. In einem möglichen Folgeprojekt sind die Daten- und Berechnungsgrundlagen zu überprüfen und gegebenenfalls zu ergänzen.		

Bezeichnung: Böschung, Lärmschutzwall (2)		
Inventar-Nr. 18	Status: fehlt	Typ: Standard-Element
Bereich: Generell	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: m3	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Beinhaltet zwei generische Inventare Böschung und Lärmschutzwall. Die Einheit ist in m3 vorgesehen. Die notwendigen Inventare für den Aufbau (Maschineneinsatz, Transport) sind bereits vorhanden, das Inventar für Material/Erdbarbeiten (Inventar 22) müsste zuvor erstellt werden.		

Bezeichnung: Brücke, versch. Materialien, Grössen, Lager-Typen (6)		
Inventar-Nr. 19	Status: tws. vorhanden	Typ: Standard-Element
Bereich: Generell	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: l x b x h	Relevante Datenquellen: [19] [25] [27] [32] [42]	
Beschreibung: <p>In [32] wird der Einfluss von Bauart, Baustoffqualität, Baustoffart und Bauverfahren auf die Ökobilanz von Brücken untersucht. Diese Studie eignet sich, um die relevanten Faktoren für eine approximative Berechnung zu identifizieren. Berücksichtigt sind die Lebensphasen Baustoffherstellung, Bau, Nutzung, Abbruch und Entsorgung. Die Prozesse Rohstoffgewinnung und Baustoffherstellung, Bauprozesse, die Anlagen der Baustelleneinrichtung, das Bauwerk selbst, der Verkehr auf der Brücke, Verwertungs- und Entsorgungsprozesse, Prozesse der Energiebereitstellung sowie Transporte wurden ebenfalls berücksichtigt.</p> <p>In [27] wird die Ökobilanz einer Stahlbeton-Strassen- als auch Bahnbrücke grob approximiert. In der ecoinvent-Datenbank [42] existiert ein generisches Durchschnittsinventar für Strassen, welches auch einen Teil Brücke enthält. In [19] werden grosse Viadukte aus Stahlbeton, kleine Betonbrücken und Stahlbrücken, jeweils ein- und zweispurig, untersucht und bilanziert.</p>		

Bezeichnung: Entsorgung, Deponie (1)		
Inventar-Nr. 20	Status: vorhanden	Typ: Verfahren
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg	Relevante Datenquellen: [42] [43]	
Beschreibung: <p>Inventare sind in der ecoinvent-Datenbank [42] ist ein Inventar enthalten. In der UVEK-Datenbank [43] ist kein generischer Deponieprozess vorhanden, jedoch für bestimmte Materialien indirekt berücksichtigt. Laut Interview (PT) sollte eine Harmonisierung vorgenommen werden.</p>		

Bezeichnung: Entsorgung, Sonderabfall-Deponie (1)		
Inventar-Nr. 21	Status: vorhanden	Typ: Verfahren
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg	Relevante Datenquellen: [42] [43]	
Beschreibung: <p>Inventare sind in der ecoinvent-Datenbank [42] ist ein Inventar enthalten. In der UVEK-Datenbank [48] ist kein generischer Deponieprozess vorhanden, jedoch für bestimmte Materialien indirekt berücksichtigt. Laut Interview (PT) sollte eine Harmonisierung vorgenommen werden.</p>		

Bezeichnung: Erdarbeiten (1)		
Inventar-Nr. 22	Status: Grundlagen	Typ: Verfahren
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m3	Relevante Datenquellen: [19] [27] [43]	
Beschreibung: <p>Beinhaltet die Tätigkeit des Aushebens von Erdreich, also die anteilige Herstellung und den Einsatz einer geeigneten Maschine inklusive des Energieverbrauchs. Benötigte Input-Inventare sind über Inventar 1 und die UVEK-Datenbank [43] vorhanden. In den Studien [19] [27] sind Erdarbeiten berücksichtigt und bilanziert.</p>		

Bezeichnung: Erdreich (2)		
Inventar-Nr. 23	Status: vorhanden	Typ: Material
Bereich: Tiefbau	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m3	Relevante Datenquellen: [43] [44] [48]	
Beschreibung: Beinhaltet neben der Tätigkeit des Aushebens (s. Inventar Nr. 22) noch den durchschnittlichen Transport zwischen Ausgrabungs- und Einsatzort. Transporte sind in [43] vorhanden. Datensätze sind über die Hintergrunddaten ECO2nstruct [48] vorhanden. In der SIA-Baustoffdatenbank [44] sind zwei Typen (Ton/Schlick/Schlamm und Sand/Kies) vorhanden, daher empfehlen wir die Erarbeitung analog.		

Bezeichnung: Flüssigboden (1)		
Inventar-Nr. 24	Status: vorhanden	Typ: Verfahren
Bereich: Tiefbau	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m3	Relevante Datenquellen: [48]	
Beschreibung: Die Datensätze Flüssigboden ex-situ und in-situ sind in der Hintergrunddaten ECO2nstruct [48] vorhanden. Eine Freigabe der Daten ist zu klären.		

Bezeichnung: Freileitungen (1)		
Inventar-Nr. 25	Status: erledigt	Typ: Standard-Element
Bereich: Generell	Priorität: -	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: km	Relevante Datenquellen: [19] [27]	
Beschreibung: In der Studie [27] wurden Freileitungen modelliert und in der Ökobilanzierung berücksichtigt. In [19] wurden verschiedene Masten inkl. Leitungen modelliert. Zusätzlich befinden sich die relevanten Inventare gemäss Interviews Gegenstand aktueller Projekte (SS, PT). Eine Veröffentlichung ist aufgrund teilweise öffentlicher Auftraggeber geplant.		

Bezeichnung: Geotextilien (5)		
Inventar-Nr. 26	Status: Grundlagen	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m2, m	Relevante Datenquellen: [41]	
Beschreibung: Beinhaltet mehrere technische Textilien / Geotextilien. Die Materialisierung ist noch zu klären, es werden mindestens zwei Inventare (wasserdicht, wasserdurchlässig) und wahrscheinlich mehrere Material-Varianten/Stärken (beständige: PP, PE, PA, Polyester, nicht beständige: Schilf, Jute, Kokos), sowie verschiedene Herstellungsarten (Gewebe/Vlies/Verbund) benötigt. In der Datenbank ÖKOBAUDAT [41] sind mehrere Geotextil-Inventare enthalten, die Eignung als Datenbasis ist noch zu klären.		

Bezeichnung: Gesteinskörnungen (15)		
Inventar-Nr. 27	Status: vorhanden	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg	Relevante Datenquellen: [43] [48]	
Beschreibung: In der Hintergrunddatenbank ECO2nstruct [48] sind in Summe ca. 60 Datensätze vorhanden. Diese inkludieren die Kategorien: (RC-)Feine/Grobe Gesteinskörnungen, (RC-)Korngemische, Recycelte Korngemische/Gesteinskörnungen, Korngemische/Planierkies, (RC-)Kiessand, Schotter, Jurakalk, Mergel, Bollensteine, Vorlegesteine. Die Datensätze beruhen auf Inventaren aus der UVEK-Datenbank [43] und eigenen Berechnungen der Umtec Technologie AG.		

Bezeichnung: Gleis (Schienen, Schwellenmaterial, Befestigung) (5)		
Inventar-Nr. 28	Status: Tws. vorhanden	Typ: Standard-Element
Bereich: Schiene	Priorität: A	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: m	Relevante Datenquellen: [27]	
Beschreibung: Beinhaltet die Schienen, Schwellen und Befestigungsmittel. In der Masterthesis [27] wurden Ökobilanzen für verschiedene Gleisvarianten (Schotter mit Holz-, Beton-, besohnten Betonschwellen) und Befestigungen (W14, KS24) berechnet.		

Bezeichnung: Guss-Asphalt (5)		
Inventar-Nr. 29	Status: Tws. vorhanden	Typ: Material
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m ² , m ³	Relevante Datenquellen: [48]	
Beschreibung: In der Hintergrunddatenbank ECO2nstruct [48] sind 4 Datensätze (MA 4, MA 8, MA 11, MA 16) vorhanden. Diese sind dort für Deck-, Binder- und Schutzschichten verwendet und enthalten keinen RC-Anteil. Die Datensätze beruhen eigenen Berechnungen der Umtec Technologie AG, Verwendung ist zu klären.		

Bezeichnung: Helium (Schutzgas) (2)		
Inventar-Nr. 30	Status: vorhanden	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m ³ , kg	Relevante Datenquellen: [42]	
Beschreibung: Beinhaltet die Erarbeitung eines Inventars für das Gas Helium, welches zum Schutzgasschweißen verwendet wird. Helium ist als Inventar in der Zusatzdatenbank ecoinvent Chemicals [42] enthalten.		

Bezeichnung: IH Böschung (1)		
Inventar-Nr. 31	Status: fehlt	Typ: Verfahren
Bereich: Strasse, Schiene	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: a*m ² , m ²	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Bildet den Aufwand für die Instandhaltung von Böschungen ab (hpts. Maschineneinsatz, Energie, ggf. Materialien). Einheit ist einmalige Instandhaltung einer Fläche (m ²) und durchschnittlicher Aufwand einer Fläche pro Jahr (m ² *a). Kein Datensatz bekannt, die Input-Inventare sind verfügbar in UVEK-, ecoinvent-, ECO2nstruct-Datenbank. Ggf. muss der Maschineneinsatz auf den Gerätetyp angepasst werden.		

Bezeichnung: IH Holzschwellen (1)		
Inventar-Nr. 32	Status: Grundlagen	Typ: Verfahren
Bereich: Schiene	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m*a, m	Relevante Datenquellen: -	
<p>Beschreibung: Bildet den Aufwand für die Instandhaltung von Holzschwellen ab (hpts. Maschineneinsatz, Energie, Materialien nach Verfahren). Einheit ist einmalige Instandhaltung einer Strecke (m) und durchschnittlicher Aufwand einer Strecke pro Jahr (m*a). Bisher ist kein Datensatz bekannt, zunächst müssen die relevanten Verfahren (Pestizide, Schutzanstriche, Heisswasser etc.) identifiziert und modelliert werden. Die Carbotech AG hat bereits Projekte hierzu durchgeführt, diese sind jedoch nicht öffentlich, Verwendung müsste mit Auftraggeber*in geklärt werden.</p>		

Bezeichnung: Schiene: IH Grampen/Stopfen (1)		
Inventar-Nr. 33	Status: Tws. vorhanden	Typ: Verfahren
Bereich: Schiene	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m*a, m	Relevante Datenquellen: [27], [30]	
<p>Beschreibung: In der Masterthesis [27] wurde das Verfahren Stopfen über eine Stopfmaschine modelliert. In [30] wurde das Verfahren über den Dieserverbrauch und Kiesersatz modelliert. Die Herstellung der Maschine wäre ebenfalls zu berücksichtigen.</p>		

Bezeichnung: Schiene: IH-Varianten (2)		
Inventar-Nr. 34	Status: Grundlagen	Typ: Verfahren
Bereich: Schiene	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m*a, m	Relevante Datenquellen: [27]	
<p>Beschreibung: In der Masterthesis [27] wurden mehrere Instandhaltungsverfahren über Einsatzhäufigkeit, Transporte, Maschineneinsatz (Energieverbrauch) und ggf. Materialien modelliert (Schweissen, Schleifen, Planungsverbesserung, Grampen/Stopfen etc.).</p>		

Bezeichnung: Schiene: IH Schleifen (1)		
Inventar-Nr. 35	Status: Tws. vorhanden	Typ: Verfahren
Bereich: Schiene	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m*a, m	Relevante Datenquellen: [27], [28]	
<p>Beschreibung: In der Masterthesis [27] wurden das Instandhaltungsverfahren Schienen-Schleifen über die Maschine SSM2 modelliert.</p>		

Bezeichnung: Schiene: IH Vegetationsbekämpfung (3)		
Inventar-Nr. 36	Status: Grundlagen	Typ: Verfahren
Bereich: Schiene	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m*a, m	Relevante Datenquellen: -	
<p>Beschreibung: Beinhaltet relevante Verfahren (Pestizideinsatz, mechanische Entfernung, Heisswasser etc.) Die Carbotech AG hat bereits Projekte hierzu durchgeführt, diese sind jedoch nicht öffentlich, Verwendung müsste mit Auftraggeber*in geklärt werden.</p>		

Bezeichnung: Strasse: IH Ausbesserung (2)		
Inventar-Nr. 37	Status: in Arbeit	Typ: Verfahren
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m2, m2*a	Relevante Datenquellen: [16] [21] [23] [38]	
Beschreibung: Beinhaltet die Ausbesserung stark begrenzter Schadstellen. Um die kurze Haltbarkeit entsprechend zu berücksichtigen ist die Einheit sowohl in m2, als auch pro Zeit (m2*a) vorgesehen. Als Input dienen die entsprechenden Asphaltvarianten. Ein entsprechendes Inventar ist laut Interview (PT) bereits in Arbeit.		

Bezeichnung: Strasse: IH Deckschicht (DSK, DSH) (2)		
Inventar-Nr. 38	Status: in Arbeit	Typ: Verfahren
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m2, m	Relevante Datenquellen: [16] [21] [23] [38]	
Beschreibung: Beinhaltet die Erneuerung/Auftrag einer Schicht in Heiss- oder Kaltbauweise. Die Einheit ist sowohl in m2, als auch pro Zeit (m2*a) vorgesehen. Als Input dienen die entsprechenden Asphaltvarianten. Ein entsprechendes Inventar ist laut Interview (PT) bereits in Arbeit.		

Bezeichnung: Strasse: IH Oberflächenbehandlung (1)		
Inventar-Nr. 39	Status: in Arbeit	Typ: Verfahren
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m2, m2*a	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Die relevanten Verfahren sind noch zu klären (einfache/doppelte Abstreuerung, einfache/doppelte Oberflächenbehandlung, Sonderbauweisen). Beinhaltet wahrscheinlich die Vorreinigung, das Aufbringen des Bindemittels, das Absplitten mit Gesteinskörnungen und Abwalzen. Ein entsprechendes Inventar ist laut Interview (PT) bereits in Arbeit.		

Bezeichnung: Strasse: IH Sanierung (1)		
Inventar-Nr. 40	Status: in Arbeit	Typ: Verfahren
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m2, m2*a	Relevante Datenquellen: [16] [21] [23] [38] [48]	
Beschreibung: Beinhaltet das Ausfräsen (Variante Asphalt/Beton) der Schichten und den Einbau der neuen Trag-, Binder- und Deckschicht. Im ecoinvent-Datensatz [42] ist ein generisches Inventar für Strassensanierung vorhanden. Laut Interview (PT) ist auch hier ein Datensatz in Arbeit. Diverse Asphaltvarianten sind in [16] [21] [23] [38] [42] untersucht, in [48] ist die Ökobilanz von über 300 Asphaltvarianten hochgerechnet.		

Bezeichnung: Strasse: IH Durchschnitt (1)		
Inventar-Nr. 41	Status: Tws. vorhanden	Typ: Verfahren
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m	Relevante Datenquellen: [42]	
Beschreibung: Im ecoinvent-Datensatz [42] ist ein generisches Inventar für Strassensanierung vorhanden.		

Bezeichnung: Kaltmikrobelag (5)					
Inventar-Nr.	42	Status:	In Arbeit	Typ:	Material
Bereich:	Strasse	Priorität:	C	SIA 112:	Kap. 32, 52
Einheit:	kg, m3	Relevante Datenquellen:	-		
Beschreibung: Laut Interview (PT) ist ein Datensatz in Arbeit, eine Ökobilanzstudie konnte nicht recherchiert werden.					

Bezeichnung: Kleber (für Gleisbett aus Kiesel) (1)					
Inventar-Nr.	43	Status:	Grundlagen	Typ:	Material
Bereich:	Schiene	Priorität:	C	SIA 112:	Kap. 32, 52
Einheit:	kg, m3	Relevante Datenquellen:	-		
Beschreibung: In bestimmten Fällen (z.B. Hochgeschwindigkeitsstrecke, exponierte Lage) wird der Schotter im Gleisbett verklebt. Ein Datensatz/Ökobilanz konnte nicht recherchiert werden. Die Relevanz für die Schweiz ist zu untersuchen.					

Bezeichnung: Kran/Hebezeug für Brückenbau (5)					
Inventar-Nr.	44	Status:	fehlt	Typ:	Maschine
Bereich:	Generell	Priorität:	C	SIA 112:	Kap. 32, 52
Einheit:	h, Stk.	Relevante Datenquellen:	-		
Beschreibung: Beinhaltet Spezialmaschinen für den Brückenbau. Ein Datensatz oder eine Ökobilanzstudie konnte nicht recherchiert werden. In [30] sind die Häufigkeit und Eigenschaften verschiedener Brückenarten in Deutschland untersucht. In [32] sind verschiedene Verfahren untersucht.					

Bezeichnung: Lärmschutz-Wand (10)					
Inventar-Nr.	45	Status:	erledigt	Typ:	Standard-Element
Bereich:	Strasse, Schiene	Priorität:	-	SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit:	m	Relevante Datenquellen:	[27]		
Beschreibung: Beinhaltet die Erarbeitung verschiedener relevanter Varianten von Lärmschutz-Wänden (Aluminium, Stahl, Beton, Holz, Holzbeton, Glas, Kunststoff etc.). Laut Interviews (KS, PT) sind acht relevante Varianten bereits über Projekte in Arbeit, deren Ergebnisse auch öffentlich publiziert werden und UVEK-kompatibel sind. In [27] sind Lärmschutzwände grob bilanziert worden (Zusammengesetzt aus: Betonfertigteile, Baustahl, Leichtbeton/Holzbeton).					

Bezeichnung: Maschinen, E-Antrieb (CH-Mix) (25)					
Inventar-Nr.	46	Status:	Tws. vorhanden	Typ:	Maschine
Bereich:	Generell	Priorität:	A	SIA 112:	Kap. 32, 52
Einheit:	h, Stk.	Relevante Datenquellen:	[48]		
Beschreibung: In sind bereits 9 Datensätze mit Elektroantrieb mit Schweizer Strom-Mix vorhanden (Hydraulikbagger, Kompaktlader, Vibroplatten/-stampfer). Eine Erweiterung und Ausbau ist zu Prüfen und relevante Inventare sollten im Hinblick auf die Zunehmende Elektrifizierung von Baustellen erarbeitet werden.					

Bezeichnung: Maschinen, E-Antrieb, versch. Strommix (25)		
Inventar-Nr. 47	Status: fehlt	Typ: Maschine
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: h, Stk.	Relevante Datenquellen: [42] [43]	
Beschreibung: Die bisherigen Elektromaschinen-Datensätze beruhen auf dem Schweizer Strom-Mix. Es ist zu erwarten, dass Anbieter die Verwendung von Ökostrom anbieten werden. Um einen Anreiz dazu zu setzen sollte dies auch abbildbar sein. Verschiedene Strommixe sind in UVEK- [43] und ecoinvent-Datenbank [42] vorhanden.		

Bezeichnung: Maschinen, H2-Antrieb (5)		
Inventar-Nr. 48	Status: fehlt	Typ: Maschine
Bereich: Generell	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: h, Stk.	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Eine Ökobilanzstudie konnte nicht recherchiert werden.		

Bezeichnung: Micro-Tunneling (1)		
Inventar-Nr. 49	Status: fehlt	Typ: Verfahren
Bereich: Tiefbau	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m, m3	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Eine Ökobilanzstudie konnte nicht recherchiert werden. Hierbei handelt es sich um ein relativ neues Verfahren, ähnlich der Bohrung einer Tunnelvortriebsmaschine, nur in deutlich kleinerem Massstab.		

Bezeichnung: Nassmechanische Aufbereitung von Mischabbruch für Konstruktionsbeton (1)		
Inventar-Nr. 50	Status: erledigt	Typ: Verfahren
Bereich: Generell	Priorität: -	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m3	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Laut Interview (PT) bereits UVEK-kompatibel in Erarbeitung.		

Bezeichnung: Natursteine (5)		
Inventar-Nr. 51	Status: Tws. vorhanden	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m3, m	Relevante Datenquellen: [34] [43] [44] [48]	
Beschreibung: In der UVEK-Datenbank [43] ist nur ein Naturstein-Inventar vorhanden. In der SIA-Baustoff-Datenbank [44] sind 16 verschiedene Materialien gelistet. Auf Basis des UVEK-Inventars wurden für die Hintergrunddatenbank ECO2nstruct [48] 90 relevante Datensätze von verschiedenen Steinen berechnet. Eine Verbesserung der grundlegenden Daten (nach Ursprungsland, Verfahren brechen, schleifen etc.) ist laut Interview wünschenswert (PT). In [34] wurden verschiedene Freiraumbeläge, auch auf Basis von Natursteinen, untersucht.		

Bezeichnung: Ortbetonkanal, Kanalbau, Werkleitungsgrabenbau (1)			
Inventar-Nr. 52	Status: fehlt	Typ: Standard-Element	
Bereich: Tiefbau	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: m3, m	Relevante Datenquellen: -		
Beschreibung: Beinhaltet ggf. mehrere Inventare für verschiedene Verfahren, welche relevant sind ist zu überprüfen. Eine Ökobilanzstudie konnte nicht recherchiert werden.			

Bezeichnung: Pflanzkohle (1)			
Inventar-Nr. 53	Status: erledigt	Typ: Material	
Bereich: Generell	Priorität: -	SIA 112: Kap. 32, 52	
Einheit: kg, m3	Relevante Datenquellen: [14] [59]		
Beschreibung: Inventare für Pflanzkohle sind in Studien bereits untersucht worden [14] [59], sodass Grundlagen für das Material als Bestandteil bereits vorhanden sein sollten.			

Bezeichnung: Pflasterung Kieselwackersteine, Naturstein (1)			
Inventar-Nr. 54	Status: vorhanden	Typ: Standard-Element	
Bereich: Generell	Priorität: C	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: m2	Relevante Datenquellen: [34]		
Beschreibung: Für die Erstellung kann auf das Inventar-Nr. 51 und das vorhandene UVEK-Inventar als Material-Input zurückgegriffen werden. In [34] wurden verschiedene Freiraumbeläge, auch auf Basis von Natursteinen, untersucht.			

Bezeichnung: Relining (SIPP, CIPP) (2)			
Inventar-Nr. 55	Status: fehlt	Typ: Verfahren	
Bereich: Tiefbau	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52	
Einheit: m, m3	Relevante Datenquellen: -		
Beschreibung: Beinhaltet die zwei Verfahren SIPP (Spray in Place Pipe) und CIPP (Cured in Place Pipe) inkl. Materialien, Maschine und Energieeinsatz. Relining-Verfahren sind für die Instandsetzung/Sanierung von Rohren geeignet, ohne diese Ausgraben zu müssen. Je nach Verfahren kommen unterschiedliche Materialien (Harze, Kleber, Liner etc.) zum Einsatz.			

Bezeichnung: Rückbau (1)			
Inventar-Nr. 56	Status: fehlt	Typ: Verfahren	
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52	
Einheit: m3, kg	Relevante Datenquellen: -		
Beschreibung: Bisher wird, auch in den SIA-Phasen, der Rückbau nicht betrachtet. Da der Rückbau und die Entsorgung von Bauwerken in die Betrachtung des Lebenszyklus gehört, werden ein oder mehrere Inventare zur Abschätzung der Rückbauaufwände benötigt. Benötigte Bausteine zum Aufbau sind bereits in der UVEK-Datenbank vorhanden (Maschinen, Transporte, Entsorgung je Materialien).			

Bezeichnung: Schienen (1)		
Inventar-Nr. 57	Status: tws. vorhanden	Typ: Standard-Element
Bereich: Schiene	Priorität: A	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: km	Relevante Datenquellen: [19] [27] [28] [30]	
Beschreibung: Beinhaltet das Material und die Herstellung relevanter Schienenvarianten, welche noch zu definieren sind. Zu unterscheiden ist wahrscheinlich zwischen Tram- und Bahnschienen, ggf. zwischen normalen und hochbelasteten Schienen. In [28] wurde das Schienenprofil 60E1 exakt bilanziert, allerdings für den Raum Österreich.		

Bezeichnung: Schotter, verklebt (1)		
Inventar-Nr. 58	Status: fehlt	Typ: Material
Bereich: Schiene	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m3, t, m	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: In bestimmten Fällen (z.B. Hochgeschwindigkeitsstrecke, exponierte Lage) wird der Schotter im Gleisbett verklebt. Ein Datensatz/Ökobilanz konnte nicht recherchiert werden. Die Relevanz für die Schweiz ist zu untersuchen. Der notwendige Kleber ist in Inventar Nr. 43 vorgeschlagen.		

Bezeichnung: Schotteraufbereitung (2)		
Inventar-Nr. 59	Status: fehlt	Typ: Verfahren
Bereich: Generell	Priorität: B	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m3, t	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Beinhaltet die Verfahren für Schotteraufbereitung (dezentral vor Ort oder zentral inkl. durchschnittlichem Transport).		

Bezeichnung: Schwammstadtkompatible Materialalternativen (15)		
Inventar-Nr. 60	Status: fehlt	Typ: Material
Bereich: Generell	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: kg, m2, m3	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Das Konzept der Schwammstadt für eine verbesserte Regen- und Wasserrückhaltung wird zunehmen wichtiger. Die Bereitstellung von schwammstadtkompatiblen Alternativen soll den Einsatz dieser Fördern. Es ist zunächst zu untersuchen, welche Inventare/Materialien relevant sind.		

Bezeichnung: Signalanlage/-träger, Strasse/Bahn (2)		
Inventar-Nr. 61	Status: tws. vorhanden	Typ: Standard-Element
Bereich: Strasse, Schiene	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: km, Stk.	Relevante Datenquellen: [30]	
Beschreibung: Beinhaltet Inventare für verschiedene relevante Signalanlagen (Signale Bahn, Ampeln etc.). In [30] wurden verschiedene Bahn-Signale untersucht und modelliert, inkl. notwendiger Verkabelungen.		

Bezeichnung: Sportplätze (Kunstrasen, Motocross, Golf) (5)		
Inventar-Nr. 62	Status: erledigt	Typ: Standard-Element
Bereich: Generell	Priorität: -	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: m2	Relevante Datenquellen: [34]	
Beschreibung: In [34] wurden verschiedene Spiel- und Sportplätze (Sandgrube, Spielplatz (Kies, Holzschnitzel, Gummi), Sportbeläge, Rasensportfelder (Natur, Kunstrasen, Hybrid), Tennis, Nutzrasen, Wiesen) mithilfe von Ökobilanzen untersucht.		

Bezeichnung: Standard-Perron (1)		
Inventar-Nr. 63	Status: Grundlagen	Typ: Standard-Element
Bereich: Schiene	Priorität: C	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: m	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Die Carbotech AG hat bereits Projekte hierzu durchgeführt, diese sind jedoch nicht öffentlich, Verwendung müsste mit Auftraggeber*in geklärt werden. Es konnte keine öffentlichen Datensätze oder Inventare recherchiert werden. In [19] wurden Haltestellen für Personen- und Güterverkehr bilanziert, die Übertragbarkeit ist noch zu untersuchen.		

Bezeichnung: Stellwerk (elektronisch, Relais) (2)		
Inventar-Nr. 64	Status: fehlt	Typ: Standard-Element
Bereich: Schiene	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: Stk.	Relevante Datenquellen: [19] [30]	
Beschreibung: In [30] wurden Stellwerke untersucht und Bilanziert. In [19] wurden Kontrollstellen inkl. deren Gebäude bilanziert. Beinhaltet ist die Erstellung von zwei Inventaren für elektronische und Relais-Stellwerke.		

Bezeichnung: Signal-, Stromkabel erdverlegt (1)		
Inventar-Nr. 65	Status: erledigt	Typ: Standard-Element
Bereich: Tiefbau	Priorität: -	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: km	Relevante Datenquellen: [19] [27] [30]	
Beschreibung: Die unterirdische Verlegung und der Aufbau von verschiedenen Kabeln zur Signalisierung und Stromversorgung wurde in mehreren Studien untersucht [19] [27] [30] . Die Kabelvarianten und Verlegungsarten sind zu bewerten und für die relevanten Varianten Inventare zu erstellen.		

Bezeichnung: Strasse Durchschnitt (Stadt-, Land-, Nationalstrasse) (3)			
Inventar-Nr.	66	Status:	Tws. vorhanden
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Strasse	Priorität:	A
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	m*a, m	Relevante Datenquellen:	[38] [42]
Beschreibung: Beinhaltet die Erstellung von drei generischen Inventaren für sehr grobe Abschätzungen (Stadt-, Land-, Nationalstrasse). In der ecoinvent-Datenbank [42] ist ein generisches Inventar (Durchschnittliche Strasse inkl. Tunnel, Brücken etc.) vorhanden. Input-Inventare sind Inventare Nr. 67, 41, 4 und 5. Grundlagen zu Asphalt finden sich in [38], in den ECO2nstruct Daten sind diverse Asphaltarten und Unterbaumaterialien enthalten.			

Bezeichnung: Strassenauf-/unterbau (Deck-, Binder, Trag-, Frostschutzschicht, Entwässerung) (10)			
Inventar-Nr.	67	Status:	In Arbeit
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Strasse	Priorität:	A
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	m, m2, m3	Relevante Datenquellen:	[38]
Beschreibung: Beinhaltet einzelne Inventare für: Deckschichten (Asphalt, Beton, ggf. Pflaster/Platten), Tragschichten (mit/ohne Bindemittel), Unterbau und Untergrund, sowie unter der Strasse liegende Leitungen. Die Aufbereitung in verschiedenen Einheiten soll die Verwendung bei unterschiedlichem Projektdetaillierungsgrad ermöglichen. Es bestehen diverse Verknüpfungen zu anderen Inventaren dieser Liste (Inventare: 4, 5, 22, 38, ggf. 54, 66, 89)			

Bezeichnung: Strassen-/Trassenbeleuchtung (2)			
Inventar-Nr.	68	Status:	vorhanden
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Strasse, Schiene	Priorität:	A
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	km, Stk.	Relevante Datenquellen:	[30]
Beschreibung: Beinhaltet die Erarbeitung verschiedener Strassen- und Trassenbeleuchtungsanlagen inklusive Verkabelung/Stromversorgung. Nicht gemeint und nicht beinhaltet sind Lichtsignalanlagen. Die Carbotech AG hat bereits Ökobilanzen für z.B. Standardmasten im Schienenverkehr erarbeitet, diese sind jedoch nicht öffentlich, Verwendung müsste mit Auftraggeber*in geklärt werden. Laut Interview (SS, PT) sind relevante Inventare bereits in Projekten in Erstellung, die Veröffentlichung ist noch nicht festgelegt.			

Bezeichnung: Stützmauer (alternative Materialien) (2)			
Inventar-Nr.	69	Status:	fehlt
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Generell	Priorität:	C
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	l x h	Relevante Datenquellen:	-
Beschreibung: Beinhaltet Stützmauern, errichtet aus anderen Materialien als Beton, z.B. Natursteine, Holz etc. Bedarf über Interview (AC) angemeldet. Berechnung über Länge und Höhe, eventuell muss die Stützlast normiert werden.			

Bezeichnung: Stützmauer (Standards: Beton, Mauerwerk, Gabione) (3)		
Inventar-Nr. 70	Status: tws. vorhanden	Typ: Standard-Element
Bereich: Generell	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: l x h	Relevante Datenquellen: [27]	
Beschreibung: Beinhaltet drei Inventare für Stützmauern aus Beton, Mauerwerk und Gabionen. Stahlbetonmauern (hoch, niedrig) sind in [27] bilanziert worden.		

Bezeichnung: Tram-Fahrbahn (2)		
Inventar-Nr. 71	Status: Tws. vorhanden	Typ: Standard-Element
Bereich: Schiene	Priorität: A	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: m	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Beinhaltet ein generisches Inventar für den Aufbau einer Tram-Fahrbahn inkl. zugehöriger Komponenten. Es konnte keine öffentlichen Datensätze oder Inventare recherchiert werden.		

Bezeichnung: Trockenmechanische Aufbereitung von Mischabbruch für Magerbeton (1)		
Inventar-Nr. 72	Status: erledigt	Typ: Verfahren
Bereich: Generell	Priorität: -	SIA 112: Kap. 32, 52
Einheit: m3	Relevante Datenquellen: -	
Beschreibung: Beinhaltet ein Inventar für die trockenmechanische Aufbereitung von Mischabbruch. Laut Interview (PT) ist ein solches Inventar in Erarbeitung, die Veröffentlichung ist geplant.		

Bezeichnung: Tunnel, offene Bauweise, Galerie (2)		
Inventar-Nr. 73	Status: In Arbeit	Typ: Standard-Element
Bereich: Tiefbau	Priorität: A	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41
Einheit: l x b x h (m3)	Relevante Datenquellen: [19] [27] [30]	
Beschreibung: Beinhaltet die Erstellung eines generischen Inventars für die Errichtung eines Tunnels in offener Bauweise und ein Inventar zur Errichtung einer Galerie. In [19] wurden ein- und zweispurige Tunnel in offener Bauweise untersucht. In [30] finden sich Statistiken zu Ausprägungen diverser Tunnel in Deutschland, sowie Materialisierung und Gesteinsarten inkl. Klimabilanz. Auch in [27] sind ein- und zweispurige Tunnel in offener Bauweise bilanziert.		

Bezeichnung: Tunnel, geschlossene Bauweise (Tunnelvorschieb, Spritzbeton) (2)			
Inventar-Nr. 74	Status: In Arbeit	Typ: Standard-Element	
Bereich: Tiefbau	Priorität: A	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: 1 x D (m3)	Relevante Datenquellen: [19] [27] [30]		
Beschreibung: Beinhaltet die Erstellung von zwei generischen Inventaren für die Errichtung von Tunneln in geschlossener Bauweise, durch Tunnelvortriebsmaschine oder Spritzbetonbauweise. In [19] wurden ein- und zweispurige Tunnel in geschlossener Bauweise untersucht. In [30] finden sich Statistiken zu Ausprägungen diverser Tunnel in Deutschland, sowie Materialisierung und Gesteinsarten inkl. Klimabilanz. Auch in [27] sind ein- und zweispurige Tunnel in geschlossener Bauweise bilanziert.			

Bezeichnung: Überführung (2)			
Inventar-Nr. 75	Status: tws. vorhanden	Typ: Standard-Element	
Bereich: Tiefbau	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: m	Relevante Datenquellen: [24] [25] [27]		
Beschreibung: Beinhaltet ein generisches Inventar für die Bilanzierung einer Überführung für Personen. Die Carbotech AG hat bereits Projekte hierzu durchgeführt, diese sind jedoch nicht öffentlich, Verwendung müsste mit Auftraggeber*in geklärt werden. In [19] sind kleine Betonbrücken zum Überqueren von Strassen bilanziert. Evtl. sind auch Ergebnisse aus der Bilanzierung von Wildtierbrücken [24] [25] übertragbar.			

Bezeichnung: Unterführung (2)			
Inventar-Nr. 76	Status: tws. vorhanden	Typ: Standard-Element	
Bereich: Tiefbau	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: m	Relevante Datenquellen: [27]		
Beschreibung: Beinhaltet ein generisches Inventar für die Bilanzierung einer Unterführung für Personen. In [27] sind Personentunnel als Unterführungsbauwerk groß/klein mit/ohne Weißer Wanne bilanziert. Die Carbotech AG hat bereits Projekte hierzu durchgeführt, diese sind jedoch nicht öffentlich, Verwendung müsste mit Auftraggeber*in geklärt werden.			

Bezeichnung: Viadukt, einfach/doppel-spurig, versch. Materialien (2)			
Inventar-Nr. 77	Status: Grundlagen	Typ: Standard-Element	
Bereich: Tiefbau	Priorität: C	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: m	Relevante Datenquellen: [19] [27]		
Beschreibung: Beinhaltet generische relevante Inventare für Viadukte in ein- und doppelspuriger Ausführung aus verschiedenen Materialien (Stahl, Stahlbeton, evtl. Holz für kurze Distanzen). In [19] sind Viadukte und Brücken aus Stahl und Stahlbeton als ein- und zweispurige Variante bilanziert. Es ist kein Inventar oder Datensatz bekannt.			

Bezeichnung: Wildtierbrücken (Stahlbeton, Holz) (2)			
Inventar-Nr. 78	Status: Grundlagen	Typ: Standard-Element	
Bereich: Tiefbau	Priorität: C	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: m	Relevante Datenquellen: [24] [25]		
Beschreibung: Beinhaltet zwei Inventare für Wildtierbrücken in Holzträger- und Stahlbauweise. In [24] [25] wurden zwei Wildtierbrücken (Stahl vs. Holz) mithilfe einer Ökobilanz verglichen. Die Datengrundlagen sind vorhanden, es ist kein Inventar oder Datensatz bekannt.			

Bezeichnung: Betonbauwerk: IH (Verfahren tbd.) (3)			
Inventar-Nr. 79	Status: fehlt	Typ: Verfahren	
Bereich: Generell	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52	
Einheit: m ² /a	Relevante Datenquellen: [32]		
Beschreibung: Beinhaltet Inventare für die Instandhaltung von Betonbauwerken. Die relevanten Verfahren sind noch zu definieren. In [32] wurden die Instandhaltungsaufwände von Betonbrücken bilanziert und es wird auf weitere Studien verwiesen, diese sind jedoch aus den 1990er Jahren, oder älter, daher ist die Verwendbarkeit der Ergebnisse zu überprüfen.			

Bezeichnung: Winterdienst (1)			
Inventar-Nr. 80	Status: erledigt	Typ: Verfahren	
Bereich: Strasse	Priorität: -	SIA 112: Kap. 32, 52	
Einheit: m, m ²	Relevante Datenquellen: -		
Beschreibung: Beinhaltet ein generisches Inventar für die Ausführung des Strassen-Winterdienstes, inkl. Fahrzeuge, Energie- und Materialverbrauch. Laut Interview (PT) ist ein solches Inventar auf UVEK-Niveau bereits projektiert und die Veröffentlichung geplant.			

Bezeichnung: Foundation (Streifen-, Tiefenfoundation) (2)			
Inventar-Nr. 81	Status: fehlt	Typ: Verfahren	
Bereich: Tiefbau	Priorität: A	SIA 112: Kap. 32, 52	
Einheit: m ³	Relevante Datenquellen: [19] [30]		
Beschreibung: Beinhaltet zwei generische Inventare für die Erstellung von streifen- und Tiefenfoundationen. In [19] [30] wurden für verschiedene Foundationen Sach- und Ökobilanzen erstellt. Die Basisinventare für dieses Inventar (Aushub, Energieeinsatz, Stahlbeton etc.) sollten bereits vorhanden sein.			

Bezeichnung: Durchlass (Standard) (1)			
Inventar-Nr. 82	Status: fehlt	Typ: Standard-Element	
Bereich: Tiefbau	Priorität: A	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: 1 x D (m ³)	Relevante Datenquellen: -		
Beschreibung: Beinhaltet die Erarbeitung eines generischen Inventars für die Erstellung eines Durchlasses mit Betonverschalung in offener Bauweise. Ein Datensatz/Ökobilanz konnte nicht recherchiert werden, es kann jedoch auf die Inventare mit Nummer 73 und 14 zurückgegriffen werden.			

Bezeichnung: Unterhalts-/Veloweg (1)			
Inventar-Nr.	83	Status:	Tws. vorhanden
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Strasse	Priorität:	A
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	m	Relevante Datenquellen:	[12]
Beschreibung: Beinhaltet die Erstellung von Inventaren für Unterhalts- und Velowege. In [12] wurden Ökobilanzen verschiedener Ausbauvarianten von Güterwegen (Kies, Schwarzbelag/Asphalt und Beton) untersucht.			

Bezeichnung: Anker (primär, temporär) (2)			
Inventar-Nr.	84	Status:	Grundlagen
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Tiefbau	Priorität:	B
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	Stk.	Relevante Datenquellen:	[43]
Beschreibung: Beinhaltet die Erarbeitung von Inventaren für primäre und temporäre Anker. Die Basisinventare (Maschinen, Energie, Beton, Stahl) sind bereits vorhanden. Standardmasse (Grösse, Tiefe, Durchmesser, je Material) sind zuvor festzulegen. Es konnte keine öffentlichen Datensätze oder Inventare recherchiert werden. Die UVEK-Datenbank (KBOB) [43] enthält zwei Inventare für verankerte Rühl-/Spundwände.			

Bezeichnung: Geländer/Zaun (2)			
Inventar-Nr.	85	Status:	Tws. vorhanden
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Generell	Priorität:	C
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	m	Relevante Datenquellen:	-
Beschreibung: Beinhaltet ein Standardinventar für einen Zaun und Geländer. Die Basisinventare (Stahl, ggf. Foundation) sind bereits vorhanden. Es konnte keine öffentlichen Datensätze oder Inventare recherchiert werden.			

Bezeichnung: Schutzbauten (unter-, oberirdisch) (2)			
Inventar-Nr.	86	Status:	fehlt
Typ:	Standard-Element		
Bereich:	Tiefbau	Priorität:	C
SIA 112:	Kap. 21, 22, 31, 32, 41		
Einheit:	Stk, m3	Relevante Datenquellen:	0
Beschreibung: Beinhaltet die Erstellung verschiedener unter- und oberirdischer Schutzbauten. Es konnte keine öffentlichen Datensätze oder Inventare recherchiert werden. Die Basisinventare (Maschineneinsatz, Energie, Stahl, Stahlbeton) inkl. technischer Infrastruktur (Heizung, Lüftung, Licht) sind bereits vorhanden (UVEK-Datenbank [43]).			

Bezeichnung: Nebenanlagen (4)			
Inventar-Nr. 87	Status: Tws. vorhanden	Typ: Standard-Element	
Bereich: Strasse, Schiene	Priorität: C	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: Stk, m3	Relevante Datenquellen: [19] [27] [30]		
Beschreibung: Beinhaltet die Erarbeitung von generischen Inventaren für Nebenanlagen von Bahn- und Strassenstrecken. Für verschiedene Bauten konnten bereits Untersuchungen und Daten recherchiert werden: [30] Bahnhöfe, Werke und Güterbahnhöfe, [19] Bahnhof (Knotenpunkt für Intercity-Züge (3 Stockwerke, 29'000 m2 Zugangsfläche zu den Zügen, 20'000 m2 Innenfläche), Haltestelle für Nahverkehrszüge (1-2 Stockwerke, 2'000 m2 Zugangsfläche zu den Zügen, 600 m2 Innenfläche), Haltestelle für Güterzüge, Standort für Wartung/Reparatur, Umspannwerk.			

Bezeichnung: Markierungen (geklebt, gespritzt) (2)			
Inventar-Nr. 88	Status: fehlt	Typ: Material	
Bereich: Strasse, Schiene	Priorität: C	SIA 112: Kap. 32, 52	
Einheit: m2, Stk.	Relevante Datenquellen: -		
Beschreibung: Beinhaltet zwei generisches Inventar für den Auftrag von Strassenmarkierungen durch kleben oder spritzen. Es konnte keine öffentlichen Datensätze oder Inventare recherchiert werden.			

Bezeichnung: Strasse: Schutzplanken/Leitschranken (2)			
Inventar-Nr. 89	Status: fehlt	Typ: Standard-Element	
Bereich: Strasse	Priorität: B	SIA 112: Kap. 21, 22, 31, 32, 41	
Einheit: m	Relevante Datenquellen: -		
Beschreibung: Beinhaltet ein oder zwei generische Inventare für Schutzplanken/Leitschranken von Strassenfahrbahnen als Laufmeter. Es wird vorgeschlagen zwischen einfachen und doppelten (Super-Rail) Schutzplanken zu unterscheiden. Es konnte keine öffentlichen Datensätze oder Inventare recherchiert werden, die Basisinventare (Transport, Stahl, Beton) sind vorhanden.			

Tabelle 2: Auflistung der Inventar-Lücken detailliert

4.4 Fazit Gap-Analyse

Über die bereits vorhandenen Ökobilanz-Daten wurde ein Bedarf von 79 weiteren Inventaren identifiziert, die sich sowohl aus spezifischen Inventaren für den Tief- und Infrastrukturbau, als auch für andere Bereiche relevanten Daten zusammensetzen.

Die Inhalte reichen von grundlegenden Inventaren, z.B. ein generisches Inventar für Foundationen, bis hin zu sehr spezifischen Verfahren, z.B. Relining-Verfahren für Rohrreparatur. Zusätzlich reicht die Komplexität von einfach, z.B. Natursteine, bis sehr komplex und vielseitig, z.B. für ein generisches Tunnelbauinventar in offener und geschlossener Bauweise.

Auch der Aufwand in der Aufbereitung der Inventare ist individuell sehr unterschiedlich und kann von einer reinen Aufbereitung und Publikation bis zur vollständigen Datenerhebung inkl. Erarbeitung der grundlegenden Daten reichen. Für drei Viertel der Inventare (56/79) konnten bereits eine grundlegende Datenbasis recherchiert werden, sodass keine vollständige Erarbeitung geleistet werden muss.

Die Vielseitigkeit könnte ein Hinweis darauf sein, dass Ökobilanzen im Tiefbau bisher nicht systematisch etabliert wurden und deckt sich mit den Erkenntnissen aus den Gesprächen mit Fachpersonen.

Wir schlagen vor, die 26 Inventare mit Priorität «A» als erstes zu erarbeiten.

5 Kostenschätzung

Um eine Indikation zu erhalten, welcher Aufwand zur Schliessung der Inventarlücken notwendig ist, werden die Kosten möglicher Folgeprojekte abgeschätzt. Für ein pragmatisches Vorgehen wird eine Erarbeitung gemäss Priorität vorgeschlagen. (Berücksichtigt ist hierbei, dass alle notwendigen Basisinventare für ein Prio-A-Inventar gleichzeitig mit erarbeitet werden, auch wenn die Priorität B/C ist.)

Die Kostenschätzung wurde wie folgt vorgenommen:

1. **Status** der vorhandenen Daten und deren Qualität:
In Abhängigkeit des Status wird der notwendige Aufwand abgeschätzt, der bis zur Erarbeitung eines fertigen Inventars notwendig ist. Sind gar keine Daten vorhanden, müssen alle Schritte bis zum fertigen Inventar durchlaufen werden:
 - a. Durchführung Datenbeschaffung,
 - b. Aufbau des Inventars,
 - c. Dokumentation,
 - d. Unabhängiges Review,
 - e. Abstimmung UVEK und ggf. Anpassungen,
 - f. Erstellung Dokumentation für Eintrag in UVEK-Datenbank (und bei viel benötigten Inventaren auch ein Eintrag in die KBOB-Liste)

2. **Anzahl beinhalteter Inventare** je Datensatz:
Sind in einem Inventar mehrere Datensätze inkludiert (z.B. Datensatz SBV-Maschinen enthält bis zu 350 Datensätze), wird unterschieden zwischen «skalierbaren» und «nicht skalierbaren» Inventaren:
 - a. Skalierbar:
Können die Datensätze durch einfache Hochrechnungen erzeugt werden (z.B. bei Maschinen durch Gewicht und Leistung) wird dies mit einem einmaligen monetären Aufschlag abgebildet.
 - b. Nicht skalierbar:
Wenn jeder Datensatz ein Derivat des Basisdatensatzes ist (z.B. bei Brücken), wird dies mit einem Aufschlag je Derivat berechnet.

3. **Lizenzkosten:**
Wenn bekannt ist, dass Lizenzkosten anfallen, werden pauschal 2'000.- CHF addiert. Ist nicht bekannt, ob Lizenzkosten anfallen werden konservativ ebenfalls 2'000.- CHF addiert. Sind Lizenzkosten unwahrscheinlich werden 500.- CHF addiert. Ist bekannt, dass keine Lizenzkosten anfallen, wird dementsprechend 0.- CHF berechnet.

4. **Komplexität:**
Ist die Komplexität hoch, wird der Gesamtaufwand mit 150% bewertet, bei niedriger Komplexität wird mit 50% des Gesamtaufwands gerechnet. Die Komplexität wurde auf Basis der zu beachtenden Variablen, der benötigten Datenmenge und der Anzahl der erwarteten Zusammenhänge innerhalb des Inventars geschätzt.

5. Unsicherheit:

Zusätzlich wurde für jedes Inventar ein Unsicherheitsfaktor geschätzt, welcher für die min-/max-Schätzung mit dem Gesamtaufwand je Inventar verrechnet wurde (hoch = ± 25%, mittel = ± 15%, tief = ± 10%).

Für die Erarbeitung aller gefundenen Inventar-Lücken ergibt sich ein Gesamtaufwand von ca. 725'000.- CHF. Unter Berücksichtigung der Unsicherheitsfaktoren liegen der günstigste Fall bei einem Aufwand von 575'000.- CHF und maximal 850'000.- CHF.

Gemäss Prioritätenliste ergeben sich folgende Aufwände (Schätzung, min, max):

- A-Priorität: 250'000.- CHF (200'000.- CHF, 300'000.- CHF)
- B-Priorität: 275'000.- CHF (225'000.- CHF, 325'000.- CHF)
- C-Priorität: 200'000.- CHF (150'000.- CHF, 225'000.- CHF)

Die geschätzten Gesamtkosten (Balken) inklusive Unsicherheit und die Kosten pro Inventar (schwarze Markierung) je Priorität verhalten sich wie folgt:

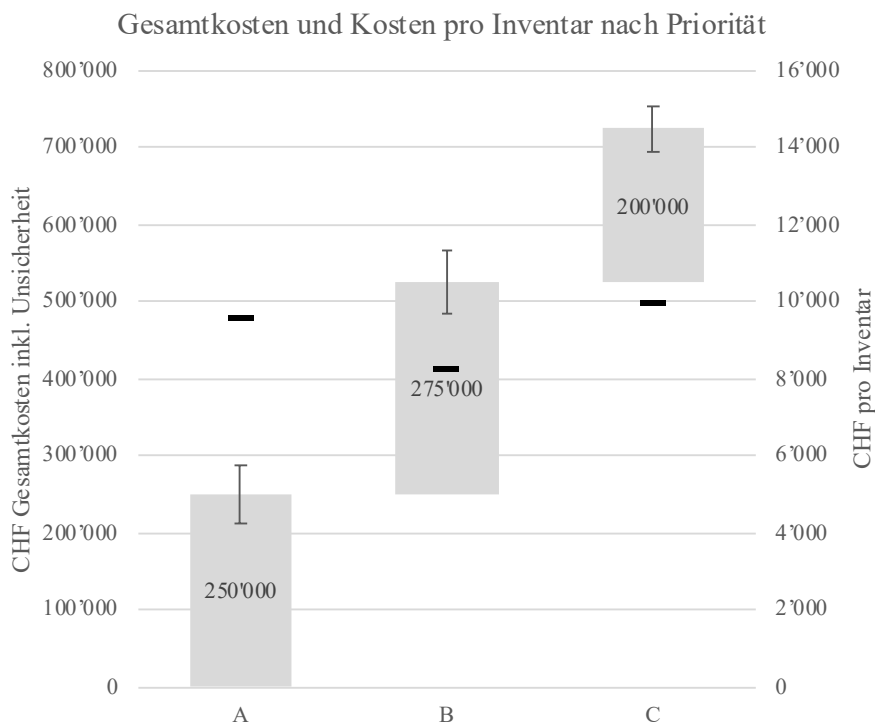


Abbildung 1: Erwartete Gesamtkosten und Kosten pro Inventar nach Priorität

Auf die A-Inventare entfallen damit 35%, auf die B-Inventare 38% und auf die C-Inventare 27% der geschätzten Kosten. Die B-Inventare sind mit durchschnittlichen Kosten von ca. 8'300.- CHF am günstigsten, die A-Inventare mit 9'600.- CHF teurer und die C-Inventare mit 10'000.- CHF am aufwändigsten.

Hinweis: Die angegebenen Kosten sind eine Schätzung des Aufwands, die definitiven Kosten ergeben sich erst, wenn konkrete Angebote eingeholt wurden.

Einordnung der Kosten-Grössenordnung: In der Schweiz betragen die Bauausgaben 2019 insgesamt 67 Mrd. CHF, wovon ca. 15 Mrd. CHF auf den Tiefbau entfielen. Die anvisierten Kosten von maximal 850'000 CHF für alle Inventare entsprechen damit etwa einem Zwanzigtausendstel der jährlichen Tiefbauausgaben der Schweiz.

6 Möglichkeiten der Finanzierung und Kooperation zur Schliessung des Bedarfs

Für die Finanzierung kommen verschiedene Partner*innen in Frage, da über den Lebenszyklus viele verschiedene Beteiligte eingebunden sind, die dementsprechend auf von den Daten profitieren. Darüber hinaus decken die Daten ein recht breites Spektrum ab (generelle Bau-Daten, Bahn, Strasse), was die Gruppe der Beteiligten ebenfalls erhöht.

Grundsätzlich bieten sich drei Möglichkeiten an:

- 1) Als Gesamtpaket finanzieren
 - a. Paket 1: Inventare mit Priorität A
 - b. Später: Paket 2: Inventare mit Priorität B (Prio C nur ggf.)
- 2) Themenbereiche inhaltlich schneiden und Sponsoren nach Themengebiet suchen (zuerst Priorität A, dann B ggf. C)
 - a. Paket 1 = Inventare Schiene
 - b. Paket 2 = Inventare Strasse
 - c. Paket 3 = Inventare Tief- und Infrastrukturbau
 - d. Paket 4 = Generelle Inventare
- 3) Nach Beteiligung in jeweiliger Projekt-Phasen und Anwendungsbereich je Inventar (zuerst Priorität A, dann B ggf. C)
 - a. Paket 1: Frühe Phase, mit hoher Flugebene = generellere Inventare, also Standard-Elemente
 - b. Paket 2: Späte Phase, für detaillierte Modellierung = spezifische Basisinventare

Möglichkeit 1) löst den geringsten Organisationsaufwand aus, bietet jedoch auch eher geringe Motivation, da die Beteiligten alle Inventare mitfinanzieren, nicht nur diejenigen, an denen sie selbst interessiert sind.

Möglichkeit 2) ist deutlich mehr Organisationsaufwand, insbesondere, wenn eine weitere Bearbeitung (Prio B/C) vorgenommen werden soll.

Möglichkeit 3) bietet nur eine unscharfe Abgrenzung und daher ebenfalls geringere Motivation für die Beteiligten.

Liste möglicher Finanzierungspartner*innen:

- Öffentliche Hand auf verschiedenen Ebenen (Auftraggeberseite, profitiert von mehr Transparenz)
 - Bund
 - Kantone
 - Städte
 - Bauämter
- Unternehmen (können Bauvorhaben einfacher bewerten und optimieren)
 - Bauherren
 - Eisenbahngesellschaften (insbes. Schiene)
 - Bauunternehmen
 - Generalunternehmer
 - Auftragnehmer
 - Hersteller von Baumaterialien

- Branchenverbände: Tiefbau, Strasse, Schiene (profitieren indirekt durch Attraktivität, wenn geforderte Nachhaltigkeit praktikabel umgesetzt werden kann).

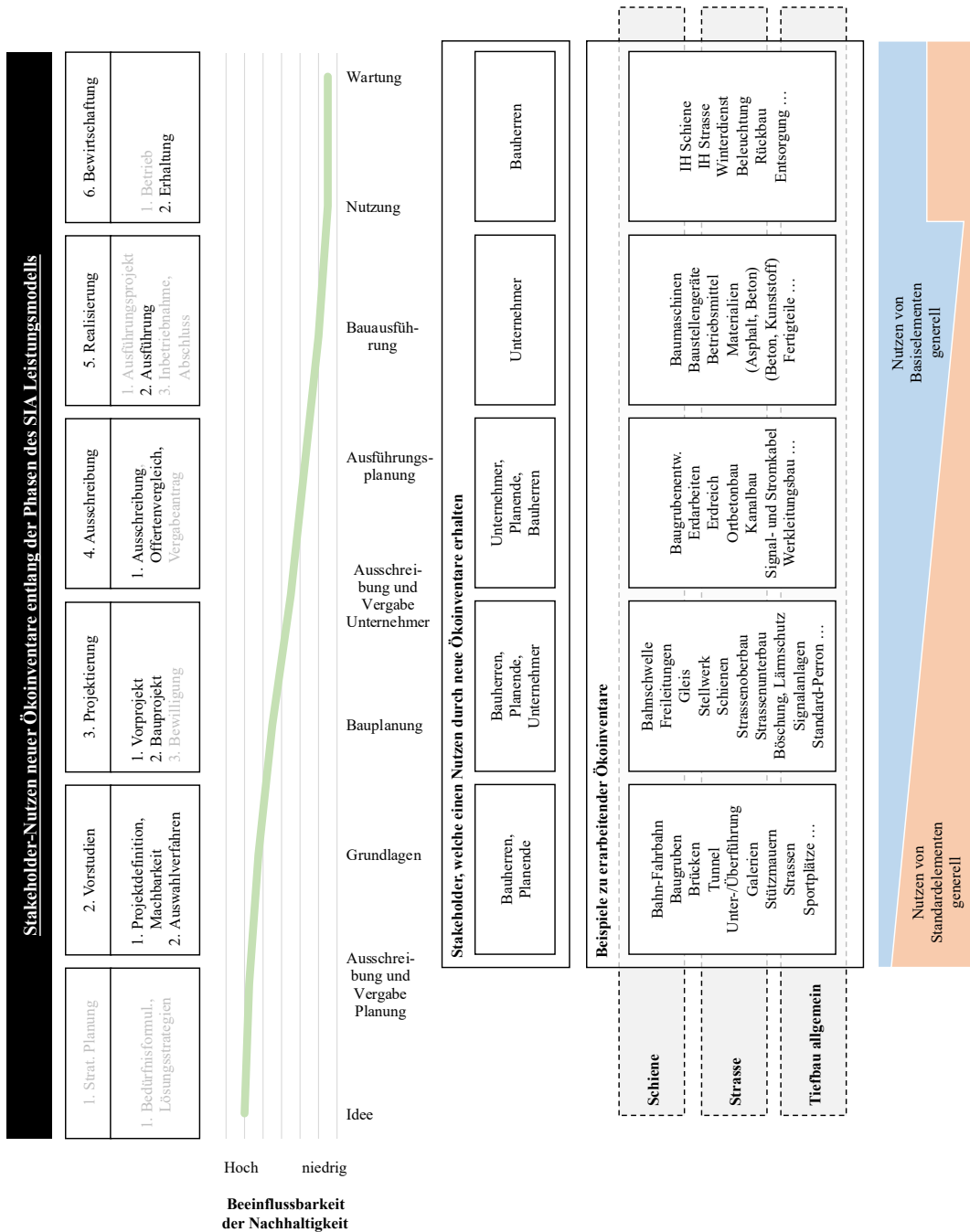


Abbildung 2: Nutzen entlang SIA-Phasen

7 Einbindung der Grundnorm und Instrumente zur Bewertung

Grundsätzlich qualifizieren sich die vorgestellten Normen für eine ergänzende Bewertung durch die Berechnung von Ökobilanzen. Die für die Einbindung geeigneten Stellen werden je Norm im Folgenden kurz dargestellt. Für den konkreten Einsatz der Ökobilanzierung sind entsprechende Richtlinien zum Einsatz der Methode und Umfang der Bilanzierung für die verschiedenen Anwendung notwendig.

VSS SN 641 800 Nachhaltigkeitsbeurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten

Eine Ergänzung der VSS-Grundnorm bietet sich insbesondere für die Quantifizierung deskriptiver und nicht monetarisierbarer Indikatoren (vgl. S. 11/15) an.

Ebenfalls bietet sich eine Ökobilanzierung an, die Wirkungsanalyse (Abschnitt 7.1) quantitativ zu beurteilen und auch für die Berechnung der Ökoeffizienz liefert eine Ökobilanz die notwendigen Daten.

Eine direkte Verknüpfung vom Öko-/Klimabilanzergebnis ist zu den folgenden Indikatoren möglich (S. 12/15):

- U11Luftschadstoffe senken
- (U12 Lärmbelastung senken (in Ökobilanzen noch nicht vollständig abgebildet)
- U15 Einwirkungen auf Gewässer senken
- U21 (Beeinträchtigung des Klimas senken, Klimabilanz wäre ausreichend)
- U22 Ozonschicht erhalten
- U31 Verbrauch nicht-erneuerbarer Energie senken
- U32 Abbau natürlicher Ressourcen vermeiden

Da in der Norm ein gefordert wird, die «Umweltbelastungen auf ein langfristig unbedenkliches Niveau [zu] senken» (S.6, Kap. 6.1.2), bietet sich ein Klima- und/oder Umwelt-Absenkepfad an. Als Datengrundlage für die Berechnung des Fahrplans und notwendiger Massnahmen, sind Ökobilanzierungen notwendig.

SNBS - Infrastruktur (NNBS)

Im NNBS bieten sich diverse Anknüpfungspunkte, Aussagen durch Ökobilanzen quantitativ zu verbessern. Insbesondere bieten sich eine teilweise Erweiterung der ökologischen Indikatoren an. Durch eine gesamtaggrierende Methoden, z.B. MöK, lässt sich die Quantitative Datenbasis verbessern für:

- U 1.2.2 Schonender Umgang mit Boden
- U 1.4.2 Belastete Abfälle
- U 1.5.2 Ökologisch verantwortlicher Betrieb und Unterhalt
- U 2.1.1 Emissionen
- U 2.1.2 Kompensation von Treibhausgasen
- U 2.2.2 Lärm und Erschütterungen
- U 2.3.1 Quantitative/stoffliche Auswirkungen auf Oberflächen- und Grundwasser

Für die Kriterien U 2.1.1 und U 2.1.2 würde sich auch eine reine Klimabilanz eignen.

Die Bereitstellung von generischen, leicht anwendbaren Standard-Elementen könnte hier einen grossen Mehrwert liefern, da der NNBS insbesondere auch zur Entscheidungsfindung in frühen Phasen entwickelt wurde.

SIA SN 530 112/2:2016

Für die SIA 112/2 bietet sich eine Erweiterung einiger Teilziele Umwelt für die Ökobilanzierung an. Insbesondere die Ziele U 2.2 Luftschadstoffe, U 2.4 Oberflächengewässer und Grundwasser, U 3.1 Umwelt und ressourcenschonender Materialeinsatz und perspektivisch auch Teilziel U 2.1 Lärm, Erschütterungen, nichtionisierende Strahlung, Licht über eine Ökobilanz qualitativ ergänzt werden. Wenn das Teilziel U 2.3 Beeinträchtigung des Klimas, alleinstehend vereinbart und betrachtet werden soll, bietet sich hier auch eine Klimabilanz an.

Ökobilanzen können dabei über mehrere Phasen einen Mehrwert liefern. Eine oberflächliche Abschätzung von Ökobilanzen kann die Ziel-Definition zwischen Auftraggeber und Planern, aber aus Ausführenden unterstützen, indem messbare Ziele festgelegt werden können. In der Projektierungsphase können Ausführungsvarianten verglichen und umweltverträglich ausgewählt werden. In der Realisierungs- und Bewirtschaftungsphase kann Zielerreichung überprüft werden. Darüber hinaus können Ökobilanzen für Massnahmenbewertungen in der Betriebsphase eingesetzt werden.

SuRe

Da der SuRe-Standard Ökobilanzen bereits explizit empfiehlt, bietet es sich an, die Forderung nach Ökobilanzierung zu den Umwelt-Kriterien zu konkretisieren.

Durch gesamttaggregierende Methoden kann eine quantitative Datenbasis für die Themen E3 Ressource Management (E3.1, E3.3, E3.5), E4 Pollution (E4.1, E4.2, insbes. E4.5) und E5 Land Use and Landscape (E5.2, ggf. E5.3) bereitgestellt werden. Die Forderung einer Klima- oder Ökobilanz wäre als Datenbasis für die Bewertung des Indikators E1.1 Climate Change Mitigation geeignet.

NISTRA – Nachhaltigkeits-Indikatoren für STRAsseninfrastrukturprojekte

Innerhalb NISTRA bietet sich eine Ergänzung der Teilziele U11 bis U15, sowie U31 und U32 durch eine Ökobilanz, insbesondere durch gesamttaggregierende Methoden, wie MöK, an. Konkret können die Ziele U11 Luftschadstoffe, U15 Gewässereinwirkung und U32 Ressourcenabbau durch eine Umweltbilanz bewertet werden. Das Teilziel U21 ist dabei das Ergebnis der Klimabilanz (z.B. nach IPCC). Das Teilziel U12 Lärmbelastung ist ebenfalls grundsätzlich durch die Methode MöK abgedeckt, allerdings sind die Daten noch der relevanten Inventare teilweise unvollständig.

NIBA – Nachhaltigkeits-Indikatoren für BAHNinfrastrukturprojekte

Das NIBA-System könnte ebenfalls durch eine vereinfachte Ökobilanz über wenige standardisierte und bereits vorhandene Emissionsfaktoren ergänzt werden. Insbesondere die Teilziele Luftschadstoffe und Treibhausgasemissionen, perspektivisch auch Lärmbelastung, liessen sich durch die eh schon vorhandenen Basisdaten (Tonnen-, Personen- und Fahrzeugkilometer) gut über Emissionsfaktoren in zum Beispiel CO₂-Äquivalente (nach IPCC) oder Umweltbelastungspunkte (nach MöK) umrechnen.

Ein Teil der bisher deskriptiven Indikatoren könnte ebenfalls über eine Ökobilanz abgebildet werden. Die Indikatoren Lebensräume und Gewässer können über Luft- und Gewässerverschmutzung ebenfalls in UBP abgebildet werden. Eine Weiterentwicklung

NIBA ist wünschenswert, da NIBA die Verkehrsverlagerung des Gesamtsystems berücksichtigt.

ZINV

Unter Punkt 4 Weiterentwicklung und Verantwortlichkeiten wird eine Überprüfung von Quantifizierungsmöglichkeiten, Indikatoren-Gewichten und Aggregationsmethoden explizit erwähnt. Eine Ökobilanzierung bietet sich vor diesem Hintergrund zumindest für die Teilziele Ökologie (1. Luftschadstoffe senken, 2. Lärmbelastung senken, 5. Einwirkungen auf Gewässer senken, 6. Beeinträchtigung des Klimas senken, 7. Ozonschicht erhalten, 8. Verbrauch nicht-erneuerbarer Energieträger senken, 9. Abbau natürlicher Ressourcen vermeiden) an.

Weitere Normen

Im Zuge einer möglichen Überarbeitung sollte ein Schulterschluss mit den gängigen Vorgaben der relevantesten Baustoffe (Beton, Stahlbeton, Asphalt) und deren Vorgaben und Einschränkungen (z.B. Sicherheitskennwerten, max. Rezyklat-Anteilen etc.) erfolgen. Hier wäre eine grössere Flexibilität wünschenswert.

Fazit

Generell ist eine Erweiterung durch Ökobilanzen eine sinnvolle Massnahme, da Ökobilanzen eine griffige, weil quantitative Datenbasis bereitstellen. Somit wären Ökobilanzen geeignet, sowohl auf Planungs- als auch Ausführungsseite konkrete Ziele, Alternativen und Massnahmen zu evaluieren und festzusetzen. Darüber hinaus würde eine grössere Verfügbarkeit generischer Standard-Elemente ermöglichen, Ökobilanz-Abschätzungen bei geringem Detaillierungsgrad vorzunehmen. Zu beachten ist, dass die notwendigen Daten vorhanden sein müssen, bevor Ökobilanzen normseitig gefordert werden. Zusätzlich muss sichergestellt werden, dass keine Überforderung der Beteiligten eintritt (Know-how, Software etc.) und die Ökobilanzierung auch finanziert wird. Um die Schweizer Klimaziele zu erreichen, muss Klimabilanzierung (besser jedoch Ökobilanzierung) in Zukunft deutlich mehr eingesetzt werden. Normvorgaben können an dieser Stelle eine entscheidende Rolle spielen.

8 Ergebnis und Diskussion

8.1 Ergebnis / Gesamtfazit

Die Recherche und die Gespräche mit den Fachpersonen haben bestätigt, dass es im Tief- und Infrastrukturbau Nachholbedarf bezüglich der Durchführung von Ökobilanzen gibt, insbesondere aufgrund der Erwartung steigender Anforderungen an Nachhaltigkeit. Nicht zuletzt ist ein Hinderungsgrund auch die unvollständige Datenbasis bereitgestellter Ökoinventare. Darüber hinaus wurden hauptsächlich Ressourcen-Gründe oder nicht vorhandenes Know-how als Hinderungsgründe an den entsprechenden Stellen genannt.

Über die bereits vorhandenen Ökobilanz-Daten wurde ein Bedarf von 79 weiteren Inventaren identifiziert, die sich sowohl aus spezifischen Inventaren für den Tief- und Infrastrukturbau, als auch für andere Bereiche relevanten Daten zusammensetzen. Die Inhalte reichen von grundlegenden Inventaren, z.B. ein generisches Inventar für Foundationen, bis hin zu sehr spezifischen Verfahren, z.B. Relining-Verfahren für Rohrsanierung. Zusätzlich reicht die Komplexität von einfach, z.B. Natursteine, bis sehr komplex und vielseitig, z.B. für ein generisches Tunnelbauinventar in offener und geschlossener Bauweise. Auch der Aufwand in der Aufbereitung der Inventare ist individuell sehr unterschiedlich und kann von einer reinen Aufbereitung und Publikation bis zur vollständigen Datenerhebung inkl. Erarbeitung der grundlegenden Daten reichen. Für drei Viertel der Inventare (56/79) konnten bereits eine grundlegende Datenbasis recherchiert werden, sodass keine vollständige Erarbeitung geleistet werden muss.

Wir schlagen vor, die 26 Inventare mit Priorität «A» als erstes über Folgeprojekte zu erarbeiten. Die damit verbundenen Kosten liegen nach erster Schätzung bei ca. 250'000.- CHF (ca. 9'600.- CHF pro Inventar). Für die Erarbeitung aller gefundenen Inventar-Lücken ergibt sich ein Gesamtaufwand von ca. 725'000.- CHF. Unter Berücksichtigung der Unsicherheitsfaktoren liegen der günstigste Fall bei einem Aufwand von 575'000.- CHF und maximal 850'000.- CHF. Die definitiven Kosten sind jedoch erst nach einholen konkreter Offerten bekannt.

Zusätzlich wurden die Anknüpfungsmöglichkeiten in Bezug auf die relevanten Normen überprüft. Es gibt aktuell keine Norm/Leitfaden, in der die Berechnung einer Klima- oder Umweltbilanz gefordert wird. Zusätzlich werden Ökobilanzen auch nur sehr selten überhaupt als Werkzeug empfohlen. Dies entspricht nicht dem Stand der Technik. Jede der untersuchten Normen bietet einen, oder mehrere geeignete Abschnitte, die Bewertung über Ökobilanzen als Werkzeug zur ökologischen Beurteilung und Entscheidungsfindung vorzuschlagen und/oder zu fordern. Insbesondere auf Ebene einzelner Indikatoren drängt sich hier der Einsatz von Ökobilanzen nahezu auf. Es wird empfohlen zunächst die notwendige Datenbasis aufzubauen und über eine normseitige Empfehlung für Ökobilanzen, diese Stück für Stück etablieren. Wenn ausreichend Know-how und Effizienz vorhanden ist, könnten Ökobilanzen an den genannten Stellen vorgeschrieben werden. Dafür sind entsprechende Richtlinien zur Klärung methodischer Fragen und Umfang einer Bilanzierung voraussichtlich notwendig. Für eine vollständige Aussage ist es darüber hinaus notwendig, eine Bewertung des Bauprojekts innerhalb des Gesamtsystems vorzunehmen, indem man die Verkehrsanalyse mit einbezieht.

Eine ökologische Bewertung über Ökobilanzen sollte aus unserer Sicht zum Standard innerhalb der Normen und Leitfäden werden. Dies würde die Erreichung der Klimaziele unterstützen und den Umweltschutz stärken.

Neben den 79 relevanten Inventaren sind über das Projekt 10 weitere Inventar-Lücken benannt worden, bei denen sich später herausgestellt hat, dass diese bereits geschlossen werden, zum Beispiel über laufende Ökobilanz-Projekte. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Kommunikation der Beteiligten untereinander geringfügig optimiert werden könnte.

8.2 Diskussion

Im Rahmen eines Projektes ist es nicht möglich eine abschliessende und vollständige Auflistung aller fehlenden Inventare zu erarbeiten. Durch den mehrdimensionalen Ansatz aus der Analyse bestehender Datenbanken, Literaturrecherche und Gesprächen mit Fachpersonen konnte jedoch ein vielschichtiges Bild erarbeitet werden, welches relevante Inventarlücken abdeckt. Zusätzlich liefert das Projekt nur eine Momentaufnahme des IST-Standes, der sich durch neu erscheinende Publikationen und Projekte ändern kann. Daher wird empfohlen, vor Erarbeitung der Inventare eine effiziente Recherche neuer Publikationen durchzuführen.

Bei den untersuchten Ökobilanzprojekten ist darauf hinzuweisen, dass die Analyse nicht vollständig ist, da wahrscheinlich viele Daten aus Ökobilanz-Projekten nicht öffentlich zur Verfügung stehen und dementsprechend auch nicht recherchiert werden können.

Bei den gefundenen Daten, insbesondere Studien/Literatur aus dem nicht-EU-Ausland muss die direkte Übertragbarkeit hinterfragt werden, sollte auf diesen Ergebnissen in Folgeprojekten aufgebaut werden. Eine Grundlegende Nutzbarkeit der Ergebnisse ist aus unserer Sicht jedoch gegeben. Auch hat es sich gezeigt, dass die Literatur, gerade im EU-Ausland vollständiger ist, was die Untersuchungen zu Ökobilanzierungen Strasse/Schiene und im Gesamtsystem mit dem Verkehr betrifft.

Sollten auf der bestehenden Literatur/Projekten aufgesetzt werden, ist es unbedingt notwendig die Systemgrenzen zu standardisieren. Diese sind in den gefundenen Publikationen nicht immer transparent, beziehungsweise konsistent untereinander. Daher sind die Daten oftmals nicht direkt kombinier- oder vergleichbar. Zusätzlich muss die Qualität und Aktualität der verwendeten Daten evaluiert werden, sollten die recherchierten Daten zum Aufbau der Inventare genutzt werden. Auch ist davon auszugehen, dass sich die Hintergrunddaten und verwendeten Methoden, insbesondere bei weit auseinanderliegenden Veröffentlichungsjahren, zwischenzeitlich verändert haben und die Ergebnisse daher nicht konsistent sind, auch wenn es sich um ähnliche Untersuchungen handelt.

8.3 Ausblick

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurde durch dieses Projekt die Grundlage für Folgeprojekte geschaffen, durch die die fehlenden, bzw. unvollständigen Inventare qualitätsgesichert erhoben und bereitgestellt werden. Demensprechend wird die Erarbeitung der als relevant bewerteten Inventar-Lücken in Folgeprojekten vorgeschlagen. Beginnend mit den 26 Inventaren mit Priorität A.

Um die Anwendungsfreundlichkeit und -geschwindigkeit weiter zu erhöhen könnte in einem weiteren Schritt eine Umrechnung der Inventare auf monetäre Einheiten erfolgen), analog Input-Output-Datenbanken. Da Kostendaten und -schätzungen frühzeitig vorhanden sind, würde dies die Anwendbarkeit nochmals verbessern, allerdings bedingt dies auch eine höhere Unsicherheit. Diese erachten wir als vertretbar, da diese in frühen Phasen generell hoch ist.

Des Weiteren sollten die relevanten Normen überprüft und gegeben falls angepasst werden. Um die gesetzten Umwelt- und insbesondere die Klimaziele der Schweiz zu erreichen, sind systematische Analysen und wissenschaftlich basierte Entscheidungen notwendig. Dazu ist eine Ökobilanzen das ideale Werkzeug, welches bisher leider nicht in den Normen verankert

ist. Ökobilanzen sollten dabei für die Entscheidungsfindung für, oder gegen ein Projekt, zur Abwägung von Alternativen und zur Zielsetzung verwendet werden. Zusätzlich kann durch Ökobilanzen der ökologische Nutzen/Schaden quantitativ bewertet werden. Diese Kennzahlen werden zur Erreichung der Umwelt- und Klimaziele dringend benötigt.

Ebenfalls wünschenswert wäre es, die Fussabdrücke der Materialien und Aktivitäten in BIM-Modellen direkt einbinden zu können. So könnte der Fussabdruck eines Gebäudes direkt und während der Modellierung ausgegeben werden. Dies würde den Aufwand während der Detailplanung extrem reduzieren.

Glossar

Begriff	Definition
Basisinventar	Ist ein Inventar, welches in der Tiefbau-Welt nicht weiter sinnvoll unterteilt werden kann (zum Beispiel ein Bagger. Diesen könnte man weiter zerlegen, in Reifen, Motor etc., jedoch ist dies nicht sinnvoll für den Anwendungsfall Bauwirtschaft). Untersuchte Basisinventare sind Materialien, (Bau-)Verfahren und Maschinen.
CO ₂ -Bilanz	Quantitative Analyse der Klimaauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Objektes, hier eines Bauvorhabens, gemessen in CO ₂ -Äquivalenten.
Intergovernmental Panel on Climate Change	Ist sowohl eine Organisation (Weltklimarat) als auch ein internationaler Standard zur Berechnung von Klima-/CO ₂ -Bilanzen.
Inventar-Gruppe	Ist eine Gruppe mehrerer Derivate eines Basisinventars (z.B. Gruppe = Naturstein, Derivate = Sandstein, Granit etc.) oder auch eines Standardelements (z.B. Inventar-Gruppe als Standardelement = Lärmschutzwand, Derivate = aus Holz, Metall, Kunststoff)
Inventar-Typ	Ist der Oberbegriff für Basisinventar und Standard-Element, beides sind verschiedene Inventar-Typen.
Klima-Bilanz	Siehe CO ₂ -Bilanz
Kreislaufwirtschaft	Ansatz, bei dem Ressourcen effizient genutzt, Produkte wiederverwendet oder recycelt werden sollen, um Abfälle zu minimieren und eine ressourcenschonende Nutzung von Materialien zu fördern.
Lebenszyklus	Gesamter Ablauf eines Produkts, Dienstes oder Prozesses, einschließlich der Rohstoffgewinnung, Herstellung, Nutzung, Entsorgung und möglicherweise auch des Recyclings oder der Wiederverwendung.
Methode der ökologischen Knappheit	Gesamttaggregierende Schweizer Methode zur Berechnung einer Öko-/Umweltbilanz. Das Ergebnis wird ausgegeben ins Umweltbelastungspunkten (UBP)
Ökobilanz	Quantitative Analyse der Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Objektes, hier eines Bauvorhabens.
(Ökobilanz-)Inventar	Ist der Datensatz einer systematischen Erfassung und Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts, Prozesses oder einer Dienstleistung, in der Regel über seinen gesamten Lebenszyklus. Inventare werden über Datenbanken publiziert.
Standardelement	Ist ein Inventar, welches aus verschiedenen Basisinventaren und/oder Standard-Elementen zusammengesetzt ist (zum Beispiel eine Brücke, bestehend aus Basisinventaren (Beton, Stahl, Strom etc.) als auch Standard-Elementen (Fundament, Maschinenstunden, Leitplanke etc.).
Umwelt-Bilanz	Siehe Ökobilanz
Umweltproduktdeklaration (EPD)	Ist eine Typ-III-Umweltdeklaration, welche quantifizierte umweltbezogene Informationen aus dem Lebensweg eines Produktes oder einer Dienstleistung zur Verfügung stellt, um damit Vergleiche zwischen Produkten oder Dienstleistungen gleicher Funktion zu ermöglichen. Als Datenbasis dient eine Ökobilanz.
Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)	Genehmigungsverfahren für Bauprojekte. Betrachtet potentielle lokale Auswirkungen des Bauvorhabens.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AFK	Kaltschichtfundation
AC T/B	Asphaltbeton-Tragschicht/-Binderschicht
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BöB	Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen
BIM	Building Information Modeling
DB	Deutsche Bahn
DFI	Deep Foundations Institute
EFFC	European Federation of Foundation Contractors
EPD	Environmental Product Declaration (eng), Umweltproduktdeklaration (de)
GaBi	Ökobilanz-Datenbank und -Software («Ganzheitliche Bilanzierung»)
GHG-Protokoll	Greenhouse Gas Protocol (internationaler Standard für Treibhausgasemissionen)
GRM	Gummimodifiziertes Bitumen (Granulate Rubber Modified)
IH	Instandhaltung
IPB	Interessensgemeinschaft privater professioneller Bauherren
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IVöB	Interkantonale Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
MöK	Methode der ökologischen Knappheit
NIBA	Nachhaltigkeits-Indikatoren für Bahninfrastrukturprojekte
NISTRA	Nachhaltigkeits-Indikatoren für STRasseninfrastrukturprojekte
NFK	Normierungs- und Forschungskommission
ÖBB	Österreichischen Bundesbahnen
PmB	Elastomermodifizierte bituminöse Bindemittel (Polymer modified Bitumen)
RmB	Elastomermodifizierte bituminöse Bindemittel (Rubber modified Bitumen)
RAP	Ausbauasphalt (Reclaimed Asphalt Pavement)
RC-Anteil	Recycling-Anteil
RCC	Reduced Carbon Concrete
RC-C	Recycling Beton mit RC-C Betongranulat
RCB	Recycling Beton RCB Korngemisch
RCM	Recycling Beton mit Mischabbruchgranulat
RC-M	Recycling Beton mit RC-M Korngemisch
SNBS	Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz
UBP	Umweltbelastungspunkte
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
SBV	Schweizerischer Baumeisterverband
SIA	schweizerischer ingenieur- und architektenverein
VSS	Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute
ZINV	Ziel- und Indikatoren-System nachhaltiger Verkehr UVEK

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (2019), «**Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB)**», SR 172.056.1, www.admin.ch.

Normen und Standards

- [2] Global Infrastructure Basel Foundation GIB (2018), «**SuRe® – The Standard for Sustainable and Resilient Infrastructure**».
- [3] Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz NNBS (2020), «**Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz SNBS 1.0 Infrastruktur**».
- [4] Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz NNBS (2021), «**Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz SNBS 2.1 - Hochbau**».
- [5] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2016), «**Nachhaltiges Bauen - Tiefbau und Infrastrukturen**», SN 530 112/2.
- [6] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), «**Nachhaltigkeitsbeurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten; Grundnorm**», SN-641800.

Leitfäden

- [7] Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2008), «**ZINV: Ziel- und Indikatoren-System nachhaltiger Verkehr UVEK**».
- [8] Bundesamt für Strassen ASTRA (2018), «**NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte**».
- [9] Bundesamt für Verkehr BAV (2016), «**NIBA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Bahninfrastrukturprojekte**», BAV-211.4-00002/00002.
- [31] O. Fischer, J. Sauer, J. Jungwirth, U. Baumgärtner, R. Hess, C. Roth und S. Xalter (2016), «**Einheitliche Bewertungskriterien für Elemente der Straßenverkehrsinfrastruktur im Hinblick auf Nachhaltigkeit – Straße und Tunnel**», Bundesanstalt für Straßenwesen bast, *Bericht zum Forschungsprojekt FE 09.0164/2011/LRB*.

Dokumentation

- [10] T. Pohl (2020), «**Ökobilanz von Gummimodifizierten Bitumen**», CTS Bitumen GmbH, online www.utechag.ch.
- [11] F. Conte, F. Dinkel und T. Kägi (2021), «**Ökologische Beurteilung der Verwertung von Bauabfällen**», Bundesamt für Umwelt BAFU, online www.bafu.admin.ch.
- [12] T. Kägi und E. Franov (2017), «**Ökobilanz verschiedener Ausbauvarianten von Güterwegen**», Verband der Kies- und Betonproduzenten VKB Aargau, online www.carbotech.ch.
- [13] F. Dinkel und M. Zschokke (2014), «**Einfluss biogener Öle auf die Ökobilanz von Strassenbaubindemitteln**», Bundesamt für Strassen ASTRA SBT, VSS-EK 4.04, *Forschungsprojekt VSS 2010/402*.
- [14] D. Winters, K. Boakye und S. Simske (2022), «**Toward Carbon-Neutral Concrete through Biochar–Cement–Calcium Carbonate Composites: A Critical Review**», MDPI, *Sustainability* 2022, 14.
- [15] H. A. Rondón-Quintana, F. Reyes, S. Chaves Pabon, J. Bastidas-Martínez und C. Zafrá-Mejía (2022), «**Use of Biochar in Asphalts: Review**». MDPI, *Sustainability*. 14. 4745. [10.3390/su14084745](https://doi.org/10.3390/su14084745).
- [16] J. Liechti, A. Gaschen, M. Breimesser, C. Angst, F. Gloria, L. Boesinger und A. Bieder (2016), «**Forschungspaket PLANET EP-2: Ökobilanz von Niedertemperaturasphalten**», Bundesamt für Strassen ASTRA SBT, *Forschungsprojekt VSS 2010/542*.
- [17] R. Damián und C. I. Zamorano (2022), «**Environmental impact assessment of high-speed railway tunnel construction: A case study for five different rock mass rating classes**», *Transportation Geotechnics, Volume 36, 2022, 100817*.
- [18] A. Kortazar, G. Bueno und David Hoyos (2021), «**Dataset for the life cycle assessment of the high speed rail network in Spain**», *Data in Brief, Volume 36, 107006*.
- [19] M. Tuchschnid, W. Knörr, A. Schacht, M. Mottschall und M. Schmied (2011), «**Carbon Footprint and environmental impact of Railway Infrastructure**», International Union of Railways (UIC), online uic.org.
- [20] T. Pohl, S. Kytzia und A. Bachmann (2021), «**Reduktion der Umweltbelastung des Tiefbauamts des Kantons Zürich**», Tiefbauamts des Kantons Zürich TBA ZH, online zh.ch.
- [21] S. Kytzia und T. Pohl (2021), «**Ökobilanz der Herstellung von Asphaltbelägen**», *Straße und Autobahn, Volume 72, Nr. 8, 2021*.

- [22] S. Kaewunruen, J. Sresakoolchai, und S. Yu (2020). «**Global Warming Potentials Due to Railway Tunnel Construction and Maintenance**», Applied Sciences (Switzerland), *Volume 10, Nr 18, Artikel 6459*.
- [23] T. Pohl und S. Kytzia (2021), «**Nachhaltiges Recycling von Strassenasphalt?**», Züricher Umweltpraxis ZUP, *Nachhaltig Bauen, ZUP Nr. 99 April 2021*.
- [24] S. Kytzia, T. Pohl und A. Bachmann (2022), «**Holz für die Konstruktion von Wildtierbrücken?**», Züricher Umweltpraxis ZUP, *Verkehr/Naturschutz, ZUP Nr. 102 April 2022*.
- [25] S. Kytzia (2021), «**Ökobilanz Wildtierbrücke: Das Wichtigste zum Vergleich Holz – Stahlbeton**», Kanton Zürich, *online www.zh.ch*.
- [26] T. Pohl (2021), «**Reduktion der Umweltbelastung des Tiefbauamts des Kantons Zürich**», Tiefbauamts des Kantons Zürich TBA ZH, *online www.zh.ch*.
- [27] N. Brunner, I. Hofmann, S. Koller, M. Meusburger, F. Sternath, S. Pitscheider, W. Stark und S. Tastel (2022), «**Treibhausgasemissionen durch Schieneninfrastrukturbau**», SCHIG mbh, Zielnetz 2040-Steuerungsgruppe, *online www.schig.com*.
- [28] L. Klambauer (2017), «**Ökobilanz Gleis**», Technische Universität Graz, *Masterthesis, online diglib.tugraz.at/*.
- [29] J. Sauer (2016), «**Ökologische Betrachtungen zur Nachhaltigkeit von Tunnelbauwerken der Verkehrsinfrastruktur**», Technische Universität München TUM, *Dissertation, online mediatum.ub.tum.de*.
- [30] M. Schmied und M. Mottschall (2013), «**Treibhausgasemissionen durch die Schieneninfrastruktur und Schienenfahrzeuge in Deutschland**», Öko-Institut e.V., *FKZ 363 01 244*.
- [32] H. Lünser (1999), «**Ökobilanzen im Brückenbau**», Birkhäuser Basel, *BauPraxis*.
- [33] brands & values GmbH (2020), «**EPD databases of the InData members**», Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR), *online www.indata.network*.
- [34] C. Pestalozzi (2022), «**Grobökobilanz von Freiraumelementen**», Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle Nachhaltiges Bauen, *Schlussbericht*.
- [35] A. Carlson (2011), «**Life cycle assessment of roads and pavements**», The Swedish National Road and Transport Research Institute, *VTI rapport 736A*.
- [36] A. Fathollahi und S. J. Coupe (), «**Life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC) of road drainage systems for sustainability evaluation: Quantifying the contribution of different life cycle phases**», Centre for Agroecology Water and Resilience (CAWR), Coventry University, *Science of the Total Environment 776 (2021) 145937*.
- [37] T. Pohl (2023), «**Ökobilanzdaten im Infrastrukturbau der UTech AG**», Umtec Technologie AG, *online www.utechag.ch*.
- [38] T. Pohl, S. Kytzia und A. Bachmann (2021), «**Ökobilanzierung von Kaltmischfundamenten im Einsatz für Tragschichten**», Tiefbauamt des Kantons Zürich TBA ZH, *online www.zh.ch*.
- [39] L. Tschümperlin, L. Ramseier und R. Frischknecht (2020), «**Ökobilanz ausgewählter Betonsorten**», Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle Nachhaltiges Bauen, *online www.stadt-zuerich.ch*.
- [40] L. Tschümperlin und R. Frischknecht (2016), «**Ökobilanz Betonfertigteile**», Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle Nachhaltiges Bauen, *online www.stadt-zuerich.ch*.
- [58] T. Pohl (noch nicht veröffentlicht), «**Ökobilanz von Flüssigboden**», Umtec Technologie AG
- [59] S. Gutzwiller, T. Griffin, A. Garcia, L. Marchand und D. Winkler (2022), «**PYROCHAR - Erweiterung von Biomasse-Substraten für zusätzliche Energie- und Pflanzenkohleproduktion**», Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Energie BFE, *Schlussbericht*.
- [60] Plattform Ökobilanzdaten im Baubereich (2022), «**Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz**», Version 6.0, *online www.ecobau.ch*.
- [61] Bundesamt für Umwelt, «**Treibhausgasinventar der Schweiz**», *online bafu.admin.ch*.

Datenbanken

- [41] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen BMWSB (2021), «**ÖKOBAUDAT 2021-II**», *online www.oecobaudat.de*.
- [42] ecoinvent Association (2022), «**ecoinvent v3.9.1**», Zürich.
- [43] Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB (2019), «**Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016**», *online www.kbob.admin.ch*.
- [44] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2022), «**Baustoffkennwerte**», *online www.sia.ch*.

Hintergrunddaten aus Anwendungen

- [45] Büro für Umweltchemie (2022), Hintergrunddatenbank der Anwendung «**Betonsortenrechner für Hersteller**», *online treeze.ch*.

-
- [46] Büro für Umweltchemie (2022), Hintergrunddatenbank der Anwendung «**Betonsortenrechner für Planer:innen**», online [treeze.ch](https://www.treeze.ch).
-
- [47] Carbone 4 (2023), Hintergrunddatenbank der Anwendung «**EFFC DFI Carbon Calculator Tool v5.0**», online www.ffc.org.
-
- [48] Infra Suisse und Umtec Technologie AG (noch nicht veröffentlicht), Hintergrunddatenbank der Anwendung «**ECO2nstruct**».
-

Projektberichte

-
- [49] F. Dinkel und C. Stettler (2005), «**Vergleich Bahn- und LKW-Abtransport Ausbruchmaterial Umfahrung Sissach**», Tiefbauamt Basel-Land, Bericht Ökobilanzierung und SEE-Analyse, 254.01
-
- [50] M. Dittmer, F. Graets und A. Schwipps (2020), «**Die Klimabilanz Berliner U-Bahn- und Straßenbahnplanungen**», Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V., Berliner Fahrgastverband IGEB, LAG Mobilität Bündnis 90 / Die Grünen Berlin, Stadt für Menschen, online [klimabilanz-ubahn-tram.de](https://www.klimabilanz-ubahn-tram.de)
-
- [51] T. Kägi und F. Dinkel (2017), «**Ökobilanz Standardperron**», Carbotech AG im Auftrag der Schweizerische Bundesbahnen SBB
-
- [52] T. Kägi (2017), «**Ökobilanz Perronentwässerungssysteme**» Carbotech AG im Auftrag der Schweizerische Bundesbahnen SBB
-
- [53] T. Kägi, G. Roberts (2018), «**Screening-Ökobilanz Passerellen, Vergleich von Holzbau-, Stahlbau-, Hybridbauweise**», Carbotech AG im Auftrag der Schweizerische Bundesbahnen SBB
-
- [54] T. Kägi und G. Roberts (2019), «**Screening-Ökobilanz Personenunterführung, Vergleich mit Passerellen in Holzbau-, Stahlbau- und Hybridbauweise**», Carbotech AG im Auftrag der Schweizerische Bundesbahnen SBB
-
- [55] T. Kägi und M. Zschokke (2019), «**Screening-Ökobilanz Brückensanierung, Vergleich von konventionell, UHFB mit Stahlfasern und UHFB mit CNF**», Carbotech AG im Auftrag der Schweizerische Bundesbahnen SBB
-
- [56] T. Pohl (voraussichtlich 2023, noch nicht veröffentlicht), «**Analyse Tiefbauprojekte Kanton Zürich**», Umtec Technologie AG im Auftrag des Kantons Zürich
-
- [57] T. Pohl (voraussichtlich 2023, noch nicht veröffentlicht), «**Analyse Tiefbauprojekte Kanton Graubünden**», Umtec Technologie AG im Auftrag des Kantons Graubünden
-