

h_da

hochschule darmstadt
bau- und umweltingenieurwesen

member of
EU+
EUROPEAN UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

Nachhaltigkeitsbetrachtung des Betriebs der BUGA23-Seilbahn



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Follmann

Thomas Marx M. Eng.

Sebastian Bruns B.Eng.

Begleitstudie für
Doppelmayr Seilbahnen GmbH und
Bundesgartenschau Mannheim
gGmbH

Zusammenfassung

Mai 2024

Nachhaltigkeitsbetrachtung des Betriebs der BUGA23-Seilbahn

Eine Begleitstudie für Doppelmayr Seilbahnen GmbH
und Bundesgartenschau Mannheim gGmbH

Zusammenfassung

Hochschule Darmstadt, Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwesen
Haardtring 100, 64295 Darmstadt
www.fbbu.h-da.de/forschung/projekte/urbane-seilbahnen

Erstellt von

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Follmann	E-Mail: juergen.follmann@h-da.de
Thomas Marx M. Eng.	E-Mail: thomas.marx@h-da.de
Sebastian Bruns B. Eng.	E-Mail: sebastian.bruns@stud.h-da.de

im Auftrag von Doppelmayr Seilbahnen GmbH und Bundesgarten- schau Mannheim gGmbH

Konrad-Doppelmayr-Straße 1, Postfach 20, 69225 Wolfurt, AUSTRIA

Betreuung: Nadine Haas und Reinhard Fitz

Mai 2024

Zusammenfassung

Die Verdichtungsräume verfügen zwar über eine gute Verkehrsinfrastruktur, jedoch ist diese meist am Kfz-Verkehr orientiert. Kapazitätsengpässe bestehen auf Straße und Schiene. Zugleich wächst die Bevölkerung. Potenziale einer Nachverdichtung von Quartieren werden genutzt. Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Lärminderung, Lebensqualität und Gesundheit prägen ein sich änderndes Mobilitätsverhalten.

Urbane Seilbahnen helfen, Netzlücken im ÖPNV zu schließen. Sie überwinden schwebend und nahezu lautlos Barrieren und konkurrieren nicht mit anderen Verkehrsflächen. Sie gelten als schneller und kostengünstiger umsetzbar als Schienenstrecken und können mit 25 bis 30 km/h etwa 5.000 Personen/h und Richtung attraktiv auf einer Verbindung bis rund 5 km befördern. Sie sind zudem schnell rückbaubar. Die vorliegende Studie präsentiert die Resultate einer Untersuchung, welche von der Hochschule Darmstadt im Auftrag der Doppelmayer GmbH durchgeführt wurde. Ziel dieser Studie war es, Nachhaltigkeitsaspekte des Betriebs von Seilbahn und Bussen für den Personentransport zwischen den Veranstaltungsgeländen der BUGA Mannheim 2023 gegenüberzustellen. Dabei wurde im Kontext des fiktiven Busbetriebs eine Unterscheidung zwischen dieselbetriebenen und elektrisch betriebenen Fahrzeugen vorgenommen.

Im Sinne der Nachhaltigkeit wurden die Säulen Soziales, Ökonomie und Ökologie gleichwertig beachtet und analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Seilbahn eine nachhaltige Lösung für die vorübergehende Verbindung der beiden BUGA-Gelände darstellt. Sowohl Diesel- als auch Elektrobusse sind weniger geeignet. Die Seilbahn erweist sich als sozial und ökologisch nachhaltiger, insbesondere aufgrund ihrer direkten Trassenführung.

Wichtig ist anzumerken, dass in der Studie keine umfassende Ökobilanz erarbeitet, sondern lediglich der CO₂-Fußabdruck der betrachteten Systeme im Betrieb berücksichtigt wurde.

Schlagworte

Nachhaltigkeit; Ökologie; Ökonomie; Soziales; Vergleich; Urbane Seilbahn; E-Bus; Bus; Verkehrsplanung; Urbane Mobilität

1. Ausgangssituation, Methodik und Ziel der Studie

In Mannheim fand vom 14.04.2023 bis zum 08.10.2023 die Bundesgartenschau (BUGA) statt. Insgesamt wurden hier über zwei Millionen Besucherinnen und Besucher erwartet. Tatsächlich besuchten laut Pressemitteilung der BUGA-Gesellschaft insgesamt mehr als 2,2 Mio. Personen die BUGA (BUGA 23 09.10.2023). Zur Abwicklung der Besucherströme zwischen den beiden Veranstaltungsorten Spinelli- und Luisenpark wurde im Juni 2022 mit Bauarbeiten zur Errichtung einer Einseilumlaufbahn durch die Firma Doppelmayr begonnen (Ragge 2022). Diese wurde ausschließlich für die BUGA23 errichtet und soll nach der Gartenschau vollständig rückgebaut werden (Figaj und Scharff 2024).

Ein Teil der Systemkomponenten stammt von der für die Floriade in Almere errichteten Seilbahn. Diese war bis Oktober 2022 in Betrieb. Die benötigten Bauteile wurden anschließend nach Mannheim gebracht. Die Kosten für Planung, Genehmigung, Bau, Betrieb und Rückbau der Seilbahn in Mannheim betragen acht Mio. Euro. Die Gesamtlänge der Verbindung beträgt rund zwei Kilometer. Sie bildet das Grundgerüst eines umfassenden Verkehrskonzepts der „nachhaltigsten BUGA aller Zeiten“ (BUGA 23 2024). Die Abwicklung der Fahrgäste erfolgt über maximal 64 Kabinen, welche nach Bedarf auch an- oder abgekoppelt werden können (BUGA 23 2023). Die maximale Fahrgeschwindigkeit auf der Strecke (außerhalb der Stationen) beträgt 6,5 m/s (23,4 km/h) wodurch sich eine Fahrtzeit von sieben Minuten ergibt. In der Praxis fährt die Seilbahn aus Gründen der Energieeinsparung und Kostenoptimierung sowie für ein längeres Erlebnis für die Gäste nach Möglichkeit mit verringerter Geschwindigkeit (Doppelmayr Seilbahnen GmbH 2020) und erreicht so längere Reisezeiten. Der Betrieb erfolgt mit Ökostrom (BUGA 23 2022).

Die Entscheidung zur temporären Errichtung einer Seilbahninfrastruktur fand unter den Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit, einer zuverlässigen Beförderung der Besucherströme und der hierzu benötigten Förderkapazität statt. Bei der Auswahl wurde das Kriterium Nachhaltigkeit am höchsten gewichtet.

In der Untersuchung wurden drei Verkehrssystemen zur Verbindung der beiden Veranstaltungsorte Luisenpark und Spinelli-Park der BUGA 23 in Mannheim zur Nachhaltigkeit gegenübergestellt und bewertet:

- die tatsächlich errichtete BUGA-Seilbahn,
- eine fiktive Elektrobus Verbindungsalternative und
- eine Dieselbus Verbindungsalternative.

Hierzu benötigte Daten wurden angefragt oder anhand von verfügbarer Literatur ermittelt. Weitere Daten wie stichprobenhafte Fahrgastzählung und Gestaltung der Haltestellen wurden vor Ort erhoben.

Die vorliegende Untersuchung hat nicht den Anspruch eines allgemeingültigen Leitfadens für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrssystemen des öffentlichen Personennahverkehrs. Sie kann aber als Orientierung dienen.

Um die Kombination des fiktiven Busverkehrs für die Veranstaltung mit dem bestehenden Linienbusverkehr zu prüfen, wurden der vorhandene öffentliche Personennahverkehr und dessen Infrastruktur untersucht. Neben einer Prüfung von Optionen aus dem Liniennetz wurden vor Ort Haltestellen dokumentiert und stichprobenhafte Fahrgastzählungen durchgeführt.

Die Machbarkeit eines fiktiven Busverkehrs wurde auf Grundlage der Anzahl der benötigten Fahrzeuge und des benötigten Fahrpersonals bewertet.

Für die detaillierte Bewertung von fiktivem Busverkehr und umgesetzter Seilbahn wurden die Nachhaltigkeitskategorien Soziales, Ökonomie und Ökologie in weitere Teilbereiche aufgeteilt. Hierbei wurden die Antriebssysteme Diesel und Elektro immer dann gemeinsam betrachtet, wenn ihr unterschiedlicher Antrieb nicht zu Differenzen bei ihrer Auswirkung auf den entsprechenden Teilbereich führte.

Für die Abwägung der Teilbereiche wurden unterschiedliche Methodiken angewandt. Hierzu zählten unter anderem Literaturrecherche, Ortsbegehungen, Auswertungen von ÖPNV-Fahrgastinformationen, Auswertung vom bereitgestellten Energieverbrauch sowie Berechnung von benötigtem Fahrpersonal (Bus) und Energiebedarf.

Für die finale Bewertung der Nachhaltigkeitskategorien Soziales, Ökonomie und Ökologie wurde jeweils eine detaillierte Bewertungsmatrix erstellt. Hiermit sollte die qualitative Einordnung der vielfältigen Teilbereiche sichtbar werden. Es wurden spezifische Faktoren definiert, die eine entscheidende

Rolle für die Nachhaltigkeit der betrachteten Aspekte spielen und eine ganzheitliche Bewertung mit Gewichtung der einzelnen Elemente ermöglichen. Dieser strukturierte Ansatz ermöglicht, die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit umfassend und aussagekräftig zu erfassen.

Neben der Nachhaltigkeit ist ein Bestandteil dieser Untersuchung auch eine Treibhausgasbilanz des Betriebs.

2. Ergebnisse

2.1 Analyse und Bewertung bestehender ÖPNV-Verbindungen

Im ersten Schritt wurde geprüft, ob der bestehende ÖPNV eine ausreichende Kapazität für den Transport der zusätzlichen BUGA-Gäste besitzt. Hierfür wurde im Umfeld der beiden BUGA-Standorte Spinelli und Luisenpark zunächst alle relevanten Verbindungen ermittelt und im Anschluss vor Ort untersucht. Dabei stand insbesondere die Barrierefreiheit an den relevanten Haltestellen im Fokus.

Im Ergebnis kam nur eine Verbindung je Richtung für den Transport der Besuchenden in Betracht. Alle anderen potenziellen Verbindungen wiesen entweder Reisezeiten von mehr als 30 Minuten auf oder mehr als ein Umstieg war erforderlich. Dies machte sie unattraktiv und weniger geeignet. Sie entsprachen somit nicht dem Service- und Qualitätslevel der BUGA Mannheim gGmbH.

Die Restkapazitäten dieser beiden Verbindungen wurden mittels stichprobenartiger Fahrgasterhebung ermittelt. Hierzu wurden in den relevanten Spitzenverkehrszeiten (13:00 bis 15:00 Uhr) die Anzahl der Fahrgäste erhoben und mit der Gesamtkapazität der jeweiligen Linienbusse abgeglichen. Für die Ermittlung der theoretischen Gesamtkapazität wurden die Angaben zur Anzahl der Sitz- und Stehplätze in den jeweiligen Bussen dokumentiert.

Die Reisezeiten von teils mehr als 30 Minuten, Umstiege und die an den bestehenden Bedarf angepasste Abdeckung im Tagesverlauf machen die Linien für den Gästetransport im Zuge der BUGA unattraktiv. Zudem würden die Restkapazitäten nicht ausreichen.

Das Verkehrskonzept der BUGA leitet aus einer prognostizierten Zahl von 2,1 Mio. Besuchenden eine benötigte Förderleistung zwischen Spinelli und

Luisenpark von 2.800 Personen je Stunde je Richtung (pphpd) ab. Die analysierte Restkapazität im bestehenden ÖPNV auf der Fahrtrichtung Spinelli - Luisenpark beträgt jedoch weniger als 100 Personen je Stunde, wodurch ein reibungsloser Fahrgasttransport nicht praktikabel ist.

2.2 Ermittlung fiktiver Busverkehr

Aufgrund der mangelnden Kapazität des bestehenden ÖPNV-Angebots muss ein Zusatzverkehr für die BUGA entwickelt werden. Zur Prüfung einer fiktiven Busverkehrslösung anstelle einer Seilbahn werden die benötigte Anzahl der einzusetzenden Busse und der daraus resultierende Personalbedarf ermittelt. Beim Einsatz von Linienbussen mit einer Länge von 18 m besitzt dieser eine Beförderungskapazität von 91 Personen (41 Sitz- und 50 Stehplätze).

Um in Spitzenzeiten 2.800 pphpd, wie in der Vorplanung zur Auslegung der Seilbahn angenommen, transportieren zu können, müsste bei einem bis zu 65 % ausgelasteten Busverkehr ein Takt von rund 2 min vorhanden sein.

Unter Berücksichtigung eines geschätzten Zeitverlusts von etwa sechs Minuten pro einfache Strecke zur Bedienung der Haltestellen sowie dem Wenden des Busses, ergeben sich insgesamt rund 30 Minuten für Hin- und Rückfahrt inklusive Fahrgastwechsel bei einer Fahrtzeit von etwa neun Minuten pro Richtung. Das Vorhalten von beim Ausfall einzelner Fahrzeuge benötigten Reservebussen erscheint nicht zwingend, da im Bedarfsfall zusätzliche Fahrzeuge aus dem bereits existierenden Bestand der Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (rnv) bereitgestellt werden könnten. Dies ist insbesondere gerechtfertigt, da der Spitzenbedarf mit 2.800 pphpd nur ausnahmsweise erwartet werden kann. Rechnerisch ergibt sich so eine Anzahl von 24 zu beschaffenden Bussen, um im Spitzen-Bedarfsfall den Transport von 2.800 pphpd abwickeln zu können. Als wesentlich problematischer wird dabei der derzeitige Mangel an Fahrpersonal eingeschätzt. Hierzu wurde die Größenordnung über die tatsächlichen Beförderungszahlen ermittelt.

Zur Ermittlung der stündlichen Verteilung der Beförderungen zwischen den Veranstaltungsgeländen werden die von der Firma Doppelmayr zur Verfügung gestellten tatsächlichen Fahrgastzahlen vom gesamten BUGA-Zeitraum (14.04. bis 08.10.2023) herangezogen. Anhand der durchschnittlichen Anzahl Fahrgäste je Zeitstunde (Abbildung 1) wird die Anzahl der Busse bestimmt, welche in der jeweiligen Zeitstunde durchschnittlich eingesetzt werden müssten. Aus der Analyse der tatsächlichen Fahrgastzahlen

ergibt sich während der besonders frequentierten Zeit von 11:00 Uhr bis 13:00 Uhr eine durchschnittliche Fahrgastzahl von maximal 1.250 Personen pro Stunde und pro Richtung (pphpd).

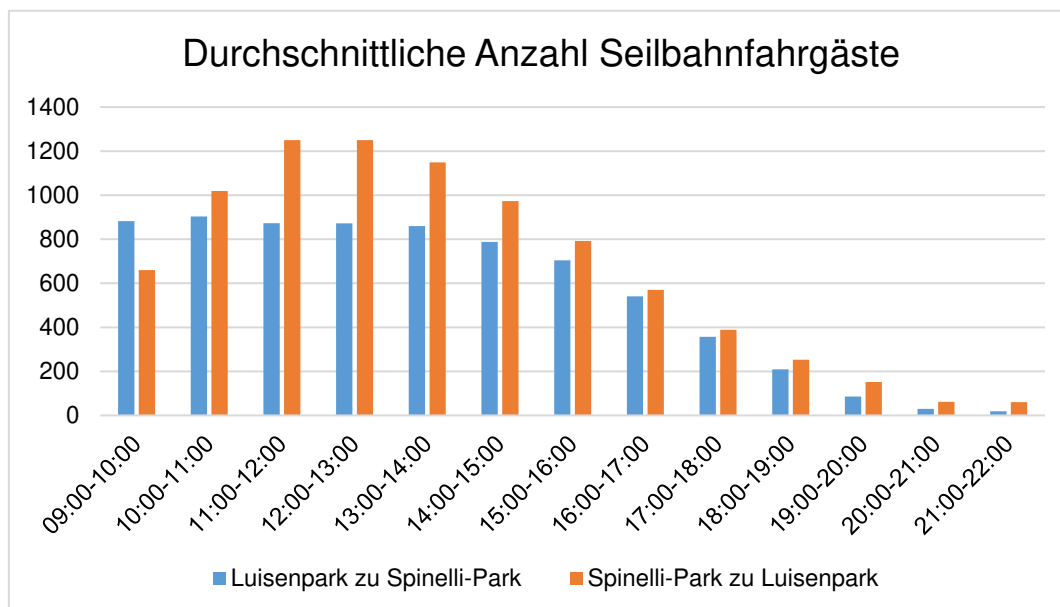


Abbildung 1: Durchschnittliche Tagesganglinie, Seilbahnfahrgäste je Stunde (BUGA-Zeitraum 14.04. – 08.10.2023, Quelle: Doppelmayr, Eigene Darstellung)

Es werden mindestens 11 Personen als Fahrpersonal benötigt, um den Zeitraum zwischen 11:00 Uhr und 13:00 Uhr abzudecken, während in den Randzeiten entsprechend weniger Fahrpersonal zum Einsatz kommt. Im Zeitraum von 20:00 Uhr bis 21:00 Uhr verbleibt bei effizientem Fahrzeugeinsatz, also durch den Einsatz eines einzelnen Fahrzeugs nur noch eine Abdeckung im 30 Minuten Takt.

Werden Arbeitsverträge in Höhe von 160 Stunden pro Monat aufgesetzt, ergibt sich eine Mindestanzahl von 22 zu beschäftigenden Mitarbeitenden, um zu jeder Uhrzeit den Durchschnittsbedarf abzudecken zu können. Damit Spitzen oberhalb der Durchschnittsbelastung aufgefangen werden, ist eine entsprechende Einsatzplanung vorzunehmen und bspw. Urlaub vorzugsweise an Tagen mit einer geringen zu erwartenden Fahrgastzahl zu planen. Durch die angenommene Zielauslastung der Fahrzeuge von 65 % existieren freie Kapazitäten zur Aufnahme unerwarteter Fahrgastspitzen. In Extremfällen könnten besonders starke Mehrbelastungen des Systems zu erhöhten Wartezeiten führen. In der Praxis fällt abseits der Fahrpläne weitere

Arbeitszeit für das Fahrpersonal an, welche bei dieser Berechnung jedoch nicht berücksichtigt sind.

3. Nachhaltigkeitsbetrachtung des Betriebs

3.1 Soziales

In der umfassenden Analyse der betrachteten Verkehrssysteme und deren sozialen Auswirkungen, werden neben der Qualität der Anbindung auch subjektive Aspekte wie Fahrgefühl, Komfort und das Erlebnisgefühl untersucht. Dabei werden ebenso Aspekte wie Unfallgefahr, soziale Sicherheit oder Barrierefreiheit betrachtet. Soziale Auswirkungen umfassen zudem potenzielle soziologische Funktionen, die durch die Verkehrsmittel erfüllt werden können und Potenziale für mögliche Konflikte mit Stakeholdern.

Grundsätzlich sind urbane Bau- und Verkehrsprojekte in das jeweilige städtische (bewohnte) Umfeld zu integrieren. Dieser Aspekt wird aufgrund der nur kurzen Betriebszeit von etwa einem halben Jahr und der damit engen zeitlichen Begrenzung der Verkehrsprojekte in der vorliegenden Studie nicht betrachtet.

Für eine qualitative Einordnung der verschiedenen Teilbereiche werden diese mit Hilfe von Faktoren gewichtet. Ein Muster zeigt Abbildung 2.

Erfüllung des Kriteriums	Wertung
überragend	10
sehr gut - überragend	9
sehr gut	8
gut	7
eher gut	6
befriedigend	5
ausreichend	4
eher schlecht	3
schlecht	2
sehr schlecht	1
nicht erfüllt	0

Abbildung 2: Bewertungsschlüssel Soziales

Die Seilbahn schneidet in allen Bereichen außer der sozialen Sicherheit und der Akzeptanz gut bis überragend ab. Besonders die Anbindungsfunktion

mit der quasi taktfreien Bedienung und die gewährleistete Barrierefreiheit selbst bei hoher Nachfrage bieten eine überragende Qualität. Die soziale Sicherheit wird etwas schlechter bewertet wegen der verminderten Erreichbarkeit bei Notfällen und der fehlende Präsenz von Betriebspersonal in den Kabinen. Die mangelnde Akzeptanz unter Anrainern sind für ein Projekt des Personennahverkehrs zwar nicht ungewöhnlich, aber beispielsweise durch die Einsehbarkeit auf Grundstücke intensiver als beim fiktiven Busbetrieb.

Der Elektrobusverkehr liegt ähnlich wie der Diesibusverkehr in fast allen Teilbereichen im guten Mittelfeld, was aufgrund des flächendeckenden Einsatzes von Bussen im öffentlichen Personennahverkehr erwartbar ist. Bei der Vermeidung von möglichen Konflikten mit Stakeholdern hebt sich der Busverkehr und hier insbesondere der Elektrobusverkehr von der Seilbahn ab. Dies liegt unter anderem daran, dass im Falle dieser Untersuchung keine neue Trasse hätte entstehen müssen. Lediglich eine Umwidmung eines Kfz-Fahrestreifen hin zu einem Busfahrestreifen hätte zu Lasten des motorisierten Individualverkehrs stattgefunden. Zudem überschneiden sich bei der BUGA die Hauptverkehrszeiten des Alltagsverkehrs nur wenig mit dem Besucherverkehr. Der Elektrobusverkehr profitiert hier zusätzlich von seiner schadstoffarmen Antriebsart.

Abstriche muss der Busverkehr bei der Bewertung der sozialen Funktion aufgrund der Großräumigkeit, der Sitzanzahl und -anordnung sowie den Lärmemissionen insbesondere durch entstehende Fahrgeräusche hinnehmen. Weitere Schwächen gegenüber der Seilbahn weist er in den Bereichen Fahrgefühl, Komfort und Erlebnis auf. Der geringe Unterschied zwischen den beiden Busverkehrsarten ist durch eine verringerte Lärmbelastung und geringere Vibrationen des Elektroantriebs zu erklären.

In der Gesamtbewertung der sozialen Nachhaltigkeit steht die Seilbahn mit etwa 1,5 Punkten vor den beiden Busverkehren. Diese unterscheiden sich wiederum nur mit einer Differenz von 0,2 Punkten voneinander. Die Seilbahn ist nach dieser Bewertung das sozial nachhaltigere Verkehrsmittel.

3.2 Ökonomie

Die Nachhaltigkeitsbetrachtung in der Ökonomie umfasst mehr als nur die Investitions- und Betriebskosten. Es sind für Gegenwart und Zukunft potentiell kritische Themenbereiche wie Energieverbrauch, Personalbedarf und

Flächenverbrauch zu berücksichtigen. Ebenso sind nachgelagerte Prozesse mit wirtschaftlicher Relevanz einzubeziehen, wie Rückbau, Flexibilität und Recycling.

Die Gesamtkosten der verschiedenen Verkehrssysteme unterscheiden sich deutlich. Am kosteneffizientesten ist mit acht Millionen Euro die Seilbahn, gefolgt vom Diesibusverkehr mit etwa zehn Millionen Euro. Der Elektrobusverkehr ist mit etwa 22 Millionen Euro die mit Abstand kostenintensivste Variante.

Um ökonomische Auswirkungen für zukünftige Generationen einordnen zu können sind langfristige ökonomische, soziale und ökologische Wirkungen für die Betrachtung der Nachhaltigkeit eines Vorhabens wichtiger als die Höhe der unmittelbaren Kosten. Infolgedessen wurde zusätzlich der wirtschaftlich nachhaltige Umgang der drei untersuchten Verkehrssysteme mit den ökonomischen Teilbereichen bewertet. Eine positiv bewertete ökonomische Nachhaltigkeit steht für das wirtschaftliche Fortbestehen des entsprechenden Verkehrssystems auch in Zukunft.

Die Seilbahn schneidet in allen Teilbereichen bis auf den Flächenbedarf – es werden, im Gegensatz zu den Busalternativen neue Flächen benötigt – gut bis sehr gut ab. Besonders der vergleichsweise niedrige Energieverbrauch auch gegenüber dem Elektrobusverkehr zeigt sich hier als vorteilhaft. Auch die Bewertung für die gesellschaftlichen Kosten profitiert indirekt, denn elektrische Energie ist im Gegensatz zu Diesel nicht abhängig von einzelnen Rohstoffen wie klimaschädlichen Erdöl oder Biomasse. Sie kann stattdessen aus einer Vielzahl von Energiequellen, darunter verschiedene erneuerbare Energiequellen gewonnen werden und bietet somit eine verlässlichere und preisstabilere Option.

Der Begriff Beförderung beschreibt im Folgenden die Beförderung einer Person in eine Richtung (vgl. Abbildung 3).

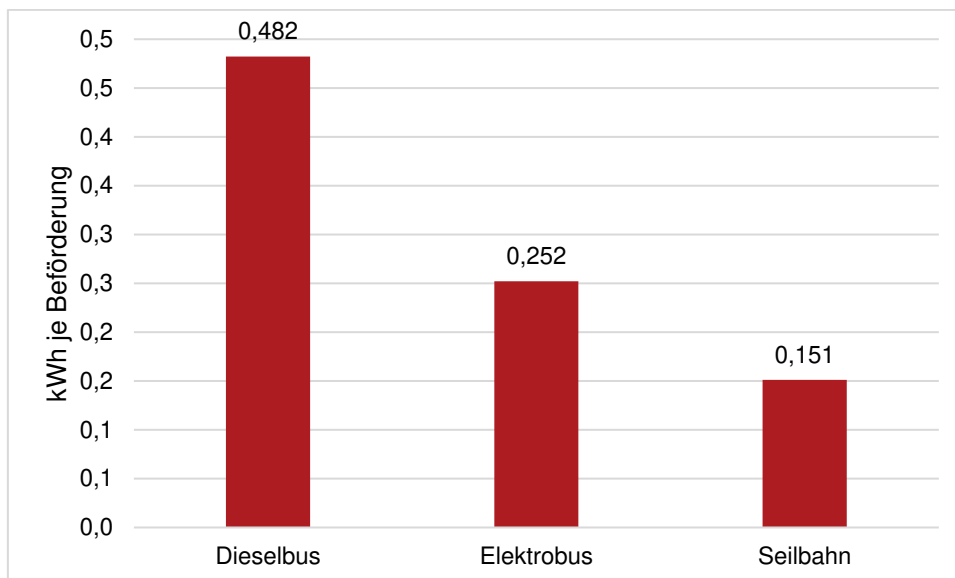


Abbildung 3: Energiebedarf der betrachteten Verkehrsmittel in Kilowattstunden je Beförderung (eigene Berechnung auf Grundlage von (Cox & Althaus, 2020; Statistisches Bundesamt, 2022c))

Es sei aber angemerkt, dass keine expliziten Daten für die gesellschaftlichen Kosten einer Seilbahn zur Verfügung stehen und die Bewertung somit nur eingeschränkt vergleichsfähig ist. Die ausreichende Bewertung im Flächenverbrauch ist mit der neu zu errichtenden Infrastruktur für die Seilbahn zu erklären. Hierbei ist anzumerken, dass die Seilbahn im Vergleich zu dem Busverkehr zwar neue Fläche in Anspruch nimmt, sich diese jedoch auf Station und Stützenstandorte beschränkt. Denn für die Seilbahn wurden knapp 3.500 m² Fläche bebaut. Zum Vergleich hätten für den Neubau einer asphaltierten Straße mit einer 3,50 m breiten Fahrbahn je Fahrtrichtung auf der bestehenden Trasse der fiktiven Busverbindung rund 37.450 m² also zehnmal so viel Fläche versiegelt werden müssen.

Elektrobus- und Dieselbusverkehr unterscheiden sich in ihrer Bewertung für die Kategorien Energie und gesellschaftliche Kosten. Der deutlich höhere Energieverbrauch aufgrund des geringeren Wirkungsgrades eines Dieselmotors führt zu einer schlechten Wertung des Dieselbusverkehrs im Gegensatz zu einer befriedigenden Wertung beim Elektrobusverkehr. Die Bewertung der gesellschaftlichen Kosten des Elektrobusverkehrs basiert ebenfalls nur auf Schätzungen. So wird bei der unterschiedlichen Bewertung der beiden Antriebsformen angenommen, dass Elektrobusse in der Realität deutlich besser und Dieselbusse etwas schlechter als der durchschnittliche Bus

in Deutschland abschneiden. Der Personalbedarf ist für beide Antriebsformen gleich anzusetzen. Ein zusätzlicher Flächenbedarf ist aufgrund der bereits vorhandenen Infrastruktur nicht vorhanden. Demzufolge findet nach Abschluss der BUGA auch kein Rückbau statt und die Busse können an ihren neuen Bestimmungsort übergeben werden.

Mit dem Bewertungsschlüssel vergleichbar Abbildung 2 steht die Seilbahn in der Gesamtbewertung der ökonomischen Nachhaltigkeit mit einem Punkt knapp vor dem Elektrobussenverkehr und knapp drei Punkte vor dem Dieselseilbusverkehr. Die Gesamtbewertung der ökonomischen Nachhaltigkeit ist vor allem bedingt durch die erwarteten Unterschiede in den gesellschaftlichen Kosten, zu denen jedoch spezifische Daten zu den einzelnen Transportsystemen fehlen. Dies erschwert eine abschließende Bewertung der ökonomischen Nachhaltigkeit.

3.3 Ökologie

Urbane Verkehrsprojekte haben umfassende ökologische Auswirkungen. Einen wichtigen Teilbereich bildet hier die Biosphäre im Umfeld der Verkehrssysteme. Auch Flächenversiegelung und Lärmbelastung sind Teil einer umfassenden Betrachtung des ökologischen Nachhaltigkeitsaspekts. Hinzu kommen in Verdichtungsregionen Auswirkungen auf die Luftqualität.

Die vorliegende Untersuchung legt zunächst den Fokus auf die Erstellung einer THG-Bilanz für den Fahrbetrieb aller drei Verkehrssysteme. Der verantwortungsvolle und nachhaltige Betrieb von Verkehrsmitteln hängt eng mit den durch sie emittierten THG zusammen.

Die BUGA-Seilbahn erreicht in allen Teilbereichen der ökologischen Nachhaltigkeit eher moderate bis keine Auswirkungen auf die Umwelt. Keine oder sehr geringe Auswirkungen hat sie in den Teilbereichen Lärm, Luftqualität und THG-Bilanz des Fahrbetriebs. Relevante Auswirkungen hat sie lediglich durch die Errichtung der benötigten Infrastruktur und die dadurch entstehende Verkehrsstrasse auf Biosphäre und Flächenversiegelung. Hierbei muss jedoch angemerkt werden, dass nach Rückbau der Anlage und Rekultivierung der in Anspruch genommenen Fläche und Biosphäre keine Beeinträchtigung bleibt.

Auch der Elektrobussenverkehr hat maximal eher geringe Auswirkungen auf die Umwelt. Dies ist der Fall in den Kategorien Lärm und THG-Bilanz des Fahrbetriebs. Grund ist der hohe Bedarf an elektrischer Energie verglichen

mit der Seilbahn. In allen anderen Teilbereichen gibt es keine relevanten Auswirkungen auf die Ökologie.

Anders sieht es beim Dieselbusverkehr aus. Dessen Bewertung deckt sich in den Bereichen Biosphäre und Flächenversiegelung mit dem Elektrobusverkehr, in den Bereichen Lärm, Luftqualität und THG-Bilanz des Fahrbetriebs weicht die Bewertung jedoch sehr stark ab. So sind die Auswirkungen auf die Luftqualität aufgrund der modernen Bauweise des Dieselantriebs zwar nur moderat, die Lärmbelastung durch Dieselbusverkehr ist jedoch vergleichsweise hoch. Als untragbar wird die THG-Bilanz des Fahrbetriebs bewertet. In Zeiten eines voranschreitenden Klimawandels ist ein 1,7-fach beziehungsweise sogar 34-fach erhöhter Ausstoß an CO₂-Äquivalente gegenüber alternativen Verkehrssystemen nicht hinnehmbar (vgl. Abbildung 4).

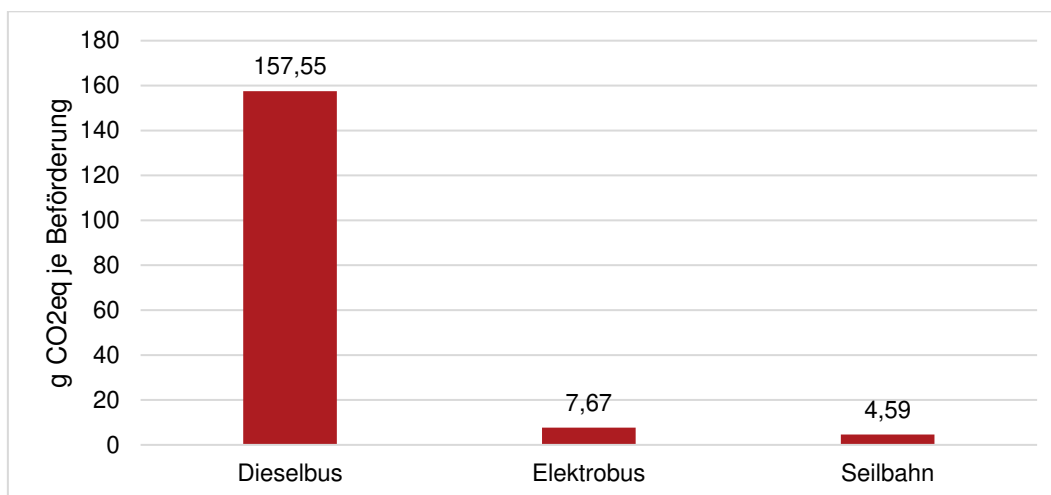


Abbildung 4: THG-Emissionen durch den Fahrbetrieb (eigene Berechnung auf Grundlage von (Zemo Partnership 2023), (Umweltbundesamt 2022) und (Icha und Lauf 2023; Hauser et al. 2019))

In der Gesamtbewertung (Bewertungsschlüssel wie in Abbildung 2) der ökologischen Nachhaltigkeit ist die BUGA-Seilbahn fast fünf Punkte und der elektrisch betriebene Busverkehr etwa vier Punkte vor dem dieselbetriebenen Busverkehr einzuordnen, was in allen drei untersuchten Hauptbereichen der Nachhaltigkeit den deutlichsten Unterschied darstellt. Die Seilbahn liegt 0,65 Punkte vor dem Elektrobusverkehr und ist somit als die ökologisch nachhaltigste Wahl zu klassifizieren.

4. Fazit

Bestätigung der Wahl der Seilbahn als nachhaltiges Verkehrsmittel

In dieser Untersuchung zur Nachhaltigkeit wurde die BUGA23-Seilbahn einem fiktiven Busverkehr mit Elektro- bzw. Dieselantrieb gegenübergestellt. Das Ergebnis bestätigt die Entscheidung zur Seilbahn als nachhaltiges Verkehrsmittel für die temporäre Verbindung der beiden BUGA-Gelände. Währenddessen ist der Dieselmotorsverkehr in allen drei Bereichen als nicht nachhaltig und damit für das erklärte Ziel der BUGA ungeeignet.

Drei Säulen der Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit wurde in den Säulen Soziales, Ökonomie und Ökologie gleichwertig beurteilt (vgl. Abbildung 5).

Die Seilbahn ist in der Betrachtung der sozialen Nachhaltigkeit als wesentlich nachhaltiger einzustufen, als die beiden Alternativen. Auch im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit schneidet sie besser ab, wenngleich der Elektrobusverkehr ebenfalls als ökologisch nachhaltig anzusehen ist. Die Bewertung der ökonomischen Nachhaltigkeit zeigt in erster Linie die Wichtigkeit der Erhebung von umfassenden Daten, um Auswirkungen von Verkehrsprojekten ermitteln zu können. Eine vorsichtige Bewertung findet zugunsten der Seilbahn statt.

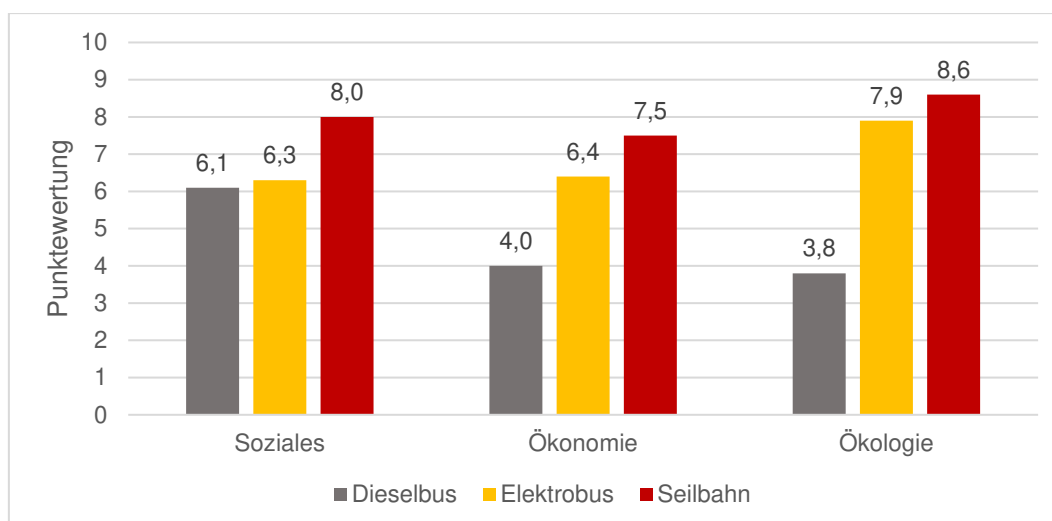


Abbildung 5: Gesamtbewertung

Bei der BUGA 23 profitiert die Bewertung der Seilbahn vor allem von der direkten Trassenführung und der somit deutlich kürzeren Verbindung. Auch

die Fahrgastzahlen spielen eine wichtige Rolle. Geringere Fahrgastzahlen führen zu einer geringeren Auslastung und dadurch höheren relativen Energiebedarfswerten (kWh/Fahrgast). Der tatsächliche Energieverbrauch ist von Faktoren wie der Fahrgeschwindigkeit abhängig.

So ergibt sich bei einer Halbierung der Fahrgastzahlen nahezu eine Verdopplung der relativen Energiebedarfswerte. Im Umkehrschluss steigt die Energieeffizienz der Seilbahn mit dem Anstieg der Fahrgastzahlen.

Die Bewertung der Nachhaltigkeit der Busverkehrssysteme profitiert von den vorhandenen Haltestellen und der Annahme, dass die Kapazität der Straßeninfrastruktur für diese Großveranstaltung durch die unterschiedlichen Hauptverkehrszeiten nicht angepasst werden muss. Daher könnte im Bedarfsfall im Busverkehr auch auf Fahrzeuge aus einem externen Depot zurückgegriffen werden.

Einzigartigkeit der Studie

Die vorliegenden Untersuchungen und Bewertungen beziehen sich ausschließlich auf den vorliegenden Fall. Unterschiede wie veränderte Trassenführung, fehlende Bestandsinfrastruktur oder geringere zu erwartende Fahrgastzahlen würden zu abweichenden Ergebnissen in der Bewertung führen.

Zudem erfolgte die Gewichtung der identifizierten Faktoren im Verlauf dieser Untersuchung auf Basis der Diskussion und Abschätzung im Autorenteam. Gleichzeitig ist anzuerkennen, dass die Bewertung von Faktoren generell im Bereich der Nachhaltigkeit oft von individuellen Werthaltungen und Kontexten geprägt ist. Der gewählte transparente Ansatz ermöglicht eine kritische Reflexion über die Interpretation der Ergebnisse und unterstreicht die Notwendigkeit einer offenen Auseinandersetzung.

Begrenzte Datenlage

Die vorliegende Untersuchung basiert teils auf einer begrenzten Datenlage. Hiervon betroffen sind insbesondere die Teilbereiche Verkehrssicherheit und gesellschaftliche Kosten.

Obwohl die errechneten THG-Bilanzen zum Fahrbetrieb vorliegen, fehlen für eine umfassende Bewertung der klimatischen Auswirkungen eines Verkehrsinfrastrukturprojektes weitere Daten wie Rohstoffgewinnung, Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung. Der Betrieb ist nur ein Element einer vollständigen THG-Bilanz.

Potential von urbanen Seilbahnen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich ein hohes Potenzial einer urbanen Seilbahn im öffentlichen Verkehr abzeichnet. Angesichts des Klimawandels und anderer drängender gesellschaftlicher Herausforderungen, die insbesondere Energie und Mobilität betreffen, ist es unerlässlich, alternative Verkehrssysteme zu berücksichtigen und zu entwickeln. Die Seilbahn hat im Einsatz der BUGA23 in Mannheim bewiesen, dass sie sowohl finanziell als auch ökologisch und sozial attraktiv ist.

Besonders bei Verbindungen mit einem hohen Fahrgastaufkommen, auf denen keine direkten Trassen für Busverkehr (oder Straßenbahnverkehr) möglich sind, haben Seilbahnen in allen drei Hauptbereichen der Nachhaltigkeit entscheidende Vorteile gegenüber konventionellem Personennahverkehr. Die Bereitschaft, Technologien wie die Seilbahn in ganzheitliche ÖPNV-Konzepte zu integrieren, sie an bestehende sowie in Planung befindliche urbane Strukturen anzupassen und fortlaufend weiterzuentwickeln, erfordert Offenheit und Mut.

Literatur

BUGA 23 (2022): BUGA 23: Mit der Seilbahn vom Spinellgelände in den Luisenpark. Mannheim, zuletzt geprüft am 25.02.2024.

BUGA 23 (2023): Seilbahn - Mannheim BUGA 23. Online verfügbar unter <https://www.buga23.de/die-parks/seilbahn/>, zuletzt aktualisiert am 07.06.2023, zuletzt geprüft am 25.02.2024.

BUGA 23 (09.10.2023): BUGA 23: Besucherrekord am letzten BUGA 23-Tag. Online verfügbar unter <https://www.buga23.de/buga-23-besucherrekord-am-letzten-buga-23-tag/>, zuletzt geprüft am 10.12.2023.

BUGA 23 (2024): Idee | Konzept - Mannheim BUGA 23. Online verfügbar unter <https://www.buga23.de/beste-aussichten/idee-konzept/>, zuletzt aktualisiert am 25.02.2024, zuletzt geprüft am 25.02.2024.

Cox, B. & Althaus, H.-J. (2020) Bus-Antriebe im Vergleich: Eine Ökobilanz: Ergänzung zur Studie «Umweltauswirkungen von Fahrzeugen im urbanen Kontext».

Doppelmayr Seilbahnen GmbH (Hg.) (2020): Nachhaltigkeitskonzept.

Figaj, Patrick; Scharff, Christian (2024): Mannheimer BUGA-Seilbahn wird abgebaut. SWR Aktuell. Online verfügbar unter <https://www.swr.de/swr-aktuell/baden-wuerttemberg/mannheim/abbau-buga-seilbahn-mannheim-100.html>, zuletzt aktualisiert am 15.01.2024, zuletzt geprüft am 25.02.2024.

Ragge, Peter W. (2022): Mannheimer Buga: Seilbahn-Bau beginnt mit dem Loch des ersten Pfeilers. In: *Mannheimer Morgen*, 21.06.2022. Online verfügbar unter https://www.mannheimer-morgen.de/orte/mannheim_artikel,-mannheim-mannheimer-buga-seilbahn-bau-beginnt-mit-dem-loch-des-ersten-pfeilers-_arid,1964558.html, zuletzt geprüft am 13.08.2023.

Statistisches Bundesamt (2022c) Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Haushaltsgrößenklassen [Online]. Verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/private-haushalte/Tabellen/stromverbrauch-haushalte.html> (Abgerufen am 19 August 2023).

Umweltbundesamt (Hg.) (2022): Kohlendioxid-Emissionsfaktoren für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen.

Zemo Partnership (Hg.) (2023): Well-to-Tank. Online verfügbar unter <https://www.zemo.org.uk/work-with-us/buses-coaches/low-emission-buses/well-to-tank.htm>, zuletzt aktualisiert am 20.08.2023, zuletzt geprüft am 20.08.2023.