

Universitätsstadt Tübingen
Stabsstelle Umwelt- und Klimaschutz
Schott, Bernd Telefon: 07071-204-2390
Gesch. Z.: 003/4.03-01-02/

Vorlage 178/2021
Datum 11.06.2021

Berichtsvorlage

zur Behandlung im **Ausschuss zur Fortschreibung des Klimaschutzprogramms**

Betreff: Klimaschutzprogramm; Umweltwirkungen
Regionalstadtbahn-Innenstadtstrecke

Bezug:

Anlagen:

Zusammenfassung:

Für den Bau der Tübinger Innenstadtstrecke der Regionalstadtbahn ist von Treibhausgas-Emissionen in Höhe von rund 75.000 Tonnen auszugehen. Diesen Emissionen stehen Einsparungen durch die Verlagerung im regionalen Verkehr vom PKW auf die Regionalstadtbahn gegenüber. Wie hoch diese ausfallen werden, ist zwar wegen der anstehenden Umbrüche der Energieversorgung und der Fahrzeugtechnik sowie der konkreten Verlagerungseffekte mit Unsicherheiten behaftet. Es lässt sich jedoch abschätzen, dass sich der Aufwand für den Bau der Innenstadtstrecke nach 8 bis 20 Jahren für den Klimaschutz gelohnt hat. Zudem können jährlich Umweltkosten um 107 bis 250 Millionen Euro und Energieverbräuche zwischen 9,5 und 22,2 Millionen Kilowattstunden eingespart werden.

Bericht:

1. Anlass / Problemstellung

Mit der Bundestagswahl im September 2021 steht der Bürgerentscheid zur Tübinger Innenstadtstrecke der Regionalstadtbahn Neckar-Alb an. In der Öffentlichkeit ist eine Debatte entstanden, welchen Beitrag die Innenstadtstrecke zum Klimaschutz erbringen kann. Die Verwaltung stellt mit diesem Bericht Abschätzungen zur Klimaschutzwirkung dar und stellt Vergleichsrechnungen mit dem Straßenbau zur Verfügung.

2. Sachstand

2.1. Verfügbarkeit von Studien zur CO₂-Bilanzierung von Verkehrsprojekten

Die CO₂-Bilanzierung von Verkehrsprojekten wird klassischerweise auf die Betriebsphase bezogen. Erst in letzter Zeit wurden einzelne Projekte in Bezug auf die Bauphase untersucht. Der Grund hierfür sind fehlende Standards in der Bilanzierung, große Unsicherheiten beim Blick in die Zukunft sowie mangelndes politisches Interesse. Immerhin sind in den letzten fünf Jahren durch Studien zu besonders relevanten Einzelprojekten wie dem Brennerbasistunnel und Dissertationen aus dem Ingenieurwesen die wesentlichen Überlegungen und Parameter transparent und nachvollziehbar dargestellt. Die Verwaltung setzt auf diesen Vorarbeiten auf und versucht daraus die bestmögliche Abschätzung für die Klimawirkung der Innenstadtstrecke der Regionalstadtbahn herzuleiten. Trotz des Bemühens um Verständlichkeit fällt die Vorlage sehr technisch und ausführlich aus, damit Interessierte aus der Bürgerschaft jeden Rechenschritt nachvollziehen können.

2.2. Ökologischer Vergleich bei Personenverkehren

Die Publikation „Umweltfreundlich mobil!“¹ stellt verschiedene Verkehrsarten in ihren ökologischen Auswirkungen gegenüber. Aus diesen durchschnittlichen Kennzahlen lassen sich überschlägig für die Tübinger Innenstadtstrecke z. B. Vergleiche zu den Treibhausgasen (für Stromantriebe wird der Bundes-Strommix verwendet) und den Umweltkosten ableiten (siehe Tabelle 1 und 3). Ergänzend wurde die ifeu-Studie „Ökologische Bewertung von Verkehrsarten“² für das Thema Batterie-elektrische Fahrzeuge (BEV) herangezogen.

Tabelle 1: spezifische Emissionen in Gramm CO_{2eq} je Personenkilometer (Werte für 2017)

	Nutzung	Energiebereitstellung	Fahrzeuggestellung	Infrastrukturbereitstellung	Gesamt
PKW (gesamt)	130,69	22,17	36,54	5,01	194,41
BEV* (bei 13.000 Fkm/a)	0	90,1	57,1	(5)	152,2
Nahlinienbus	69,02	11,52	6,51	1,58	88,63
Straßen-/Stadt-/U-Bahn	0,00	59,30	4,81	13,98	78,09

Quelle: Umweltbundesamt; Umweltfreundlich mobil!; 2021

*Quelle: Umweltbundesamt; Ökologische Bewertung von Verkehrsarten; 2019

Die Vergleiche sind nicht exakt, da die zukünftigen Entwicklungen im Verkehrssektor aufgrund des Umbruchs in der Antriebstechnik und der Stromerzeugung mit relativ hoher Unsicherheit behaftet und von politischen Entscheidungen abhängig sind. Zudem existiert für die Innenstadtstrecke bisher keine Ausführungsplanung, da diese erst nach dem Bürgerentscheid in Auftrag gegeben werden kann. Qualitativ sind die Aussagen aber belastbar. Die Innenstadtstrecke ist als elektrifizierter Schienenpersonennahverkehr der Kategorie „Straßen-/Stadt-/U-Bahn“ zuzuordnen. Für die Verlängerung der RSB-Linien für die Innenstadt-

¹ Studie abrufbar unter

www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_fb_umweltfreundlich_mobil_bf.pdf

² Studie abrufbar unter www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrsarten_0.pdf

strecke werden voraussichtlich 10 - 12 zusätzliche Tram-Train-Fahrzeugeinheiten benötigt. Die Betrachtungen im Kapitel „Klimarelevanz“ beruhen deshalb überwiegend auf den Vergleichswerten gemäß Tabelle 1.

Für die ersten beiden Spalten der Tabelle 1 gibt es inzwischen auch fortgeschriebene Datensätze für das Bezugsjahr 2019. So sind die spezifischen Emissionen in Gramm CO_{2eq} je Personenkilometer bei „Straßen-/Stadt-/U-Bahn“ von 59,30 auf 55 (TREMODO 6.14) gesunken, beim PKW von 152,86 leicht auf 154 gestiegen (TREMODO 6.16). Keine neuen Daten finden sich dagegen für die Fahrzeugbereitstellung, die sich z. B. durch die immer höhere Marktdurchdringung von Sport Utility Vehicles (SUV) und größeren/schwereren PKWs sowie Batterie-elektrischen Fahrzeugen verändert haben dürfte. 2019 war mehr als jedes fünfte neu zugelassene Auto laut Kraftfahrzeugbundesamt ein SUV, was einem Zuwachs der Zulassungszahlen von 46 % gegenüber dem Jahr 2017 entspricht. Und bei den Batterie-elektrischen Fahrzeugen ist zu beachten, dass diese bei der Herstellung insbesondere aufgrund der Batterie deutlich höhere Emissionen verursachen als Verbrenner.

Die Studie „Klimabilanz von Elektroautos“³ im Auftrag der Agora Verkehrswende aus 2019 beziffert die Treibhausgasemissionen für die Herstellung eines Kompaktklassefahrzeuges mit einer Batteriekapazität von 35 Kilowattstunden (kWh) auf 12,4 Tonnen CO_{2eq}. (das sind 5,4 bis 5,6 Tonnen mehr als vergleichbare Verbrenner). Jedoch zeigt sich, dass sich der Automarkt derzeit in Richtung deutlich größere Batteriekapazitäten entwickelt, wodurch die Treibhausgasemissionen für die Fahrzeugbereitstellung steigen werden. Tesla, Porsche, Audi, Mercedes etc. bieten Fahrzeuge mit Batteriekapazitäten von 60 bis 100 kWh an, Tendenz stark steigend. Selbst ein Kleinwagen wie der Renault Zoe wird bereits mit 50 kWh-Batterie angeboten, um die Reichweite zu steigern. Laut der Studie „Klimabilanz von Elektroautos“ ist die Bandbreite der Klimawirkung der Batterieherstellung sehr groß. Im Schnitt geht die Studie bei den heutigen Lithium-Ionen-Batterien von einem CO_{2eq}-Rucksack von 145 kg/kWh aus. Eine künftig als Standard zu erwartende 100 kWh-Batterie entspräche einem Rucksack von 14,5t CO_{2eq}.

Diese Studien und die Aussagen des Modell TREMOD zur zukünftigen Entwicklung der Verkehrs-Emissionen (siehe auch Tabelle 4) zeigen auf, dass die Werte in Tabelle 1 sich auch unter Berücksichtigung der Elektromobilität auf absehbare Zeit nicht zu Gunsten des PKWs verändern werden. Im Gegenteil, der schienengebundene ÖPNV baut seinen Klimaschutzvorteil aus, wie die Modellierung nach TREMOD darstellt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: spezifische Emissionen in Gramm CO_{2eq} je Personenkilometer

Jahr	2019	2030	2040
PKW	154	128	89
Straßenbahn	59	40	19
U-Bahn	46	30	14

Quelle: Umweltbundesamt; TREMOD 6.16

Neben der reinen Fokussierung auf die Klimawirkung des Verkehrs betrachtet das Umweltbundesamt regelmäßig auch die Umweltkosten.

³ Studie abrufbar unter https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf

Tabelle 3: spezifische Emissionen in Gramm CO_{2eq} je Personenkilometer (Werte für 2017)

	Nutzung	Energie- bereitstellung	Fahrzeug- bereitstellung	Infrastruktur- bereitstellung	Ge- samt
PKW (gesamt)	130,69	22,17	36,54	5,01	194,41
BEV* (bei 13.000 Fkm/a)	0	90,1	57,1	(5)	152,2
Nahlinienbus	69,02	11,52	6,51	1,58	88,63
Straßen-/Stadt- /U-Bahn	0,00	59,30	4,81	13,98	78,09

Quelle: Umweltbundesamt; Umweltfreundlich mobil!; 2021

*Quelle: Umweltbundesamt; Ökologische Bewertung von Verkehrsarten; 2019

In gängigen Studien zu den Auswirkungen von Personenverkehren werden die schienengebundenen Systeme zusammengefasst (siehe Tabellen 1 und 3). Jedoch sind oberirdische und unterirdische Systeme in der Auswirkung des Infrastrukturbaus nicht vergleichbar. Die Studie „Die Klimabilanz Berliner U-Bahn- und Straßenbahnplanungen“⁴ kommt zum Ergebnis, dass der Bau einer U-Bahn-Trasse etwa zehnfach höhere CO₂-Emissionen verursacht als der Bau einer Straßenbahn-Trasse. Die Studie kommt für einen durchschnittlichen Kilometer einer zweigleisigen Straßenbahn auf 7.144 Tonnen CO_{2eq}/km (Schotter- oder Rasenbett) bzw. 12.209 Tonnen CO_{2eq}/km (Betonbett). Der Ansatz für die Berliner Straßenbahn ist weitgehend auf die Innenstadtstrecke übertragbar. Jedoch ist in der Nachkalkulation der Studie durch die Verwaltung aufgefallen, dass für Beton in der Studie durch einen Einheitenfehler ein 2,4-fach überhöhter Wert angesetzt wird. Zudem rechnet die Studie mit außergewöhnlich hohen Stahlanteilen im Beton und mit einem übermäßig druckfesten Beton im Vergleich zu anderen Bauprojekten der Schieneninfrastruktur, was die Emissionen in der Berliner Studie im Falle der Betonfahrbahn um rund 3 Tonnen CO_{2eq} je Kilometer gegenüber anderen Projekten erhöht. Die Verwaltung zieht die Studie dennoch als Referenz heran, weil sie sehr detaillierte Berechnungen des CO₂-Rucksacks für straßenbahntypische Arbeiten wie Leitungsverlegung, Haltestellen oder Ausrüstung mit Fahrdrabt aufstellt. Um auf der sicheren Seite zu bleiben, werden die zu hohen Emissionen für extrem druckfesten Beton und hohe Stahlanteile nicht angepasst, der Einheitenfehler wird aber korrigiert. Mit dieser von den Autoren der Studie bestätigten Korrektur ergeben sich pro Kilometer Straßenbahn im Schotterbett keine wesentlichen Änderungen, für Gleise in Betonfahrbahn sinkt der Wert jedoch auf rund 11.000 Tonnen CO_{2eq}/km. Für die weiteren Berechnungen wird dieser Wert zu Grunde gelegt.

Zum Vergleich: Der CO_{2eq}-Rucksack von einem Kilometer Berliner Straßenbahn (zweigleisig im Betonbett) entspricht somit dem CO_{2eq}-Rucksack von 755 batterie-elektrischen Kompaktklasse-PKWs mit einer 50 kWh-Batterie.

Die Berliner Studie berücksichtigt nicht den Neubau von Brücken. Auf der Innenstadtstrecke sind rund 300 m Brückenbauten anzusetzen. In der Dissertation von Julia Sauer „Ökologische Betrachtungen zur Nachhaltigkeit von Tunnelbauwerken der Verkehrsinfrastruktur“⁵ wird für Brückenbauten in Beton ein Wert von einer Tonne CO₂ je m² Brückenfläche genannt. Bei einer Brückenbreite von 8 m ergeben sich für die Innenstadtstrecke 2.400 t CO₂ für diese Sonderbauten.

⁴ Studie abrufbar unter <https://klimabilanz-ubahn-tram.de/download/klimabilanz-ubahn-tram.pdf>

⁵ Dissertation abrufbar unter <https://mediatum.ub.tum.de/download/1295092/1295092.pdf>

2.3. Entwicklung der CO₂-Emissionen aus dem PKW-Verkehr

Das Umweltbundesamt veröffentlicht in regelmäßigen Abständen das auf wissenschaftlicher Basis erstellte Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA). Diese umfangreiche Datenbank zum Straßenverkehr stellt Emissionsfaktoren von Kraftfahrzeugen für die wichtigsten Luftschadstoffe und den Kraftstoffverbrauch zusammen. Die Faktoren werden dabei ohne die sogenannten Vorketten dargestellt, was z. B. zur Folge hat, dass elektrisch betriebene Fahrzeuge stets einen spezifischen Faktor von 0 Gramm CO₂ je Fahrzeugkilometer aufweisen. Zudem stellt das HBEFA Trendszenarien für den Zeitraum bis 2050 zur Verfügung. Im HBEFA wird die Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen je Fahrzeugkilometer (Fkm) in aggregierter Form (gewichtet über alle Emissionskategorien bzw. Kraftstoffarten) dabei wie folgt dargestellt:

Tabelle 4: CO₂-Emissionen je Fkm aus dem Treibstoffverbrauch von PKWs (ohne Vorketten)

Jahr	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
g CO ₂ /Fkm	194,4	186,8	181,9	172,1	156,8	139,9	123,2	107,5	92,4

Quelle: HBEFA 4.1

Wie Tabelle 4 zeigt, rechnen die Wissenschaft und das Umweltbundesamt damit, dass noch viele Jahrzehnte die Verbrennung von fossilen Brennstoffen im Motor unser Verkehrsgeschehen bei den PKWs dominieren wird. Daraus resultieren zudem weitere relevante Mengen an Schadstoffen wie Kohlenmonoxid, Stickoxide, Flüchtige Kohlenwasserstoffe und Feinstaub (PM). Die Studie „Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018)“ vom Heidelberger ifeu-Institut gehen für 2030 dagegen davon aus, dass von den insgesamt 53,3 Millionen PKW gerade einmal 8,5% Batterie-elektrische Fahrzeuge (BEV) sein werden. Für 2040 wird mit einem Anteil der BEV von 20 % gerechnet⁶.

Das Handbuch für Emissionsfaktoren basiert dabei auf dem TREMOD-System des ifeu. An TREMOD sind auch spezifische Verbräuche für Personenverkehre ablesbar. So weist TREMOD für das Bezugsjahr 2017 einen spezifischen Energiebedarf (inkl. Vorketten) für PKWs von 2,05 MJ/Pkm, für Linienbusse von 1,13 MJ/Pkm und für Straßen-/Stadt-/U-Bahnen von 0,91 MJ/Pkm aus. Das System der Straßen-/Stadt-/U-Bahnen ist also das energieeffizienteste Personentransportsystem in dieser Dreiergruppe. Der Transport einer Person in einem PKW benötigt aktuell im Schnitt also mehr als doppelt so viel Energie wie in einer Straßenbahn.

Für seine Modellierung zum Energieverbrauch für 2030 rechnet das ifeu mit 0,368 MJ/Pkm bei Straßen-/Stadt-/U-Bahnen (bei mittlerer Auslastung von 18 %) und für PKWs sind es 1,531 MJ/Pkm (bei 1,44 Personen pro PKW). Das ifeu geht also davon aus, dass 2030 der PKW im Vergleich zur Straßenbahn für den Transport einer Person im Schnitt einen fünffachen Energieaufwand benötigt.

⁶ Studie abrufbar unter: www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf

2.4. Daten und Entwicklung im regionalen PKW-Verkehr

Laut Landesstatistikamt verursachte 2017 der Verkehr (ohne Strom) im Landkreis Tübingen 392.000 Tonnen CO₂, wobei der PKW-Verkehr mit einer Jahresfahrleistung von 1.496,5 Mill. km einen Anteil von 89 % an der gesamten Fahrleistung des Straßenverkehrs hatte. In 2019 lag die PKW-Jahresfahrleistung im Kreis bei 1.501,9 Mill. km. Im Nachbarlandkreis Reutlingen waren es 2017 1.761,9 Mill. km an PKW-Jahresfahrleistung und 454.000 Tonnen CO₂ aus dem Verkehr. Lokale Ergänzung: Auf dem Gemeindegebiet Tübingen verursachte der Verkehr 2017 121.000 Tonnen CO₂ und die Fahrleistung der PKWs lag bei 473 Mio. km.

Für die Region um Tübingen herum besteht kein vollständiges Verkehrsmodell. Deshalb soll anhand der Studie „Mobilität 2030 Tübingen“ eine Abschätzung zum Verkehrsgeschehen im Ziel-Quell-Verkehr unternommen werden. Laut „Mobilität 2030“ lag die durchschnittliche Verkehrsleistung des Alltagsverkehrs (kein Freizeitverkehr, kein Durchgangsverkehr) aus der Region nach Tübingen bzw. von Tübingen in die Region bei 3.590.000 Pkm/Werktag, wobei davon 91% auf den MIV entfielen und jede fünfte Fahrt das Ziel oder die Quelle UKT hatte. Seit dieser Modellierung auf Basis des Jahres 2008 hat sich z. B. die Zahl der sozialversicherungspflichtigen Berufseinpender_innen um rund 37 % und der –auspendler_innen um 43 % erhöht. Für andere Mobilitätsbedarfe fehlen entsprechende Informationen. Wird die Steigerung bei den Pendler_innen als Maß für den Zuwachs insgesamt hochgerechnet, ergeben sich PKW-Fahrleistungen für den Ziel-Quell-Verkehr von 4.540.000 Pkm/Werktag aus dem MIV im Alltagsverkehr entsprechend rund 1,3 Milliarden Personenkilometer pro Jahr.

2.5. Entwicklung von Fahrgastzahlen bei Schienenverkehrsprojekten

Für neue Schienenverkehrsprojekte werden vor der Umsetzung i. d. R. Fahrgastzahlen prognostiziert. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass der Schienenpersonennahverkehr (SPNV) besser angenommen wird, als erwartet worden war. Erwartet wurde z. B. für die Ammertalbahn vor ihrer Reaktivierung eine Fahrgastzahl von täglich 700 Personen; tatsächlich waren es die letzten Jahre fast 9.000/Tag.

Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich auch bei Projekten rund um das „Karlsruher Modell“. Das bekannteste Beispiel ist die Strecke Karlsruhe-Bretten, bei der nach der Inbetriebnahme 1992 eine sofortige Zunahme der Fahrgäste um das Vierfache stattfand und die Fahrgastzahlen heute bei einem zehnfachen Wert der Fahrgastzahlen vor Einführung der Stadtbahn liegt. Ein weiterer Kennwert zu diesem erfolgreichen SPNV-Projekt ist, dass über 70 % der Fahrgäste Start und Ziel an der Strecke haben und nicht umsteigen müssen.

Zahlreiche Untersuchungen und wissenschaftliche Arbeiten gehen dabei davon aus, dass Personen, insbesondere Berufspendler_innen, bereit sind, für die Mobilität ein gewisses Zeitbudget bereitzustellen. Das Prinzip der Minimalisierung des Aufwandes wird deshalb nicht über die Streckenlänge, sondern über das Zeitbudget gesteuert. Somit kommen z. B. sowohl der Doppelnutzung von Zeit (z. B. Zeitungslernen und Arbeiten in der Bahn) als auch den Umstiegen (gefühlte Fahrzeitverlängerung allein durch die Umsteigtätigkeit ca. 8 Minuten) beim SPNV eine wichtige Rolle für die Verkehrsmittelwahl zu.

Der Attraktivitäts-Faktor des SPNVs ist wichtig für Annahmen zu Auslastungsgraden und den Umweltwirkungen. Die Verwaltung geht ebenso wie der Zweckverband Regionalstadtbahn Neckar-Alb davon aus, dass in der Realität im gesamten Netz deutlich höherer Fahrgastzahlen eintreten werden als in den Prognosemodellen. Diese berücksichtigen zum Beispiel künftige Entwicklungen des Mobilitätsverhaltens aufgrund des wachsenden Bewusst-

seins für den Klimaschutz in keiner Weise. Es handelt sich um konservative Abschätzungen zum Zweck der Berechnung des volkswirtschaftlichen Nutzens.

2.6. Daten aus der standardisierten Bewertung der RSB Neckar-Alb

Für die Bewilligung von Zuschüssen nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz ist eine standardisierte Bewertung erforderlich. Dieses sehr umfangreiche Rechenwerk muss den volkswirtschaftlichen Nutzen eines Nahverkehrsprojektes belegen, damit es Zuschüsse erhalten kann. Die standardisierte Bewertung der Regionalstadtbahn steht kurz vor dem Abschluss und wird im Zweckverband noch im Juli 2021 vorgestellt. Die Verwaltung hat für die Berechnung der CO₂-Bilanz wesentliche Parameter beim Zweckverband abgefragt.

Demnach stellt sich die Verkehrswirkung der Regionalstadtbahn als Gesamtnetz wie folgt dar: Bei den Personenkilometern werden täglich 615.000 Personenkilometer direkt von der Straße auf die Schiene verlagert. Im öffentlichen Verkehr werden täglich rund 37.700 zusätzliche Fahrgäste erwartet, davon sind ca. 31.000 von der Straße verlagert. Unterstellt ist bei dieser Berechnung, dass das Modul 1 mit dem 15-Minutentakt elektrischer Fahrzeuge auf der Ammertalbahn bereits in Betrieb ist, die Fahrgastgewinne aus diesem Zwischenschritt kommen also noch hinzu. Daraus errechnet sich eine jährliche Verlagerung von 185 Mio. Personenkilometer im Gesamtnetz Neckar-Alb (ein Werktag wird auf 300 Tage im Jahre hochgerechnet).

Die Innenstadtstrecke der RSB wird in der standardisierten Bewertung mit ihren Verlagerungseffekten nicht separat ausgewiesen. Sehr wohl aber die Fahrgastzahlen auf der Innenstadtstrecke. Diese liegen bei über 25.000 pro Tag, was einen Zuwachs von etwa 12.000 Fahrten täglich ergibt. Davon sind etwa 9.200 von der Straße verlagert. Es ergibt sich plausibel, dass rund 25% der Verlagerungsgewinne des Stadtbahnnetzes der RSB aus der Innenstadtstrecke Tübingen resultieren. Dies entspricht rund 50 Mio. Personenkilometer pro Jahr. Über die Linien der Innenstadtstrecke wird damit vom Zweckverband von einer durchschnittlichen Auslastung von 23 % ausgegangen. Daraus leitet sich ein Energieverbrauch von 0,07 kWh/Pkm bzw. 0,245 MJ/Pkm bei den Linien, die die Innenstadtstrecke berühren, ab. Diese Werte liegen unter den gemittelten Werten von TREMOD für das Bezugsjahr 2030.

In der Alternativenprüfung, die im Auftrag der Stadt durchgeführt wurde, ergeben sich deutlich niedrigere Werte für die Verlagerungseffekte. Nach Auskunft des Zweckverbandes ist die Ursache dafür im eingeschränkten Radius des Verkehrsmodells und einem mittlerweile überholten Stand zu sehen. Dies hat keinen Einfluss auf den Vergleich der Alternativen, sie werden im richtigen Verhältnis dargestellt. Die absoluten Werte ändern sich aber erheblich. So kommt die Alternativenprüfung nur auf eine Verlagerung von 23 Mio. Personenkilometer pro Jahr zur Stadtbahn-Innenstadtstrecke und lediglich zwischen 6 und 9 Mio. Personenkilometer bei den Alternativen Schnellbus oder Seilbahn.

Da es sich hierbei naturgemäß um Prognosen handelt, zeigt die Verwaltung im Folgenden auf, wie sich die Klimaschutzeffekte der Innenstadtstrecke je nach Ausmaß des Verlagerungseffektes auswirken wird. Deshalb wird beim Punkt Klimarelevanz ein Korridor zwischen 30 und 70 Mio. Personenkilometer pro Jahr gewählt.

2.7. Vergleichsprojekte im Straßenbau

Zur Einordnung der schwer greifbaren Rechengröße CO₂-Emissionen hat die Verwaltung zwei Straßenbauprojekte kursorisch betrachtet: Die PKW-Tiefgarage am ZOB und den Schindhaubasistunnel. Bei beiden Projekten sieht die Verwaltung im Betrieb keinen CO₂-Minderungseffekt. Für die PKW-Tiefgarage ist dies offensichtlich. Beim Schindhaubasistunnel ist davon auszugehen, dass die induzierten Verkehre (längere Reiseweiten, größere Fahrtanzahl) wegen der kürzeren Fahrzeit den Effekt der kürzeren Streckenführung in Tübingen mindestens kompensieren.

Für die PKW-Tiefgarage am Bahnhof ergeben sich aus den Ausschreibungsunterlagen Massen von 3.500 m³ Beton und 600 Tonnen Stahl entsprechend rund 2.000 Tonnen CO₂-Emissionen allein für das Baumaterial. Die Abschätzung der Gesamtemissionen ergibt einen Wert von mindestens 2.500 Tonnen CO₂ bis zur Fertigstellung.

Für den Schindhaubasistunnel ergeben sich bei der Übertragung der Daten der Dissertation von Julia Sauer Emissionen von 40 Tonnen CO₂ je laufender Meter. Bei einer Länge von geplant 2,3 km ergeben sich unter Einrechnung der aufwändigen Anschlussbauwerke (Knoten mit der B28!) über 100.000 Tonnen CO₂ für die Herstellung des Bauwerkes. Mit den korrigierten Faktoren der Berliner Studie würden sich sogar über 200.000 Tonnen CO₂ errechnen, da dort für Tunnelbauten höhere Stahlanteile im Stahlbeton angesetzt werden.

Da für die Emissionen des Tunnelbaus wesentlich die Produktion von Stahl und Zement verantwortlich sind, muss aus Sicht der Verwaltung die Frage gestellt werden, ob der Schindhaubasistunnel unter Klimaschutzgesichtspunkten zurückgestellt werden sollte. Beide Branchen arbeiten an drastisch CO₂-reduzierten Verfahren (CO₂-Abscheidung, Wasserstofftechnik), die aber erst in den 30er Jahren zum Einsatz kommen werden. Mit der aktuellen CO₂-Last wäre der Schindhaubasistunnel eine enorme Bürde für den Klimaschutz, die durch mehr Straßenverkehr zudem weiter anwächst. Somit dürfte der Tunnel im Jahr seiner Errichtung, wenn Tübingen erfolgreich das Klimaschutzprogramm 2020 – 2030 umsetzt, mehr CO₂-Emissionen verursachen als der Energiebedarf der Stadtgesellschaft Tübingen.

Noch dramatischer würde sich ein Bau des Schindhaubasistunnels ohne Innenstadtstrecke der Regionalstadtbahn auswirken. Dann würde der Straßenverkehr auf dem Weg nach Tübingen deutlich schneller, der Nahverkehr aber nicht. In der Folge müsste jedes Jahr des Betriebs mit deutlich höheren CO₂-Emissionen gerechnet werden, die durch den Bau des Tunnels verursacht werden.

3. Vorgehen der Verwaltung

Die Verwaltung bereitet den Bürgerentscheid für die Innenstadtstrecke der Regionalstadtbahn vor und trägt alle dafür notwendigen Informationen zusammen.

4. Lösungsvarianten

-

5. Klimarelevanz

Für die 8,6 Kilometer lange Innenstadtstrecke der Regionalstadtbahn werden 2,5 Kilometer als Gleis im Betonbett und 6,1 Kilometer als Gleis im Rasenbett ausgeführt. Zudem werden

für die Innenstadtstrecke mehrere Brückenbauwerke mit einer Gesamtlänge von rund 300 Metern errichtet werden. Abgeleitet aus der Berliner Studie ergeben sich hierfür rund 71.000 Tonnen CO₂-Emissionen im Bau. Für die Brückenbauwerke sind weitere 2.400 Tonnen CO₂-Emissionen zu addieren. Hieraus ergeben sich aufgerundet 75.000 Tonnen CO₂-Emissionen bis zur Fertigstellung der Strecke (entspricht rund 3/5 der aktuellen CO₂-Jahresemissionen aus dem Verkehr in Tübingen). Darin umfasst ist die gesamte Errichtung der Strecke von den Leitungsverlegungen über den Aufwand für die Herstellung von Stahl und Beton bis hin zum Einbau der Gleise und der Signaltechnik und der Ausrüstung der Haltestellen. Der von der Verwaltung ermittelte Wert liegt damit deutlich höher als der von der BI gleisfrei errechnete Wert von „mindestens 30.000 Tonnen“.

Für die Verdrängung des MIV durch die Innenstadtstrecke lassen sich nach dem derzeitigen Kenntnisstand nur Bandbreiten abschätzen. Für eine Abschätzung der Größenordnung wird für den Betrieb (Nutzung und Energiebereitstellung) unterstellt, dass die Verdrängung mit spezifischen IST-Werten aus 2017 erfolgt (neuere Datensätze für alle Parameter liegen nicht vor).

Tabelle 5: CO_{2eq}- und Umweltkosten-Minderungspotenziale der Innenstadtstrecke (Nutzung, Energie- und Fahrzeugbereitstellung / ohne Fläche, Infrastruktur und Lärm)

Verlagerung MIV→SPNV (Pkm)	30 Mio.	40 Mio.	50 Mio.	60 Mio.	70 Mio.
Reduktion t CO _{2eq} /a	3.759	5.012	6.265	7.517	8.770
Entspricht % der Verkehrsemissionen in Tübingen	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2
Reduktion Umweltkosten Mio. €/a	107	143	179	215	250
Reduktion Energieverbrauch kWh/a	9.500.000	12.666.667	15.833.333	19.000.000	22.166.667

Fazit: Nach 8 bis 19 Jahren hätte sich der Bau der Innenstadtstrecke mit 2017-Kennwerten in Bezug auf die Treibhausgas-Emissionen amortisiert. Zudem würden dadurch Umweltkosten zwischen 107 und 250 Millionen Euro und Energieverbräuche zwischen 9,5 und 22,2 Millionen Kilowattstunden eingespart werden.

Aus der Modellierung mit TREMOD 6.16 liegen der Verwaltung auch spezifische Faktoren CO_{2eq}/Pkm für eine Prognose die Jahre 2030 und 2040 für die Energiebereitstellung und Nutzung bei PKWs und Straßenbahnen vor. Setzt man für die Fahrzeugbereitstellung die Werte aus 2017 (Tabelle 1) und für den Bau der Strecke die vorgenannten Werte ein, ergeben sich folgende Reduktionen für 2030:

Tabelle 6: CO_{2eq}-Minderungspotenziale der Innenstadtstrecke (Nutzung, Energie- und Fahrzeugbereitstellung / ohne Fläche und Infrastruktur und Lärm)

Verlagerung MIV→SPNV (Pkm)	30 Mio.	40 Mio.	50 Mio.	60 Mio.	70 Mio.
Reduktion t CO _{2eq} /a	3.592	4.789	5.987	7.184	8.,381

Fazit: Nach 9 bis 20 Jahren hätte sich der Bau der Innenstadtstrecke in Bezug auf die Treibhausgas-Emissionen mit den Werten für 2030 amortisiert (ohne Berücksichtigung von THG-Minderungsmaßnahmen am Bau der Innenstadtstrecke).

TREMODO und somit die oben genannten Rechnungen, haben den Bundesstrom-Mix als Grundlage. Wird die Regionalstadtbahn mit 100 % erneuerbarem Strom betrieben erfolgt die Treibhausgas-Amortisation schneller.

Der Vergleich mit Tübinger Straßenbauprojekten belegt ebenfalls eindrucksvoll die Klimaschutzwirkung der Innenstadtstrecke der Regionalstadtbahn. Während die Emissionen für den Bau der Innenstadtstrecke der Stadtbahn in 8 - 20 Jahren wieder eingespart werden können, bleiben die Emissionen für den Bau der PKW-Tiefgarage am Bahnhof dauerhaft zusätzlich in der Atmosphäre.

Die Bauemissionen der Innenstadtstrecke der Stadtbahn liegen mit 75.000 Tonnen deutlich niedriger als die des Schindhaubasistunnels, für den mindestens 100.000 Tonnen CO₂-Bauemissionen anzusetzen sind.

Die Bauemissionen der PKW-Tiefgarage am Bahnhof entsprechen einer Stadtbahnstrecke von rund einem halben Kilometer. Während in der PKW-Tiefgarage auch bei hohem Umschlag nicht mehr als 350 Nutzer pro Tag zu erwarten sind, würde der erste Kilometer Stadtbahnstrecke vom Bahnhof bis zum Lustnauer Tor täglich von 25.000 Fahrgästen genutzt.