

24. Verkehrswissenschaftliche Tage 2014

– Brennpunkt Verkehrsinfrastrukturen –

Integrierte Bewertung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen

**Dipl. Wi.-Ing. (FH) Anja Bussmann, Dipl. Wirtsch.-Ing. (FH) Benedikt Scheier,
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Florian Brinkmann, Dipl.-Ing.-Inf. Thomas Böhm,
Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Verkehrssystemtechnik,
Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig
anja.bussmann@dlr.de

1. Einleitung und Motivation

Trotz der vielfältigen Wirkungen von Infrastrukturmaßnahmen auf Mensch, Natur und Volkswirtschaft werden als Entscheidungsgrundlage für die Priorisierung von Infrastrukturprojekten hauptsächlich Bewertungsverfahren herangezogen, die auf monetären Größen basieren. Obwohl mit den dadurch erreichten Nutzen-Kosten-Faktoren leicht verständliche, vergleichbare Aussagen über die Effizienz solcher Maßnahmen getroffen werden können, wird dies oft nicht der Komplexität des Sachverhaltes gerecht. Weder werden die Trade-offs zwischen den Vor- und Nachteilen einer Alternative deutlich, noch werden die, zum Teil auch konfliktären Interessen der Stakeholder dargestellt. Zudem entstehen vermeidbare Quellen für Intransparenzen und Ungenauigkeiten dadurch, dass Monetarisierungsfaktoren zur Überführung der in unterschiedlichen Dimensionen auftretenden Maßnahmenwirkungen in Geldeinheiten eingesetzt werden.

Aus Sicht des Institutes für Verkehrssystemtechnik fehlt ein formelles Bewertungsverfahren, welches, auch in frühen Planungsphasen, transparent und verständlich die Wirkungen von Schieneninfrastrukturmaßnahmen auf alle Interessengruppen abbildet. Gegebenenfalls sollen auch bereits vor der Fertigstellung von Expertengutachten Informationen zielgruppengerecht aufbereitet werden.

Es wird daher ein Bewertungsverfahren entwickelt, das frühzeitig bei der Auswahl unter verschiedenen Alternativen von Schieneninfrastrukturmaßnahmen eine Entscheidungs- und Diskussionsgrundlage für alle beteiligten Interessengruppen liefert. Bewusst soll hier keine weitere Einschränkung des Einsatzgebietes getroffen werden, um die objektive Erforschung der Wirkungsketten von Schieneninfrastrukturmaßnahmen zu ermöglichen. Damit kann sich die Betrachtung aus dem Blickwinkel bestehender Verfahren und Prozesse lösen und muss keinem Standpunkt oder Interesse eines späteren Anwenders genügen.

Das Verfahren soll verschiedene Randbedingungen abbilden können und, je nach Abstraktionsgrad der Bewertung, mit Inhalten beliebiger Tiefe ergänzt werden. Dabei soll vor allem die Komplexität des Sachverhaltes transparent dargestellt werden, um die Wirkzusammenhänge möglichst genau und verursachungsgerecht darzustellen. Der Unterschied zu bisherigen Stakeholder-basierten Ansätzen besteht in der transparenten Darstellung der Stakeholder-Interessen. So ist gewährleistet, dass für jeden Stakeholder die Auswirkungen der Maßnahme bewertbar sind. Im Gegensatz dazu haben vergleichbare bestehende Verfahren vorrangig die Risikominimierung bei der Projektdurchführung durch Klassifizierung der Interessengruppen nach ihrer Einflussstärke zum Ziel [1].

2. Verfahren zur integrierten Bewertung

Unter einer integrierten Bewertung verstehen wir eine alle Interessengruppen berücksichtigende Abwägung sozialer, ökologischer und ökonomischer Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus einer Maßnahme. Dazu müssen unterschiedlich dimensionierte und skalierte Werte gegenübergestellt werden. Bewertet werden sollen Schieneninfrastrukturmaßnahmen; zum Beispiel der zweigleisige Ausbau einer Strecke und die daraus entstehenden betrieblichen Veränderungen. Ein Einsatz des Verfahrens zur Bewertung rein betrieblicher, fahrzeugseitiger oder verkehrspolitischer Maßnahmen ist jedoch auch denkbar. Abbildung 1 verbildlicht die Fragestellungen des integrierten Ansatzes, welche im Folgenden erläutert werden.

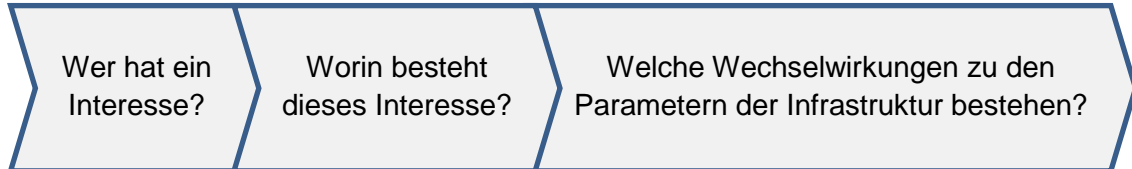


Abbildung 1: Fragestellungen der integrierten Bewertung

2.1 Wer hat ein Interesse?

Ein Interesse besteht immer dann, wenn die Maßnahme Einfluss – entweder positiv oder negativ – auf Menschen oder marktwirtschaftliche / natürliche Systeme nimmt. Wenn dies der Fall ist, wird dieses System bzw. der Mensch ein Stakeholder dieser Maßnahme. Für den allgemein angenommenen Fall einer Schieneninfrastrukturmaßnahme wurden eine Reihe denkbarer Stakeholder identifiziert:

- Eisenbahninfrastrukturunternehmen
- Unternehmen [Verlader / regionale Wirtschaft]
- Eisenbahnverkehrsunternehmen
- Staat [Bund / Land / Kommune]
- Mensch [Steuerzahler / Eigentümer / Anlieger / Mensch regional / Mensch global]
- Natur [lokal / regional / global]
- Mobilitätsnachfrager

Bei einigen Interessengruppen wurde eine Unterteilung vorgenommen; beispielsweise sollten Wirkungen auf die Natur räumlich aufgliedert werden, um der Verschiedenheit der Effekte (etwa lokale Emissionen im Gegensatz zu globalen Klimawirkungen) gerecht zu werden. Je nach Anwendungsfall können die Stakeholder ergänzt, reduziert oder ersetzt werden.

Die Zuordnung der Wirkungen von Maßnahmen zu den verschiedenen Stakeholdern erlaubt zum einen, die Ausmaße zielgruppengerecht zu werten. Zum anderen kann die Akzeptanz solcher Maßnahmen erhöht werden, indem die Anliegen und Interessen der Zielgruppen individuell fokussiert und damit ernstgenommen werden.

2.2 Worin besteht dieses Interesse?

Das Interesse steht in direkter Abhängigkeit zu den Wirkungen der Maßnahme. Die Größe der Wirkung wird mit Hilfe der so genannten „Values“ der Stakeholder abgebildet. Diese Values können materielle (z.B. Vermögen) oder immaterielle Werte (z.B. Lebensqualität) sein. Einem Stakeholder können verschiedene Values zugeordnet sein. Ebenso kann ein Value verschiedene Stakeholder betreffen, jedoch mit individueller Gewichtung. Beispielsweise wird ein bestimmter Vermögenswert, gemessen in Geldeinheiten, von Wirtschaftsunternehmen anders gewertet als von Privathaushalten (bspw. Anliegern).

Analog zu den Stakeholdern selbst kann auch die Art und Anzahl der Values in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen veränderlich sein. Die den oben genannten Stakeholdern zuordenbaren Values sind beispielsweise die Folgenden:

- Gesundheit
- Lebensqualität
- Vermögen
- Mobilität
- Funktionsfähigkeit der Ökosysteme
- natürliche Ressourcen
- Zeit

Einige dieser Values, wie etwa Gesundheit und Lebensqualität, sind schwer zu messen und zu vergleichen. Hier erzeugt zunächst allein eine qualitative Aussage über die Vermehrung oder Verminderung einen Mehrwert. Aus den Maßeigenschaften selbst (bspw. der räumlichen Entfernung einer Emissionsquelle zum Anlieger) lassen sich quantifizierbare Informationen über die Stärke der Wirkung auf die Values gewinnen.

2.3 Welche Wechselwirkungen zu den Parametern der Infrastruktur bestehen?

Ausgehend davon, wie die Values der Stakeholder durch die Wirkungen der Maßnahme berührt werden, werden Kriterien formuliert. Voraussetzung ist, dass deren Wirkungen als direkt im Wirkzusammenhang und ausreichend messbar eingeschätzt werden. Die Kriterien beschreiben den Zusammenhang zwischen Infrastrukturparametern und den Values der Stakeholder. Abbildung 2 zeigt am Beispiel des Kriteriums Flächenverbrauch, welche Zusammenhänge zu den Values der Stakeholder bestehen.

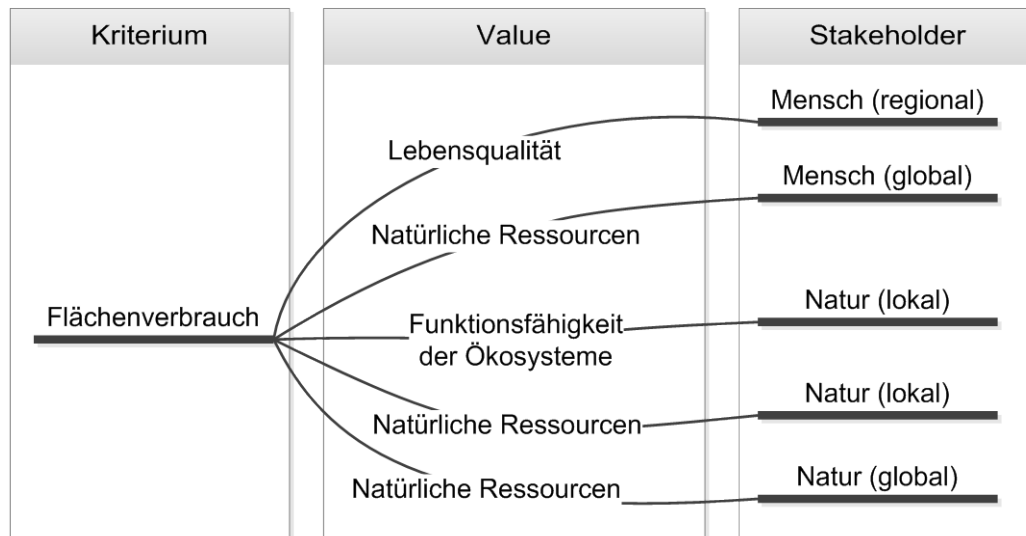


Abbildung 2: Wirkungsfeld der Kriterien

Die Bewertungskriterien zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Ausprägungen aus den Parametern der Maßnahme und ihrem Umfeld abgeleitet werden können. Im Falle des Flächenverbrauches einer Eisenbahninfrastrukturmaßnahme sind dies neben Streckenlänge und –breite beispielsweise die Art bzw. Wertigkeit der verbrauchten Fläche.

2.4 Bewertungsmodell

Eine Maßnahmenbewertung geschieht, indem ein Zustand ohne Maßnahme (hier: Nullfall) einem Zustand mit angenommener Maßnahmendurchführung (hier: Planfall) gegenübergestellt wird [2]. Wichtig ist, dass beide vom gleichen Zeit- und Betrachtungsraum ausgehen.

Ausgehend von der Maßnahme, welche zu einer Änderung der Parameter des Nullfalls führt, kommt es zu einer Änderung der Kriterienausprägungen. Diese wiederum sind mit den Values der Stakeholder verknüpft, so dass im Endeffekt eine Differenz der Values festgestellt werden kann. Um die Wirkungen einer Schieneninfrastrukturmaßnahme bewerten zu können, wird die Differenz der Value-Werte des Nullfalls und den entsprechend geänderten Werten des Planfalls gebildet. Indem ein Planfall seinem Nullfall gegenübergestellt wird, kann so eine Aussage über die Vor- und Nachteile aus Sicht verschiedener Interessengruppen zur Durchführung einer Maßnahme getroffen

werden. Durch Gegenüberstellung mehrerer Nullfall-Planfall-Differenzen lassen sich die Alternativen priorisieren. Denkbar ist auch die Gegenüberstellung zweier Planfälle, solange der Betrachtungsraum groß genug gewählt wird um beide Maßnahmen räumlich und zeitlich abzudecken. Eine Bewertung findet nun aus Sicht jedes einzelnen Stakeholders statt. Abbildung 3 zeigt die Zusammenhänge.

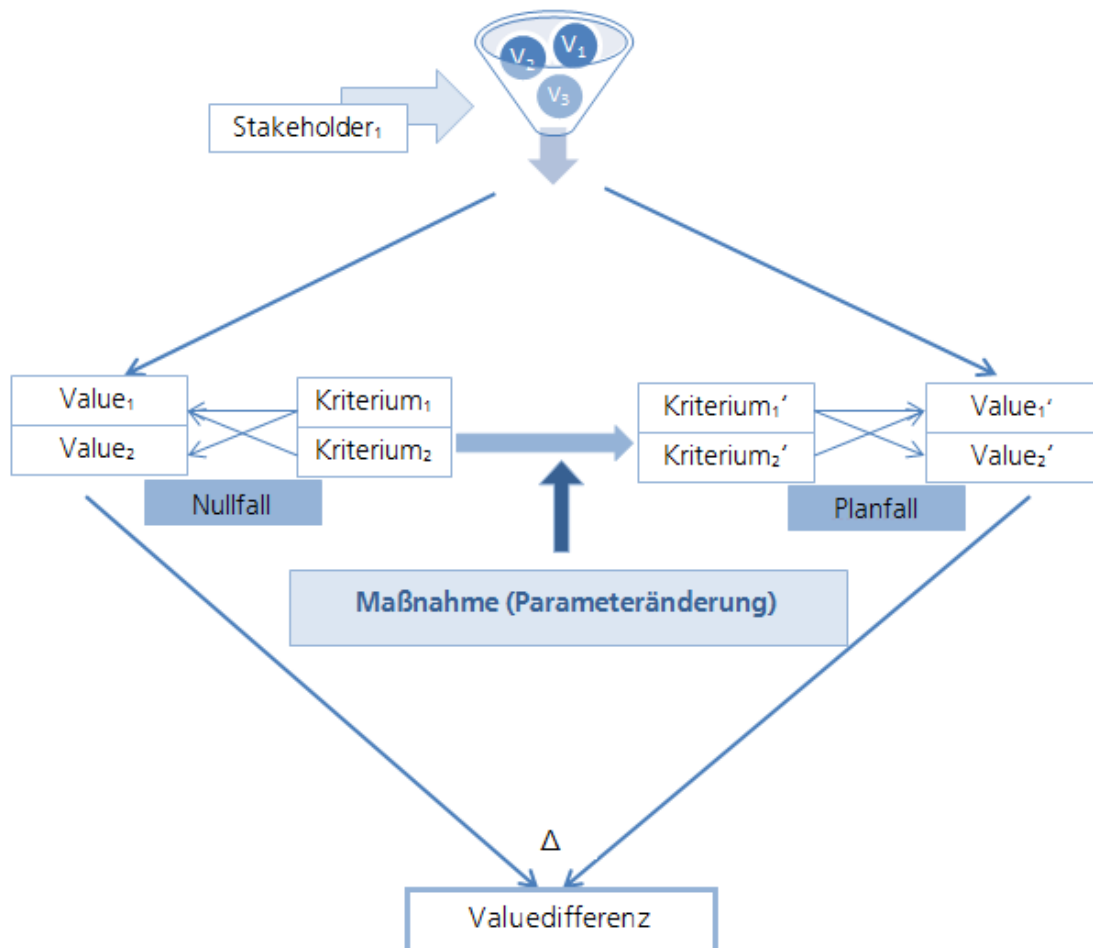


Abbildung 3: Modell integrierte Bewertung

Über die Gesamtheit aller Stakeholder können somit die gesellschaftlichen, volkswirtschaftlichen und umweltrelevanten Auswirkungen einer Schieneninfrastrukturmaßnahme dargestellt werden.

3. Umsetzung als Bewertungswerkzeug

Wichtig für die Handhabbarkeit und Ausführbarkeit des Verfahrens ist die Wahl der softwaretechnischen Umsetzung. Ein stark vereinfachtes Beispiel wurde probeweise mit AnyLogic[®], einer Software zur Darstellung systemdynamischer Zusammenhänge, umgesetzt. Abbildung 4 zeigt, dass die Visualisierung der Wirkungskette noch nicht optimal umgesetzt werden konnte. Auf der linken Seite sind als Eingangswerte die Parameter der Maßnahme abgebildet. Mittels der Schieberegler können diese flexibel verändert werden, um die Auswirkung auf die Values der Stakeholder betrachten zu können (rechte Seite).

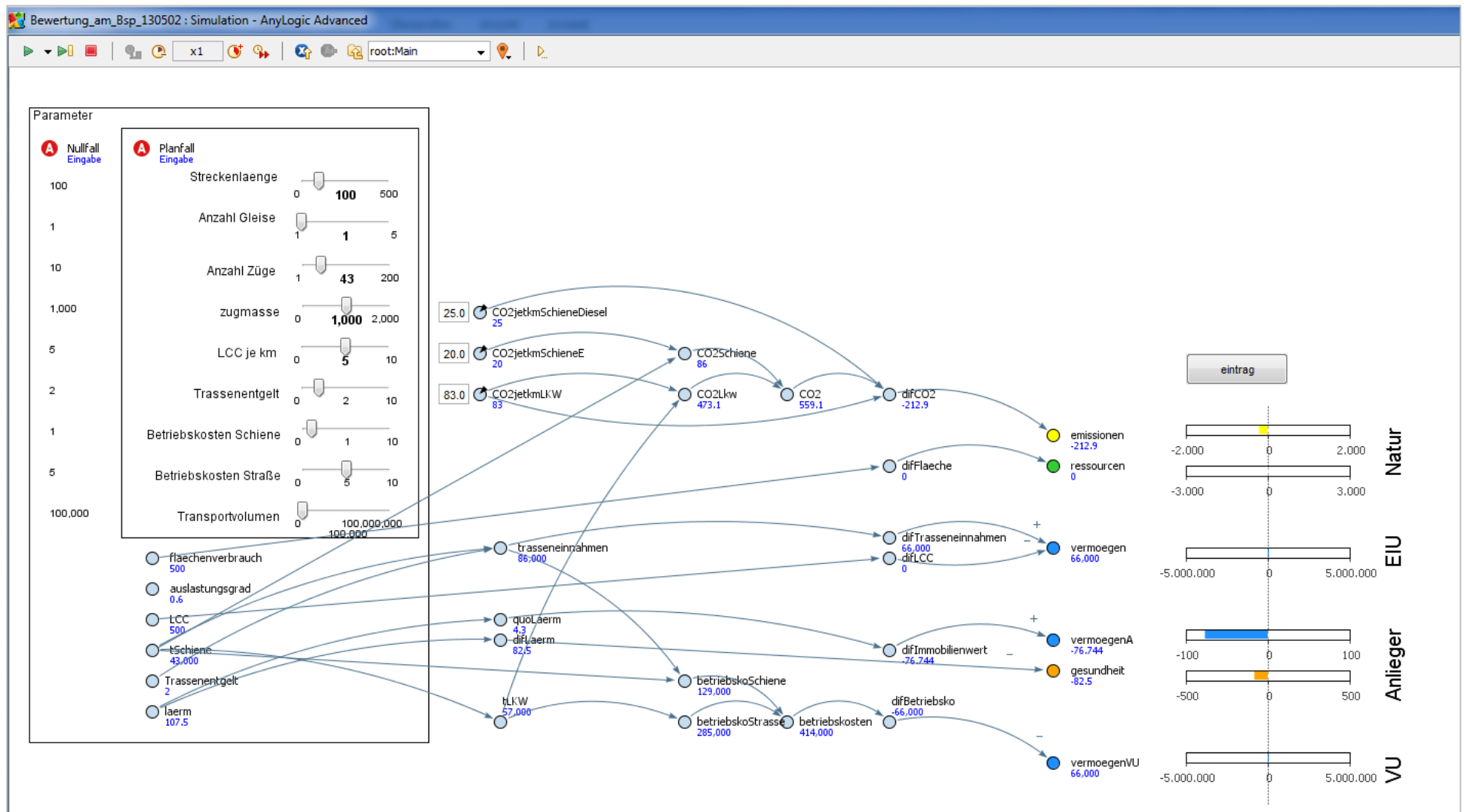


Abbildung 4: beispielhafte Umsetzung als Bewertungswerkzeug

Da eine Vereinfachung der Zusammenhänge angesichts der Komplexität des Verfahrens nicht vorgesehen ist, soll die Darstellung nutzerfreundlicher gestaltet werden.

Die wichtigsten Anforderungen an eine Umsetzung als Bewertungswerkzeug sind:

- transparente Darstellung der Wirkungsketten von den Maßnahmenparametern über die Kriterien bis hin zu den Values der Stakeholder
- Möglichkeiten zur schnellen Veränderung einzelner Eingangsparameter und Vergleich der Maßnahmenwirkungen (z.B. für Sensitivitätsanalysen)
- Ansicht verschiedener Ebenen und/oder Detaillierungstiefen (z.B. einzelner Stakeholder oder Kriterien in beliebiger Detailtiefe)
- Darstellung sowohl quantitativer als auch qualitativer Zusammenhänge

4. Definition der Betrachtungstiefe

Einer der Hauptverursacher von Unschärfen und Intransparenzen bei der Bewertung ist die beliebig große Betrachtungstiefe der Maßeigenschaft. Deutlich gemacht werden kann dies am Beispiel der Traktionsenergie:

Bei dieselbetriebenen Zügen treten streckenseitige Emissionen durch die Verbrennung des Kraftstoffes auf. Dagegen entstehen bei einer elektrischen Energieversorgung der Züge nur vernachlässigbar geringe streckenseitige Emissionen. Kann die Betrachtungstiefe nicht hinreichend genau definiert werden, entsteht hier eine Diskrepanz, da die durch die Stromerzeugung emittierten Schadstoffe auch in die Betrachtung aufgenommen werden müssen. Im Gegenzug kann auch der Lebenszyklus des Dieselkraftstoffes bis zur Raffinerie und darüber hinaus bis zur Rohölförderung zurückverfolgt werden („well-to-wheel-approach“).

Die Definition der jeweiligen Betrachtungstiefe bestimmter Parameter ist eine wichtige Randbedingung einer Bewertung. Zum einen nimmt die Zuordenbarkeit im Sinne des Ursache-Wirkung-Zusammenhangs zur Schieneninfrastruktur mit zunehmender Einbeziehung des Lebenszyklus eines Eingangsproduktes ab. Zum anderen kann eine rein betriebsorientierte Betrachtung zu Unstimmigkeiten führen, wie am Beispiel der Traktionsenergie gezeigt. Daher ist eine flexible Definition der Grenzen notwendig. Zudem kann damit im speziellen Fall auf in unterschiedlicher Detailtiefe vorliegende Inputdaten reagiert werden.

Zu diesem Zweck wird ein System aus der Betriebswirtschaftslehre angewendet. Abbildung 5 verbildlicht das System der produktiven Faktoren nach Gutenberg [3], nach dem jede Leistungserstellung in produktive Faktoren der Form Betriebsmittel, menschlicher Arbeit, und, im Falle einer Produktion, Werkstoffe, aufgliedert werden kann.

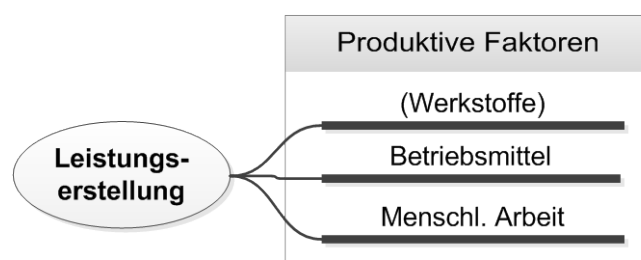


Abbildung 5: System der produktiven Faktoren, eigene Darstellung nach [3]

In Anlehnung an dieses System wird die Zugfahrt als Transportleistung in beliebiger Tiefe in weitere Dienstleistungen und Produkte zerlegt. Die für Traktion und Betrieb von Infrastrukturelementen eingesetzte Energie wird im Folgenden als eigener produktiver Faktor betrachtet, der für die jeweiligen Leistungserstellungen umgesetzt wird.

Im Folgenden soll ausschnittsweise gezeigt werden, wie die Bewertungstiefe einer Maßnahme nach diesem Prinzip auf unterschiedliche Anwendungsfälle angepasst werden kann. Die Transportleistung kann zunächst in die Leistungen Zugbetrieb und Infrastrukturbetrieb zerlegt werden. Diese werden nun wiederum auf ihre produktiven Faktoren hin untersucht. Zu beiden können menschliche Arbeit (Triebfahrzeugführer bzw. Disponenten) sowie Betriebsmittel wie unter anderem Fahrzeuge bzw. Infrastrukturelemente zugeordnet werden. In Abbildung 6 sind die Bewertungsebenen einer beispielhaften Infrastrukturmaßnahme dargestellt. Angenommen wird im Nullfall eine eingleisige, mit Dieseltraktion betriebene Strecke. Exemplarisch sind in der Abbildung Bewertungskriterien in ovalen Beschriftungsfeldern zugeordnet. Für beide Planfälle geltende Kriterienzuordnungen sind weiß hinterlegt. So bestimmt die verbrauchte Traktionsenergie die Energiekosten, und ergibt sich der Flächenverbrauch unter anderem aus der Gleisfläche. Im Planfall 1 wird die betrachtete Strecke zweigleisig ausgebaut. Das heißt für den kompletten Infrastrukturbetrieb fallen andere Kosten an sowie veränderte Emissionen in Abhängigkeit der verbrauchten Traktionsenergie. Im Planfall 2 hingegen, wird eine Elektrifizierung der (eingleisigen) Strecke in Betracht gezogen. Hier müssen die Emissionen auf Ebene des Kraftwerkes, welches den Traktionsstrom liefert, betrachtet werden. Ebenso variieren die Infrastruktur-Investitionen, was speziell die Infrastruktur zur Energieversorgung betrifft (in diesem Fall Oberleitungen und ggfs. Unterwerke).

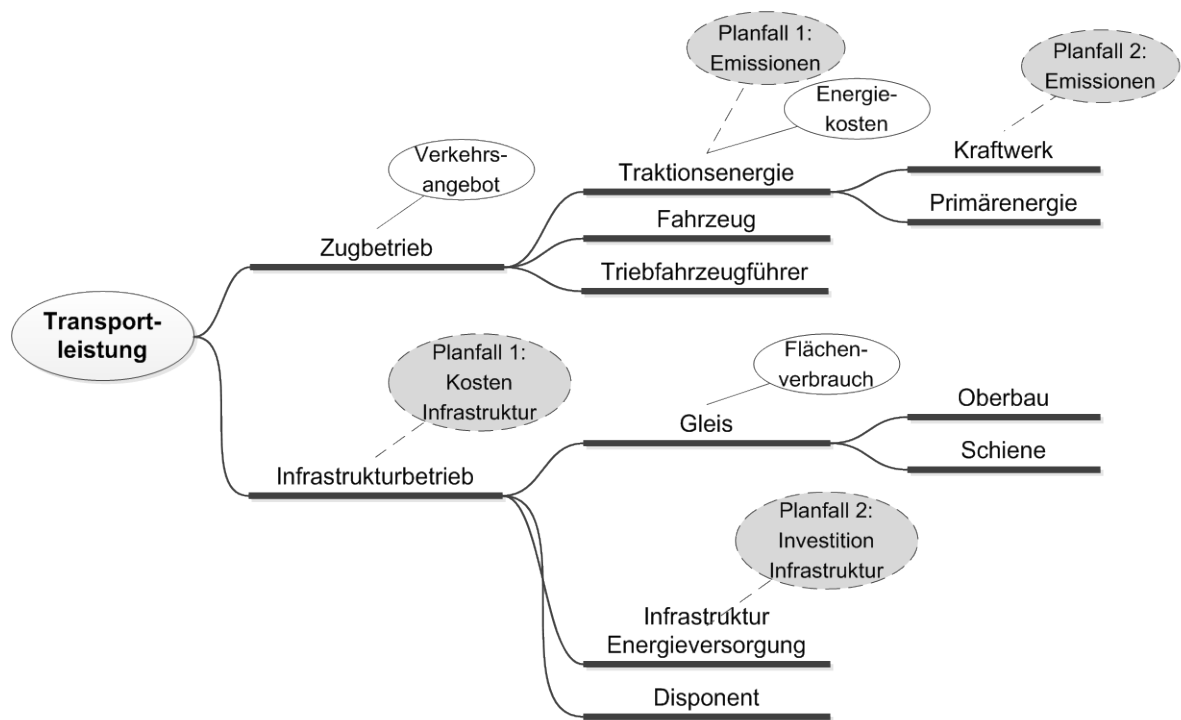


Abbildung 6: Anwendung des Produktionsfaktorenmodells, Beispielausschnitt

Indem das Endprodukt Zugfahrt mit diesem Verfahren beliebig tief in seine Bestandteile zerlegt werden kann, kann die Betrachtungstiefe hinsichtlich Verfügbarkeit, Zuordenbarkeit der Daten und gewünschter Genauigkeit der Endergebnisse optimiert werden.

5. Fazit

Mit Blick auf das wachsende Umweltbewusstsein der Bevölkerung, dem Wunsch nach mehr Bürgerdialog, schärferen Schallimmissionsbeschränkungen und knapperen Ressourcen gewinnen Entscheidungskriterien an Relevanz und bisweilen auch an Brisanz, die bisher monetarisiert wurden. Durch die Monetarisierung und vor allem durch die Bewertung aus nur einem Blickwinkel werden bestehende Bewertungsverfahren häufig als einseitig und undurchsichtig kritisiert. Das beschriebene Verfahren bildet daher die Wirkung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen systematisch, transparent und unter Einbeziehung aller bekannten Stakeholderinteressen ab. Dazu werden die komplexen Zusammenhänge modelliert, die zwischen den verschiedenen Stakeholdern bzw. ihren Interessen und den Eigenschaften einer Maßnahme bestehen, z.B. bei einem zweigleisigen Ausbau. Diese Modellierung umfasst auch die Darstellung der Zusammenhänge entlang der Wirkungskette zwischen Maßnahmeigenschaften und Stakeholderinteressen. Das in der Betriebswirtschaftslehre etablierte Konzept der Produktionsfaktoren wurde in die Bewertung integriert. Auf diese Weise wird auch die Betrachtungstiefe bei der Bewertung auf ein systematisches, aber einfaches Fundament gestellt. Auch wenn die graphische Darstellung der Wirkzusammenhänge noch nicht zufriedenstellend gelöst wurde und die Details des Verfahrens weiter vertieft werden, ist ein Werkzeug entstanden, das verschiedene Sichtweisen vereint und transparent ist. Es stellt dadurch eine Alternative zu gängigen Verfahren dar, gerade für Kriterien, deren Monetarisierung unangemessen ist. Das hier beschriebene Verfahren zur integrierten Bewertung bietet sich besonders an, wenn schon bei der Maßnahmenplanung die Berücksichtigung aller Stakeholder wichtig ist.

6. Ausblick

Die nächsten Schritte umfassen zum einen die Wahl einer geeigneten digitalen Darstellungsform des Bewertungswerkzeuges. Zum anderen sollen weiterhin die inhaltlichen Zusammenhänge der gesellschaftlichen, volkswirtschaftlichen und umweltrelevanten Auswirkungen von Schieneninfrastrukturmaßnahmen im Detail erforscht werden, um die Wirkungsketten detailliert abbilden zu können und eine Skalierung der Values zu ermöglichen. Auch die Integration von existierenden Teilmodellen zu den Systemzusammenhängen im Schienenverkehr ist denkbar.

Zudem soll das Potential des Verfahrens, die ökologische und soziale Nachhaltigkeit einer Schieneninfrastrukturmaßnahme zu bewerten und mit den finanziellen Aspekten in Bezug zu setzen, genauer betrachtet und umgesetzt werden.

7. Literatur

- [1] Wadenpohl, F. (2010): *Stakeholder Management bei grossen Verkehrsinfrastrukturprojekten*, Dissertation, ETH Zürich
- [2] FGSV (2010): *Hinweise zu den Einsatzbereichen von Verfahren zur Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung*, Köln, FGSV-Verlag
- [3] Gutenberg, E. (1969): *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre; Erster Band: Die Produktion*, 16. Auflage, Berlin, Springer Verlag