

Politikberatung kompakt

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

2026

Herleitung und Darstellung der
Entwicklung einer Sanierungslücke in Bezug auf
die öffentliche Infrastruktur in Deutschland –
Fokus Infrastruktur in Verantwortung des Bundes

Teresa Schildmann, Laura Pagenhardt und Hannah Seidl

IMPRESSUM

DIW Berlin, 2026

DIW Berlin
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
Anton-Wilhelm-Amo-Straße 58
10117 Berlin
Tel. +49 (30) 897 89-0
Fax +49 (30) 897 89-200
www.diw.de

ISBN 978-3-911978-07-1
ISSN 1614-6921

Alle Rechte vorbehalten.
Abdruck oder vergleichbare
Verwendung von Arbeiten
des DIW Berlin ist auch in
Auszügen nur mit vorheriger
schriftlicher Genehmigung
gestattet.

DIW Berlin: Politikberatung kompakt 216

Teresa Schildmann*

Laura Pagenhardt**

Hannah Seidl***

Herleitung und Darstellung der Entwicklung einer Sanierungslücke in Bezug auf die öffentliche Infrastruktur in Deutschland – Fokus Infrastruktur in Verantwortung des Bundes

Kurzexpertise im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen

Berlin, 2. Juli 2026

* DIW Berlin, Abteilung Makroökonomie tschildmann@diw.de

** DIW Berlin, Abteilung Makroökonomie lpagenhardt@diw.de

*** DIW Berlin, Abteilung Makroökonomie hseidl@diw.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Modelltheoretischer Ansatz	2
3	Zusammenhang zwischen angewandter Methodik und modelltheoretischem Ansatz	14
4	Vorliegende Abschätzungen der Investitionsbedarfe	18
4.1	Schiene	19
4.2	Fernstraßen	27
4.3	Bundeswasserstraßen	32
4.4	Weitere Bereiche §4 SVIKG	35
4.4.1	Krankenhausinfrastruktur	35
4.4.2	Energieinfrastruktur	38
4.4.3	Digitalisierung	42
4.4.4	Bauen und Wohnen	44
4.5	Synthese	45
5	Monitoring-Ansätze	47
6	Zusammenfassung und Empfehlungen	53
	Literatur	57
A	Modellherleitungen	63
A.1	Herleitung optimaler Kapitalstock K_g^*/Y	63
A.2	Endogene Wartung: gekoppelte Optimalitätsbedingungen	63
A.3	Time-to-Build: Steady State und Übergangspfad	65

Tabellenverzeichnis

1	Schiene: Studienübersicht	22
2	Schiene: harmonisierter jährlicher Investitionsbedarf (2025-2030)	26
3	Fernstraßen: Studienübersicht	28
4	Fernstraßen: nominaler harmonisierter Investitionsbedarf (2025-2030)	31
5	Fernstraßen: harmonisierter jährlicher Investitionsbedarf (2025-2030)	32
6	Wasserstraßen: Studienübersicht	33
7	Krankenhäuser: Studienübersicht	38
8	Energieinfrastruktur: Studienübersicht	41
9	Digitalisierung: Studienübersicht	44

Abbildungsverzeichnis

1	Schematische Darstellung des Zustandsverlaufs eines Infrastrukturabschnitts .	17
2	Anlagevermögen des Bundes - Bauten	51

1 Einführung

Die schnelle und wirksame Umsetzung der Investitionen aus dem Sondervermögen Infrastruktur und Klimaneutralität (SVIK) gehört derzeit zu den zentralen finanz- und wirtschaftspolitischen Prioritäten der Bundesregierung. Vor diesem Hintergrund hat der Haushaltsausschuss des Deutschen Bundestages die Bundesregierung beauftragt, ein Monitoring-Konzept zur Beobachtung der Investitionstätigkeit und der Entwicklung einer sogenannten „Sanierungslücke“ der öffentlichen Infrastruktur zu entwickeln.

Die vorliegende Kurzexpertise greift diese Fragestellung auf und entwickelt einen konzeptionellen Rahmen zur Definition, Einordnung und empirischen Annäherung an eine Sanierungslücke für die öffentliche Infrastruktur in Deutschland mit besonderem Fokus auf die Verkehrsinfrastruktur des Bundes. Die Herausforderung besteht darin, dass weder die amtliche Statistik noch die bestehende Literatur bislang eine einheitliche, bereichsübergreifende und empirisch unmittelbar beobachtbare Definition der Sanierungslücke bereitstellen.

Vor diesem Hintergrund verfolgt die Analyse drei miteinander verknüpfte Stufen: Erstens wird ein modelltheoretischer Rahmen entwickelt, der die Sanierungslücke als Differenz zwischen einem vollständig funktionsfähigen (sogenannter „sanierter“ Kapitalstock) und einem effektiven öffentlichen Kapitalstock beschreibt. Zweitens werden bestehende Bottom-up-Ansätze der Infrastrukturplanung und Zustandsbewertung – insbesondere im Bereich Schiene und Fernstraßen – systematisch mit diesem theoretischen Rahmen in Beziehung gesetzt. Drittens werden bestehende Studien und Bedarfsabschätzungen hinsichtlich ihrer zugrunde liegenden Modelllogiken, Zieldefinitionen und empirischen Operationalisierung vergleichend eingeordnet.

Die Analyse zeigt dabei, dass die in der Praxis verwendeten Konzepte weniger direkte Messungen einer eindeutig bestimmbaren Sanierungslücke darstellen, sondern vielmehr unterschiedliche Approximationen technischer Zustände, Investitionsbedarfe oder Wiederherstellungskosten öffentlicher Infrastruktur. Die Methodiken unterscheiden sich damit nicht nur über Infrastrukturbereiche hinweg, sondern auch innerhalb jedes Bereichs. Die meisten Studien quantifizieren dabei weder den effektiven Kapitalstock, noch legen sie offen, welchen Referenzkapitalstock sie zur Bestimmung des Sanierungsbedarfs ansetzen. In den Abschätzungen der Infrastrukturunternehmen wird stattdessen häufig ein minimal zu erreichendes Zustandsniveau der

Anlagen festgelegt, ohne dass dieses Zielniveau explizit als sanierter Kapitalstock ausgewiesen wird. Auf Basis des in den Studien ermittelten nötigen Investitionsvolumens lässt sich eine zu schließende Sanierungslücke daher oftmals nicht oder nur unter zusätzlichen Annahmen inferieren.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen diskutiert die Kurzexpertise schließlich mögliche Ansätze für ein kontinuierliches Monitoring der Sanierungslücke. Dabei werden sowohl technische Zustandsindikatoren und Qualitätskennzahlen als auch Haushalts- und volkswirtschaftliche Größen betrachtet. Ziel ist es, eine erste systematische Grundlage dafür zu schaffen, wie die Entwicklung des Infrastrukturzustands sowie die Umsetzung der mit dem SVIK verbundenen Investitionstätigkeit künftig konsistent beobachtet und eingeordnet werden können.

Die Studie gliedert sich wie folgt: Zunächst wird in Kapitel 2 ein modelltheoretischer Rahmen eingeführt, in dem die Sanierungslücke bei der öffentlichen Infrastruktur aus gesamtwirtschaftlicher Sicht definiert wird. Daran anknüpfend vergleicht Kapitel 3 diesen Ansatz mit einem Bottom-Up Ansatz über die einzelnen Anlageklassen, wie er von den Infrastrukturunternehmen angewandt wird. Eine Gegenüberstellung der angewandten Abschätzung der Sanierungslücke in den Bereichen Schiene und Fernstraßen auf Basis verfügbarer Studien erfolgt in Kapitel 4. Zuletzt wird auf unterschiedliche Ansätze der Ziel-Überwachung eingegangen (siehe Kapitel 5) und ein Fazit gezogen.

2 Modelltheoretischer Ansatz

Um eine methodisch fundierte und bereichsübergreifende Sanierungslücke abzuleiten, wird auf die wachstumstheoretische Literatur zu öffentlichem Kapital zurückgegriffen. Der allgemeine Rahmen wird dabei um eine sanierungsspezifische Operationalisierung sowie vier für die Infrastruktur relevante Erweiterungen ergänzt.

Theoretischer Rahmen Ausgangspunkt ist ein neoklassisches Wachstumsmodell mit öffentlichem Kapitalstock (siehe z.B. Baxter und King, 1993). Die Volkswirtschaft produziert die Wirtschaftsleistung Y mit Privatkapital K_p , Arbeit L und öffentlichem Kapital K_g nach

$$Y_t = A K_{p,t}^\alpha L_t^{1-\alpha-\beta} K_{g,t}^\beta \quad (1)$$

mit Outputelastizitäten $\alpha, \beta \in (0, 1)$. Der öffentliche Kapitalstock akkumuliert sich gemäß

$$K_{g,t+1} = (1 - \delta_g) K_{g,t} + I_{g,t}, \quad (2)$$

mit Abschreibungsrate δ_g und öffentlicher Investition $I_{g,t}$. Aus der Optimalitätsbedingung folgt im langfristigen Gleichgewichtszustand das Verhältnis (für eine Herleitung siehe Anhang A.1)

$$\frac{K_g^*}{Y} = \frac{\beta}{r + \delta_g}, \quad (3)$$

mit Diskontrate r . Der optimale öffentliche Kapitalstock ist demnach umso höher, je produktiver das öffentliche Kapital (höhere Outputelastizität β) und je niedriger die Nutzungskosten $r + \delta_g$ aus Diskontrate und Abschreibung.¹

Für die folgenden Ausführungen wird angenommen, dass der Ziel-Kapitalstock einem Wert entspricht, bei dem alle Anlagen ihre ursprüngliche Qualität und Funktionalität aufweisen, also kein Substanzverlust besteht. Der so definierte Ziel-Kapitalstock stellt auf den ursprünglichen Errichtungszustand der Anlagen ab und ist als analytische Referenzgröße im Sinne einer **Obergrenze** zu verstehen. Bezieht man Modernisierung ein, liegt diese Obergrenze entsprechend höher (siehe Erweiterung 4). Die empirische Operationalisierung in den nachfolgenden Kapiteln erfolgt demgegenüber über Ziel-Zustandsniveaus – etwa die Zustandsnoten der Erhaltungsbedarfsprognose –, die einen realistischen, kostenoptimierten Zielzustand unterhalb des Neuzustands abbilden. Dieser Kapitalstock ist zudem nicht identisch zum wachstumstheoretischen

¹Neben der Herausforderung der Kalibrierung dieses theoretischen Konstrukts auf eine Volkswirtschaft, können in der Praxis zudem gesellschaftspolitische Präferenzen dazu führen, dass der erwünschte öffentliche Kapitalstock abweicht. „Optimal“ ist hier im Sinne der Maximierung des Nettooutputs bei gegebener Diskontrate r zu verstehen (siehe Anhang A.1). Eine Wohlfahrtsfunktion, aus der sich das Niveau von K_g^*/Y ergeben würde, wird nicht modelliert.

Optimum K_g^* aus Gleichung (3). Zwischen K_g^{san} und K_g^* besteht dabei keine mechanische Größenrelation: Die Differenz $K_g^* - K_g^{\text{san}}$ entspricht gerade dem Ausbau- und Erweiterungsbedarf, der hier ausgeklammert bleibt. Bei bestehendem Ausbaubedarf liegt K_g^{san} somit unterhalb des Optimums.

Definition der Sanierungslücke Aufgrund von Substanzverzehr und mangelnden Erhaltungsmaßnahmen weicht der „effektive Kapitalstock“ vom „sanierten Kapitalstock“ ab. Dies wird im Folgenden als **Sanierungslücke** bezeichnet:

$$\text{Sanierungslücke}_t = K_g^{\text{san}} - K_{g,t}^{\text{eff}}. \quad (4)$$

- K_g^{san} – **saniert** **Kapitalstock**: der hypothetische Wert des Kapitalstocks ohne Substanzverlust. Diese Definition geht somit über die bloße Funktionsfähigkeit der Anlagen hinaus. K_g^{san} bezieht sich ausschließlich auf den bestehenden Anlagenbestand; Ausbau- und Erweiterungsinvestitionen sind darin nicht enthalten. Allerdings kann der sanierte Kapitalstock Modernisierungsanforderungen enthalten.
- $K_{g,t}^{\text{eff}}$ – **effektiver Kapitalstock**: der tatsächliche Wert des Kapitalstocks unter Berücksichtigung des realen physischen Zustands der Anlagen. Substanzverluste durch verschobenen Erhaltungsaufwand schlagen sich hier nieder. Er bezieht sich auf denselben bestehenden Anlagenbestand wie K_g^{san} , bewertet zum tatsächlichen Zustand. Konzeptionell ist der effektive Kapitalstock damit ähnlich dem Zeitwert des Anlagevermögens ausweislich des Nettokapitalstocks in der VGR-Vermögensrechnung, unterscheidet sich allerdings in einigen Punkten: Zum einen basiert der Nettokapitalstock nicht auf tatsächlichen Abschreibungen, sondern wird mechanisch mithilfe einer linearen Abschreibungsmethode auf die aktiven Anlagegüter errechnet. Zum anderen bezieht sich die Vermögensrechnung nicht nur auf einen „sanierten Kapitalstock“.²

²Für eine Beschreibung des Vorgehens in der Vermögensrechnung siehe Gühler und Schmalwasser (2020).

Die Sanierungslücke beschreibt damit einen Kapitalstock-Rückstand zu einem gegebenen Zeitpunkt t . Bei vollständig erhaltener Substanz gilt $K_{g,t}^{\text{eff}} = K_g^{\text{san}}$; bei aufgeschobenen Sanierungsmaßnahmen liegt $K_{g,t}^{\text{eff}} < K_g^{\text{san}}$.³

Die Sanierungslücke ist nur ein Teil des gesamten Rückstands gegenüber dem optimalen Kapitalstock K_g^* aus Gleichung (3): Neben der Sanierungslücke umfasst dieser auch den weiter oben angesprochenen Ausbau- und Erweiterungsbedarf ($K_g^* - K_g^{\text{san}}$).

Formal:

$$\underbrace{K_g^* - K_{g,t}^{\text{eff}}}_{\text{gesamter Rückstand}} = \underbrace{K_g^* - K_g^{\text{san}}}_{\text{Ausbau- und Erweiterungs-lücke}} + \underbrace{K_g^{\text{san}} - K_{g,t}^{\text{eff}}}_{\text{Sanierungslücke}}.$$

Die vorliegende Expertise betrachtet ausschließlich die zweite Komponente. Modernisierung bestehender Anlagen wird dabei dem sanierten Kapitalstock zugerechnet (siehe Erweiterung 4); kapazitätserweiternde Maßnahmen zählen zur Ausbau- und Erweiterungs-lücke. Um eine positive Sanierungslücke zu schließen, ist die Kapital-Akkumulationsgleichung (2) das zentrale Werkzeug. Da Neu- und Ausbau ausgeklammert sind, umfasst die Investition $I_{g,t}$ darin ausschließlich Wartungs- und Ersatzmaßnahmen im Bestand (im Folgenden zusammenfassend Sanierungsinvestitionen).

Wenn $K_{g,t}^{\text{eff}}$ über die Zeit wachsen soll, muss gelten:

$$\begin{aligned} K_{g,t+1}^{\text{eff}} &= (1 - \delta_g) K_{g,t}^{\text{eff}} + I_{g,t} \stackrel{!}{>} K_{g,t}^{\text{eff}} \\ \Leftrightarrow I_{g,t} &> \delta_g K_{g,t}^{\text{eff}} \end{aligned}$$

Pro Jahr verfällt ein Anteil δ_g der bestehenden Anlagen – der jährliche Verfall beträgt also $\delta_g K_{g,t}^{\text{eff}}$. Übersteigt die Investition $I_{g,t}$ den Verfall, wird die Sanierungslücke kleiner bzw. schließt sich – der effektive Kapitalstock nähert sich dem sanierten Niveau K_g^{san} . Bleibt $I_{g,t}$ unter dem Verfall,

³Die Kapitalstöcke sind als reale Größen zu verstehen, konzeptionell als die zu konstanten Wiederbeschaffungspreisen bewertete produktive Kapazität der Anlagen. Bei vollständig erhaltener Substanz entspricht der reale Wert einer Anlage damit dem Wert ihres Errichtungszustands. Davon zu trennen sind nominale Wertänderungen durch die Baupreisentwicklung sowie die technologische Veralterung, die den Referenzwert K_g^{san} selbst anhebt und Modernisierungsmaßnahmen nötig macht (siehe Erweiterung 4).

wächst die Lücke. Bei systematisch unzureichender Investition kumuliert sich der Substanzverlust über die Zeit – die Sanierungslücke staut sich auf.⁴

Im Grenzfall einer geschlossenen Sanierungslücke ($K_{g,t}^{\text{eff}} = K_g^{\text{san}}$) bestimmt sich die Investition nicht mehr aus dem Rückstand, sondern allein aus dem laufenden Substanzerhalt, $I_{g,t} = \delta_g K_g^{\text{san}}$: Die Anlagen werden fortlaufend instandgehalten und ersetzt, sodass der Kapitalstock konstant bleibt. Bei technologischem Wandel tritt der Modernisierungsbeitrag γK_g^{san} hinzu (siehe Erweiterung 4).

Angenommen, zu einem Zeitpunkt $t = 0$ gibt es eine positive Sanierungslücke ($K_{g,0}^{\text{eff}} < K_g^{\text{san}}$). Aus der Kapitalakkumulationsgleichung kann man den Kapitalstock zu einem Zeitpunkt t in das Verhältnis zu diesem $K_{g,0}^{\text{eff}}$ stellen:

$$K_{g,t}^{\text{eff}} = (1 - \delta_g)^t K_{g,0}^{\text{eff}} + \sum_{\tau=1}^{t-1} I_{g,\tau} \quad (5)$$

Wenn weiter unterstellt wird, dass die Sanierungslücke zu einem Zeitpunkt T geschlossen sein soll, $K_{g,T}^{\text{eff}} = K_g^{\text{san}}$, so ergibt sich ein kumulierter realer **Investitionsbedarf** von

$$\sum_{\tau=1}^{T-1} I_{g,\tau} = K_g^{\text{san}} - (1 - \delta_g)^T K_{g,0}^{\text{eff}}. \quad (6)$$

Die beiden Konzepte der Sanierungslücke und des Investitionsbedarfs zum Schließen der Lücke sind abzugrenzen von der sogenannten **Finanzierungslücke**. Diese ergibt sich aus dem nominalen Investitionsbedarf abzüglich der bereits eingeplanten oder gesicherten Finanzmittel. Beide Begriffe werden hier bewusst eng gefasst: Der Investitionsbedarf bezeichnet ausschließlich die zum Schließen der Sanierungslücke erforderlichen Investitionen im Bestand. Erweiterungs- und Neubauinvestitionen sind nicht enthalten. Die Finanzierungslücke wird entsprechend investitionsbezogen verwendet, wie es auch in den im weiteren Verlauf ausgewerteten Studien üblich ist. Auf Maßnahmenebene lassen sich damit fünf Kategorien abgrenzen: die laufende Wartung

⁴Bei einer empirischen Umsetzung über die amtliche Kapitalstockrechnung müssten zustandsbedingte Substanzverluste von den dort bereits über Abschreibungen erfassten Wertminderungen abgegrenzt werden, um Doppelzählungen zu vermeiden (siehe Gühler und Schmalwasser (2020)). Die Annäherung von K_g^{eff} erfolgt in der Praxis über technische Zustandsindikatoren (siehe die folgenden Kapitel). Die Berücksichtigung des tatsächlichen Substanzverlustes z.B. durch übermäßige Nutzung oder unzureichende Wartung, der in der Vermögensrechnung der VGR nicht enthalten ist, macht den zusätzlichen Informationsgehalt der Sanierungslücke aus.

bzw. Instandhaltung (in Erweiterung 1 als M_t modelliert), Ersatzinvestitionen im Bestand, Modernisierung im Bestand (siehe Erweiterung 4) sowie Erweiterungs- und Neubauinvestitionen. Die beiden letzten Kategorien sind der Ausbau- und Erweiterungslücke zuzuordnen.

Konzept	Bedeutung
Sanierungslücke	Niveau-Rückstand zwischen saniertem und effektivem Kapitalstock
Investitionsbedarf	Investitionen, die zur Schließung der Sanierungslücke erforderlich sind
Finanzierungslücke	nominaler Investitionsbedarf abzüglich bereits eingeplanter oder gesicherter Mittel

Im Folgenden werden vier Erweiterungen des Modellansatzes diskutiert, die praktisch für die Sanierungslücke der Infrastruktur relevant sein können: Regelmäßige Wartung dürfte den Substanzverlust ausbremsen; wie zum Beispiel eine Oberflächenbehandlung der Asphaltdecke, die das Eindringen von Wasser und damit Risse, die durch gefrierendes Wasser entstehen, verhindert. Dies kann durch die Endogenisierung des Substanzverlustes durch eine Wartungsentscheidung modelliert werden. Zweitens kann es zu einer Verzögerung zwischen Mittelaufweisung und produktiver Wirkung (Time-to-Build) kommen (obwohl dieser Kanal für Ersatzinvestitionen eine geringere Rolle spielen dürfte als für Neuinvestitionen). Drittens besteht der öffentliche Kapitalstock einer Volkswirtschaft aus verschiedenen Unteraggregaten mit unterschiedlichen Eigenschaften, die über eine sektorale Disaggregation des Kapitalstocks dargestellt werden können. Zuletzt wird Modernisierung als Teilkomponente des sanierten Kapitalstocks betrachtet; zum Beispiel ist die Digitalisierung der Schiene essentiell für den reinen Erhalt der Zugsicherungs-fähigkeit. Die Erweiterungen sind nicht nur einzeln zu betrachten, sondern können in der Realität miteinander interagieren. So ist der Modernisierungsbedarf für unterschiedliche Infrastrukturbereiche ggf. unterschiedlich hoch und die Möglichkeit, durch Wartung den Infrastrukturverfall zu begrenzen, kann ebenso heterogen über verschiedene Anlagentypen sein.

Erweiterung 1: Endogene Wartung Im Standardmodell ist die Abschreibungsrate δ_g konstant – der Verfall ist exogen vorgegeben.⁵ Mit endogener Wartung wird die Abschreibungsrate zur Funktion $\delta_g(M)$ einer Politikvariablen M .⁶

Das hat zwei Konsequenzen: Erstens wird die Sanierungslücke endogen – sie entsteht aus sub-optimalen Wartungsentscheidungen. Zweitens lässt sich aus einer zusätzlichen Optimalitätsbedingung ein optimales Wartungsniveau M^* ableiten.

Im Folgenden bezeichnet K_g den effektiven Kapitalstock K_g^{eff} . Mit endogener Wartung wird die Akkumulationsgleichung (2) zu

$$K_{g,t+1} = (1 - \delta_g(M_t)) K_{g,t} + I_{g,t}, \quad \delta'_g(M) < 0, \quad (7)$$

mit Wartungsaufwand M_t . Mehr Wartung verringert den effektiven Verfall. Aufgeschobene Wartung führt umgekehrt zu höherem $\delta_g(M)$ und beschleunigtem Substanzverlust. Somit entsteht im Modell die Sanierungslücke als Resultat unzureichender Pflege.

Die Wartung bestimmt sich so, dass die Grenzkosten der Wartung dem Grenznutzen aus reduziertem Substanzverlust entsprechen. Bei auf eins normalisierten Grenzkosten der Wartung folgt aus der Optimalitätsbedingung (siehe Anhang A.2):

$$-\delta'_g(M^*) \cdot K_g = 1. \quad (8)$$

Eine Grenzeinheit Wartung verringert den Substanzverlust um $-\delta'_g(M)K_g$. Im Optimum entspricht das den Grenzkosten der Wartung. Bei einem inneren Optimum mit positiver Wartung gilt $\delta_g(M^*) < \delta_g(0)$ – der Substanzverlust verlangsamt sich. Da der Grenzertrag zusätzlicher Wartung dabei abnimmt ($\delta''_g(M) > 0$), wäre eine Wartungsintensität, die alle Anlagen dauerhaft im faktischen Neuzustand hält, mit überproportional steigendem Aufwand verbunden und daher in der Regel nicht optimal: Im inneren Optimum verbleibt ein positiver laufender Verfall $\delta_g(M^*) > 0$, der durch Ersatzinvestitionen $I_{g,t}$ ausgeglichen wird. Wartung verlangsamt

⁵Modellquellen: Kalaitzidakis und Kalyvitis (2004) und Rioja (2003).

⁶Begrifflich wird hier zwischen *Erhaltung* als Oberbegriff und ihren beiden Komponenten unterschieden: der laufenden *Wartung* bzw. Instandhaltung (M_t), die den Zustandsverfall verlangsamt, und den *Ersatzinvestitionen* ($I_{g,t}$), die verlorene Substanz wiederherstellen. Wenn im Folgenden von Wartung die Rede ist, ist stets die erste Komponente gemeint.

den Verfall somit, hebt ihn aber nicht auf: Auch optimal gepflegte Anlagen erreichen das Ende ihrer technischen Nutzungsdauer und müssen ersetzt werden. Bei kontinuierlicher Pflege und laufenden Ersatzinvestitionen divergieren K_g^{eff} und K_g^{san} nicht und die Sanierungslücke (4) bleibt Null. Technologische Veralterung trotz intakter Substanz – etwa bei weiterhin funktionsfähiger, aber überholter Stellwerks- oder Schleusentechnik – wird in Erweiterung 4 gesondert erfasst. Die Sanierungslücke speist sich somit aus drei Quellen: aufgeschobener Wartung (höheres $\delta_g(M)$), unterlassenen Ersatzinvestitionen ($I_{g,t} < \delta_g K_{g,t}$) sowie – bei technologischem Wandel – unterlassener Modernisierung.

Die Bedeutung von Wartung für die Schieneninfrastruktur wurde mit der BSWAG-Novelle 2024 institutionell anerkannt: Während der Bund zuvor nur Investitionen der DB InfraGO finanzieren durfte, schafft der neue § 11a BSWAG erstmals eine Rechtsgrundlage zur Mitfinanzierung von Unterhaltung und Instandhaltung.⁷

Empirisch schlägt sich Wartung durch die öffentliche Hand in den VGR zuvorderst im Staatskonsum nieder. Die Übersetzung der Wartung im Rahmen der Abschreibungsfunktion ist nicht direkt beobachtbar und müsste für eine empirische Anwendung des Modells geschätzt werden. Für die Verkehrsinfrastruktur liefern die Verhaltensfunktionen der Erhaltungsbedarfsprognose einen Anhaltspunkt: Sie beschreiben, wie regelmäßige Instandhaltung den Zustandsverlauf abflacht und so die effektive Abschreibung verlangsamt und erfassen damit implizit den funktionalen Zusammenhang zwischen Wartungsaufwand und Substanzverlust. Sie nutzen dabei allerdings nicht Messgrößen der VGR, sondern bemessen den effektiven Kapitalstock anhand von Zustandsnoten und Wartung anhand des Instandhaltungsaufwands der Infrastrukturbetreiber (siehe das folgende Kapitel 3).

Erweiterung 2: Time-to-Build Bei Infrastrukturprojekten kann zwischen Mittelautorisierung A_t und ihrer vollständigen produktiven Wirkung eine Verzögerung von mehreren Jahren durch

⁷Siehe Viertes Gesetz zur Änderung des Bundesschienenwegeausbaugesetzes vom 8. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 224).

Planung, Genehmigung, Bauausführung, und Inbetriebnahme liegen.⁸ Die Akkumulationsgleichung ändert sich zu

$$K_{g,t+1} = (1 - \delta_g(M_t)) K_{g,t} + \sum_{j=0}^T \phi_j A_{t-j}, \quad \sum_{j=0}^T \phi_j = 1, \quad (9)$$

mit Verzögerungskoeffizienten ϕ_j und maximaler Verzögerung (Lag) T . Im langfristigen Gleichgewichtszustand mit konstantem A gilt $\sum_{j=0}^T \phi_j A_{t-j} = A$, sodass die Lag-Struktur das langfristige Niveau nicht verändert, sondern nur die Übergangsdynamik verzögert (siehe Anhang A.3). Eine heute autorisierte Investitionsmaßnahme schließt die Sanierungslücke also möglicherweise erst über mehrere Jahre. Empirisch zeigt sich dieser Kanal im Maßnahmenverlauf der Erhaltungsbedarfsprognose (zwischen Maßnahmenbeginn und sichtbarer Zustandsverbesserung vergeht Zeit) sowie in der Verzögerung zwischen haushaltsrechtlicher Mittelbereitstellung, Mittelabfluss und VGR-wirksamen Bauinvestitionen (siehe Monitoring-Kapitel 5).

Erweiterung 3: Sektorale Disaggregation Die bisherigen Ausführungen haben den öffentlichen Kapitalstock K_g als homogenes Aggregat behandelt. In der Praxis besteht er jedoch aus unterschiedlichen Anlagenklassen mit unterschiedlichen technischen Nutzungsdauern und Wartungstechnologien – im Verkehrsbereich etwa Schienenwege, Bundesfernstraßen und Wasserstraßen, darüber hinaus beispielsweise Schulen und Krankenhäuser, sowie Energie- oder digitale Infrastruktur.

Formal lässt sich der Kapitalstock als Summe sektoraler Bestände modellieren:

$$K_{g,t} = \sum_{i=1}^N K_{g,t}^i, \quad (10)$$

⁸Modellquellen: Kydland und Prescott (1982) und Leeper, Walker und Yang (2010). Bei Sanierungsmaßnahmen fällt die Verzögerung oft deutlich geringer aus als bei Neuinvestitionen. Ramey (2020) quantifiziert dies empirisch für den US-amerikanischen Straßenbau: Während Instandhaltungsmaßnahmen Verzögerungen von etwa einem Jahr zwischen Mittelautorisierung und Fertigstellung aufweisen, können neue Highways und Brückenprojekte Verzögerungen von bis zu vier Jahren verursachen. Auch Leeper, Walker und Yang (2010) unterstellen für Instandhaltungsmaßnahmen an bestehender Infrastruktur kürzere Umsetzungszeiträume als für große Neubauprojekte. Die Lag-Struktur ϕ_j ist entsprechend maßnahmen- und sektorspezifisch zu kalibrieren.

wobei jeder Sektor i einer eigenen Akkumulationsgleichung folgt

$$K_{g,t+1}^i = (1 - \delta_g^i(M_t^i)) K_{g,t}^i + I_{g,t}^i, \quad (11)$$

mit sektorspezifischer Abschreibungsrate δ_g^i und sektorspezifischem Wartungsaufwand M_t^i .

Die aggregierte Sanierungslücke aus Gleichung 4 entspricht somit der Summe sektoraler Lücken:

$$\text{Sanierungslücke}_t = \sum_{i=1}^N (K_g^{\text{san},i} - K_{g,t}^{\text{eff},i}). \quad (12)$$

In den VGR kann die Heterogenität des Anlagevermögens teilweise abgebildet werden: Dort wird unterschieden zwischen öffentlichem Hochbau (Wohn- und Nichtwohngebäude) und Tiefbau (Straßen, Schienenwege, Leitungen), Ausrüstungsinvestitionen (Maschinen, Fahrzeuge, medizinische Geräte und sonstiges bewegliches Anlagevermögen) sowie geistigem Eigentum (Software⁹, Datenbanken, Forschung und Entwicklung).

Eine detailliertere Betrachtung findet in der Fachplanung statt; etwa den nach Anlagenklassen differenzierten Verhaltensfunktionen der Erhaltungsbedarfsprognose oder den nach Infrastrukturbereichen getrennten Zustandsberichten (siehe die folgenden Kapitel).

Erweiterung 4: Modernisierung Die bisherige Modellierung behandelt den sanierten Kapitalstock K_g^{san} als eine zeitstabile Zielgröße: ein Kapitalstock ohne Substanzverlust, gemessen am ursprünglichen Errichtungszustand.¹⁰ Diese Definition greift jedoch zu kurz, sobald der technologische Wandel dazu führt, dass der Standard eines neuen Kapitalguts sich von dem eines alten unterscheidet: Ein Stellwerk im Ausgangszustand von 1990 und ein Stellwerk im Ausgangszustand von heute sind nicht gleichwertige Kapitalgüter, wenn moderne Digital- und Leittechnik den Funktionsumfang neu definiert.

Solow (1960) begründete die Idee, dass technologischer Fortschritt an neue Kapitalgüter gebunden ist und im bestehenden Kapitalstock ohne Neuinvestitionen nicht realisiert werden kann. Altes Kapital, das zwar substanzerhaltend gewartet, aber nicht modernisiert wird, verliert

⁹Wobei laufende Softwarewartung als Vorleistung im Staatskonsum verbucht wird und den Kapitalstock nicht erhöht.

¹⁰Modellquellen: Solow (1960) und Whelan (2002).

dadurch relativ zum aktuellen technologischen Stand an Qualität. Es kommt zu einer technologischen Veralterung, auch ohne physischen Substanzverlust.¹¹

Um Modernisierung zu modellieren, wird unterstellt, dass der sanierte Kapitalstock K_g^{san} mit der sektorspezifischen Rate des technologischen Fortschritts $\gamma \geq 0$ wächst und nicht länger zeitstabil ist:

$$K_{g,t}^{\text{san}} = K_{g,0}^{\text{san}} \cdot (1 + \gamma)^t. \quad (13)$$

Somit bildet die Rate γ ab, wie schnell Güter des betrachteten Infrastruktursektors effizienter werden – etwa durch Digitalisierung oder Automatisierung.¹² Die Rate γ wird dabei als exogen behandelt: Welchen Funktionsumfang eine neu errichtete Anlage hat, bestimmt der technologische Fortschritt des jeweiligen Sektors – unabhängig davon, ob und wie viel in den bestehenden Bestand investiert wird. Investitionen sind erforderlich, um den Bestand auf diesen fortschreitenden Standard zu bringen. Mögliche Rückwirkungen der Investitionen auf das Tempo des Fortschritts selbst (endogene Wachstumstheorie) bleiben ausgeklammert. Modernisierung im Bestand wird der Sanierungslücke zugerechnet, weil sie eine bestehende Anlage einer heute neu errichteten gleichwertig macht. Maßnahmen, die über diese Gleichwertigkeit hinausgehen, zählen dagegen zum Aus- und Neubau und bleiben außerhalb der Sanierungslücke.

Akkumulationsgleichungen und Struktur der Sanierungslücke bleiben unverändert, aber die Zielgröße K_g^{san} wird zeitabhängig, sodass die Sanierungslücke zum Zeitpunkt t definiert ist als

$$\text{Sanierungslücke}_t = K_{g,0}^{\text{san}} (1 + \gamma)^t - K_{g,t}^{\text{eff}}. \quad (14)$$

Die so erweiterte Sanierungslücke lässt sich additiv in zwei Komponenten zerlegen:

$$\text{Sanierungslücke}_t = \underbrace{(K_{g,0}^{\text{san}} - K_{g,t}^{\text{eff}})}_{\text{physische Komponente}} + \underbrace{K_{g,0}^{\text{san}} [(1 + \gamma)^t - 1]}_{\text{Modernisierungskomponente}}.$$

¹¹Whelan (2002) zeigt empirisch, dass bei computernahen Kapitalgütern der Wertverlust überwiegend aus technologischer Veralterung resultiert und eine rein physisch motivierte Abschreibung den Investitionsbedarf zum Erhalt des qualitätsbereinigten Kapitalstocks daher erheblich unterschätzt.

¹²Als funktionelle Form wird an dieser Stelle ein exponentielles Wachstum des technologischen Fortschritts unterstellt. Andere Funktionen sind ebenso möglich.

Die physische Komponente misst den Substanzverlust gegenüber dem ursprünglichen Errichtungszustand, die Modernisierungskomponente den Rückstand gegenüber dem fortgeschrittenen Technologiestandard bei gegebenenfalls intakter Substanz. Für $\gamma = 0$ verbleibt allein die Sanierungslücke im engeren Sinne. Damit bleibt die Abgrenzung der Maßnahmenkategorien erhalten: Wartung und Ersatz adressieren die physische Komponente, Modernisierung im Bestand die Modernisierungskomponente, während Erweiterungs- und Neubaumaßnahmen weiterhin außerhalb der Sanierungslücke stehen.

Innerhalb dieses Modellrahmens wächst die Sanierungslücke im Zeitverlauf allein durch den technologischen Wandel, selbst wenn es keine physischen Substanzverluste gäbe (also $K_{g,t}^{\text{eff}} = K_{g,0}^{\text{san}}$ für alle t).

Ein unbegrenztes Anwachsen der Lücke ergäbe sich allerdings nur, wenn dauerhaft weder ersetzt noch modernisiert würde. In der Praxis findet Modernisierung zu einem erheblichen Teil von selbst statt: Wird eine Anlage am Ende ihrer Nutzungsdauer ersetzt, entspricht die neue dem aktuellen Technologiestandard. Zudem ist γ in vielen Infrastrukturbereichen klein oder null. Die Erweiterung ist daher vor allem für Anlagenklassen mit raschem technologischem Wandel und für begrenzte Betrachtungszeiträume relevant; als langfristige Projektion ist sie nicht zu verstehen.

Damit die Sanierungslücke nicht weiter anwächst, muss die Investition den reinen Substanzerhalt übersteigen. Formal folgt aus der Bedingung $\text{Sanierungslücke}_{t+1} \leq \text{Sanierungslücke}_t$ und der Akkumulationsgleichung (2):

$$\begin{aligned} K_{g,t+1}^{\text{eff}} &\geq K_{g,t}^{\text{eff}} + \gamma K_{g,t}^{\text{san}} \\ \Leftrightarrow I_{g,t} &\geq \delta_g K_{g,t}^{\text{eff}} + \gamma K_{g,t}^{\text{san}}. \end{aligned} \tag{15}$$

Die erforderliche Investition umfasst nun zwei Komponenten: den physischen Substanzerhalt $\delta_g K_{g,t}^{\text{eff}}$ wie im Basismodell und einen Modernisierungsbeitrag $\gamma K_{g,t}^{\text{san}}$, der den technologischen Aufholbedarf abbildet. Je größer der technologische Wandel γ und je umfangreicher der Zielbestand $K_{g,t}^{\text{san}}$, desto höher ist dieser zweite Term und somit der Investitionsbedarf. In Infrastruktursektoren ohne nennenswerten technologischen Wandel, das heißt $\gamma = 0$, reduziert sich Gleichung (15) auf den reinen Substanzerhalt.

Empirisch ist dieser Kanal schwer abzugrenzen: In der Budgetplanung findet nur teilweise eine klare Abgrenzung von Modernisierungsmaßnahmen statt (wie z.B. beim Posten der Ausrüstung der Schieneninfrastruktur mit dem Europäischen Zugsicherungssystem ERTMS/ETCS im SVIK) und in den Investitionen ausweislich der VGR ist keine Unterscheidung möglich. Eine Quantifizierung der Rate γ wird sich nach Infrastrukturbereich unterscheiden und am ehesten über die technologische Beschaffenheiten der jeweiligen Anlage vornehmen lassen.

3 Zusammenhang zwischen angewandter Methodik und modelltheoretischem Ansatz

Bestehende Ansätze zur Ermittlung des Erhaltungs- und Sanierungsbedarfs öffentlicher Infrastruktur stützen sich nicht auf einen bereichsübergreifenden makroökonomischen Modellrahmen, sondern vornehmlich auf technische, anlagenspezifische Ansätze. Zudem setzen sie meist keine gänzlich geschlossene Sanierungslücke, sondern Untergrenzen für die Infrastrukturqualität an bzw. ermitteln das Zielniveau des „sanierten Kapitalstocks“ im Rahmen eines Kostenminimierungsproblems. Beispiele hierfür bieten die Erhaltungsbedarfsprognose des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (EBP; BMV, 2025a) für die Bundesfernstraßeninfrastruktur, sowie das 3-i- bzw. Ursache-Wirkungs-Zusammenhang (UWZ)-Modell der DB InfraGO (Stoll und Kogel, 2020).

Die im vorherigen Abschnitt hergeleitete Sanierungslücke ist damit im Vergleich zu diesen Ansätzen als hypothetischer Maximalwert einzuordnen.

Elemente des theoretischen Modellrahmens vor allem hinsichtlich der Modellierung der endogenen Abschreibungsfunktion finden sich in den Ansätzen für die Bedarfsprognosen der Verkehrsinfrastruktur jedoch wieder.

Beiden Modellen – der EBP und dem 3-i-Modell der DB InfraGO – ist gemeinsam, dass sie keinen makroökonomischen Kapitalstockrückstand im Sinne der Sanierungslücke, Gleichung (4), direkt ausweisen, sondern technische Zustände und daraus abgeleitete Investitionsbedarfe modellieren. Des Weiteren unterscheiden sie sich auch untereinander grundlegend in ihrer Modelllogik. Der EBP liegt für die Anlagenteile Fahrbahnen und Ingenieurbauwerke ein zustandsbasiertes

Prognosemodell zugrunde: Ausgangspunkt ist der gegenwärtige Zustand des Netzes, der über empirisch kalibrierte Verhaltensfunktionen in die Zukunft fortgeschrieben wird. Der Investitionsbedarf ergibt sich als derjenige Mitteleinsatz, der erforderlich ist, um den projizierten Zustandsverlauf auf ein normatives Zielniveau zu heben oder zu stabilisieren. Das 3-i-Modell der DB InfraGO verfolgt demgegenüber eine *lebenszyklusorientierte Optimierungslogik*: Es simuliert für jede Anlage oder Anlagengruppe eine vollständige „Soll-Biographie“ – von der Erstinbetriebnahme über Instandhaltungs- und Präventionsintervalle bis zur Ersatzinvestition am Ende der technischen Nutzungsdauer – und wählt aus dem Szenarioraum möglicher Maßnahmenstrategien diejenige aus, die bei einem vorgegebenen Qualitätsziel die Gesamtkosten über den Lebenszyklus minimiert.¹³ Dieser Modellansatz beruht daher auf vordergründig finanziellen Überlegungen, die im makroökonomischen Modellrahmen des vorherigen Kapitels keine Rolle spielen. Damit fällt die Zielsetzung des 3-i-Modells stärker mit dem modelltheoretischen Ansatz auseinander.

Der Ansatz der EBP lässt sich zumindest teilweise in die Struktur des makroökonomischen Modellrahmens übertragen, da er sich vornehmlich auf den Zustand der Infrastruktur sowie deren alters- und nutzungsbedingte Verschlechterung über die Zeit konzentriert. Damit approximiert die EBP implizit den effektiven, zustandsabhängig nutzbaren Kapitalstock der Infrastruktur (K_g^{eff}), da sich die Nutzbarkeit des Netzes unmittelbar aus dem Zustand der einzelnen Infrastrukturaggregate ergibt. Gleichzeitig definiert die EBP normative Zielzustände, die über Zustandsnoten und festgelegte Qualitätskriterien operationalisiert werden. Diese Zielkorridore enthalten näherungsweise dem im Modell definierten sanierten bzw. nicht zustandsdegradierten Referenzzustand des Kapitalstocks (K_g^{san} , Gleichung (4)) als Obergrenze. Der in der EBP ausgewiesene Investitionspfad beschreibt damit implizit jene Erhaltungs- und Ersatzinvestitionen, die erforderlich sind, um die Differenz zwischen dem effektiven und dem normativ angestrebten Zustand der Infrastruktur zu stabilisieren bzw. zu schließen (siehe Gleichung (6)).¹⁴

¹³Das UWZ-Modell erweitert das 3-i-Modell zusätzlich um einen Risikoansatz, der eine objektgruppenspezifische altersabhängige Ausfallwahrscheinlichkeit modellieren kann, die zu einem schlagartigen Funktionsverlust führt (siehe Stoll und Kogel, 2020).

¹⁴In den Zustandsberichten der DB InfraGO über die Schieneninfrastruktur und Personenbahnhöfe wird anstelle des 3-i-Modells eine der EBP ähnliche zustandsbasierte Evaluierung vorgenommen. Dabei werden die als sanierungsbedürftig klassifizierten Anlagen mit ihrem Wiederbeschaffungswert gewichtet aggregiert (vgl. DB InfraGO, 2026). Dieses Vorgehen kommt einer angewandten Sanierungslücke daher ebenfalls etwas näher. Dennoch ist die so errechnete Lücke nur ein Maß für die Wiederherstellungskosten technischer Assets und nicht für die reale

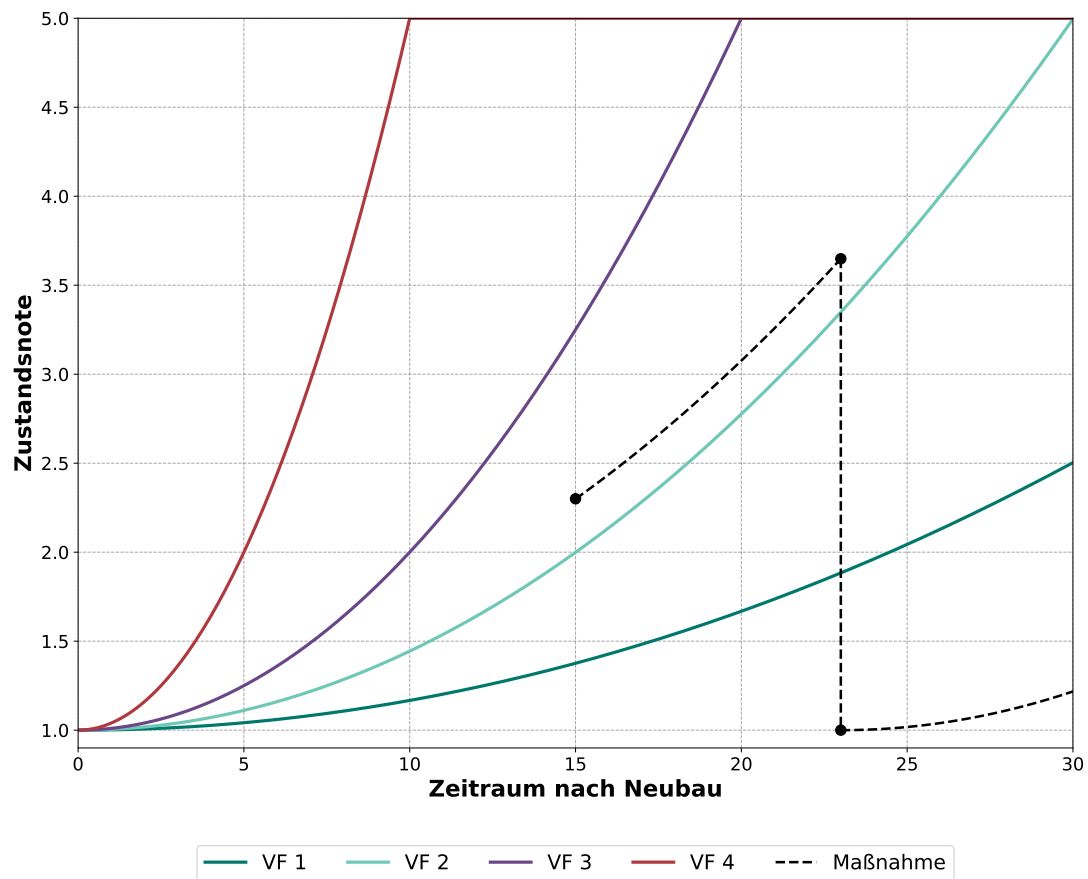
Am besten kann die Methodik der EBP als Operationalisierung der endogenen Abschreibungsdynamik aus der theoretischen Modellherleitung verstanden werden, denn die EBP modelliert besonders detailliert wie Infrastruktur altert und wie Maßnahmen der Instandhaltung, der Erneuerung oder des Ersatz(neubau)s ihren Zustand verändern.

Die Geschwindigkeit der Abnutzung ist, wie in Erweiterung 3 diskutiert, heterogen über verschiedene Anlagenklassen und hängt von Faktoren wie Oberflächenmaterial und Nutzungsdichte ab. In der EBP wird diese Heterogenität durch sogenannte Verhaltensfunktionen (VF) abgebildet, die sich nach und innerhalb der Anlagenklassen (z.B. Autobahnen, Fernstraßen und Brücken) unterscheiden (siehe Abbildung 1): Steilere Verhaltensfunktionen (z.B. VF 4) repräsentieren einen schnelleren Zustandsverfall (quantifiziert durch eine höhere und damit schlechtere Zustandsnote) als flachere (z.B. VF 2). Regelmäßige Wartung (M_t , Gleichung (7)) führt zu einer Abflachung des Zustandsverlaufs und damit zu einer geringeren effektiven Verschlechterung über die Zeit (langsamere Abschreibung δ_g und damit flachere VF). Eine Maßnahme (dargestellt durch die gestrichelte Linie in Abbildung 1) ist analog zur Time-to-Build-Struktur in Gleichung (9), da zwischen Planung, Umsetzung und wirksamer Zustandsänderung Zeit vergeht, in der sich der Zustand zunächst weiter verschlechtert. Nach Beendigung führt die Maßnahme kurzfristig zu einer sprunghaften Verbesserung des Zustandsniveaus des betroffenen Abschnitts. Anschließend beginnt ein neuer, durch die Maßnahme flacherer, Alterungszyklus. aber weder wird der Kapitalstock im Sinne der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen bestimmt, noch stellen die Flussgrößen Investitionen im VGR-Sinne dar.

Die Abgrenzung zwischen Erhaltung und Modernisierung ist in der praktischen Umsetzung nicht trennscharf. Insbesondere bei Brücken- und Fahrbahnerneuerungen kommt es bei Maßnahmen zur baulichen Erhaltung daher häufig zu ergänzenden qualitätsverbessernden Moderni-

Abweichung von effektivem zu voll funktionsfähigem Kapitalstock. Eine Annäherung an den effektiven Kapitalstock (K_g^{eff}) wird zuletzt mit dem „Substanzwert“ vorgenommen, der eine Qualitätskennzahl in der Leistungs- und Finanzierungsverordnung III (LuFV III) zwischen dem Bund und den Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen (EIU) darstellt. Er bezieht sich auf die Anzahl, Größe, das Alter, den Wiederbeschaffungswert und die durchschnittliche technische Nutzungsdauer der Anlagen im Kompetenzbereich der EIU und stellt die Aggregation dieser Werte dar. Dabei wird ein linearer Substanzverzehr über die durchschnittliche technische Nutzungsdauer unterstellt, unabhängig vom tatsächlichen technischen Zustand der Anlagen (siehe DZSV, 2024). Diese Definition ist allerdings auch nicht vollends mit dem Konzept der ökonomisch-technischen Effektivität von K_g^{eff} gleichzusetzen, sondern spiegelt eher einen buchhalterischen, Nutzungsdauerbasierten Restwert wider.

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Zustandsverlaufs eines Infrastrukturabschnitts



Anmerkung: Eigene Darstellung in Anlehnung an die Methodik und Darstellung der Erhaltungsbedarfsprognose des BMV (2025a). VF 1–VF 4 repräsentieren abschnittsspezifische Verhaltensfunktionen mit variierenden Alterungsgeschwindigkeiten. *Maßnahme* veranschaulicht die kurzfristige Zustandsverbesserung unmittelbar nach einer Maßnahme sowie den anschließenden Beginn eines neuen Alterungszyklus auf einem verbesserten Ausgangsniveau.

sierungen im Rahmen des aktuellen Regelwerks (z.B. eine Brückenverstärkung für neue Lastklassen).

Insgesamt zeigt der Vergleich, dass die bestehenden Bottom-up-Ansätze zur Ermittlung von Erhaltungs- und Investitionsbedarfen in Teilen mit dem modelltheoretischen Rahmen aus Kapitel 2 vereinbar sind. Die anlagenklassenspezifische Betrachtung in der Praxis entspricht dabei der sektoralen Disaggregation aus Erweiterung 3 und ist angesichts der technischen Heterogenität öffentlicher Infrastruktur sachgerecht. Unterschiedliche Parametrisierungen und zustandsspezifische Alterungsfunktionen sind konsistent mit dem theoretischen Rahmen, solan-

ge die zugrunde liegende funktionale Logik der Kapitalakkumulation, Abschreibung und Wartung erhalten bleibt. Insbesondere die Modellierung von Abschreibung, Instandhaltung und Reinvestitionen weist erhebliche strukturelle Gemeinsamkeiten zwischen den theoretischen und den angewandten Ansätzen auf, sodass Investitions- und Erhaltungsbedarfe vergleichsweise gut operationalisierbar erscheinen.

Gleichzeitig verdeutlichen die betrachteten Ansätze die Grenzen einer bereichsübergreifenden Operationalisierung der Sanierungslücke. Der theoretische Ansatz in Kapitel 2 definiert diese als Differenz zwischen einem sanierten und einem effektiven öffentlichen Kapitalstock. Da dieser Kapitalstock empirisch nicht direkt beobachtbar ist, werden in der Praxis Indikatoren wie Zustandsnoten, Verhaltensfunktionen, Wiederbeschaffungswerte oder Substanzwerte als Näherungen verwendet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse einschlägiger Studien im Hinblick auf den ermittelten Investitionsbedarf in Infrastrukturbereichen des Bundes evaluiert.

4 Vorliegende Abschätzungen der Investitionsbedarfe

Vorwegnehmend einige einordnende Hinweise zur Studienlage: Dadurch, dass die vorhandenen Studien fast ausschließlich auf Flussgrößen eingehen, also den Investitionsbedarf oder den zusätzlichen Finanzierungsbedarf in Relation zur bestehenden Finanzplanung quantifizieren, gibt es kaum Abschätzungen über die Höhe des effektiven oder sanierten Kapitalstocks.¹⁵ Die Analyse konzentriert sich daher auf eine Zusammenstellung der geschätzten Investitionsbedarfe für Erhalt und Instandhaltung, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen betrachteten Zeithorizonte und Preisannahmen. Falls Modernisierungsmaßnahmen bestehender Anlagen explizit ausgewiesen sind, werden diese ebenfalls berücksichtigt. In einem zweiten Schritt wird zudem für große Teile der Verkehrsinfrastruktur (Kapitel 4.1 und 4.2) eine Harmonisie-

¹⁵Daraus folgt, dass auch die Quantifizierung der Sanierungslücke im Allgemeinen nicht möglich ist. Aus Gleichung 6 folgt allerdings, dass, wenn die Investitionsbedarfe so festgelegt wurden, dass zu einem Zeitpunkt T in der Zukunft die Sanierungslücke geschlossen ist, der kumulierte Investitionsbedarf über den Zeitraum von $t = 1, \dots, T - 1$ der Sanierungslücke zum Zeitpunkt T entspricht.

rung vorgenommen, um vergleichbare, jährliche Investitionsbedarfe für die Jahre 2025-2030 aufzuzeigen.

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich betont, dass die folgenden Unterkapitel keine eigenständige Schätzung des Investitions- oder Sanierungsbedarfs vornehmen, sondern die vorliegenden Studien zu den jeweiligen Infrastruktursektoren systematisch aufbereiten und einordnen.

4.1 Schiene

Die Schieneninfrastruktur im Bundeskompetenzbereich ist ein zentraler Schwerpunkt des SVIK: Im Bundeshaushalt 2026 sind 16,3 Mrd. € für den Erhalt der Bundesschienenwege als Baukostenzuschüsse an die DB InfraGO vorgesehen (BMF, 2026). Damit ist die Sanierung der Schieneninfrastruktur in der haushaltspolitischen Schwerpunktsetzung der prominenteste Bereich des Sondervermögens. Zudem sollen weitere 2,5 Mrd. € im Bereich der Digitalen Schiene für die Ausrüstung der deutschen Infrastruktur und von rollendem Material mit dem Europäischen Zugsicherungssystem ERTMS bereitgestellt werden.

Im Folgenden wird die Studienlage zum Investitionsbedarf in diesen Bereichen dargelegt (Tabelle 1).

Investitionsrahmenplan (BMV, 2025b) Der Ersatzinvestitionsbedarf im Schienennetz orientiert sich generell an einem strategisch formulierten Zielstand der Schieneninfrastrukturqualität, der 2040 erreicht werden soll. Die konkrete Definition und Annäherung an dieses Ziel bis zum Jahr 2029 wird operationalisiert durch die Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung III (LuFV III, 2020) zwischen dem Bund und den Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen (EIU, aktuell DB InfraGO AG und DB Energie GmbH). Diese – sowie die drei Nachtragsvereinbarungen – bilden die Grundlage des Investitionsrahmenplans 2025. Neben einer separaten Quantifizierung des Investitionsbedarfs für den Erhalt und den Ausbau des Schienennetzes werden auch sonstige Investitionen angeführt, die die Bereiche Lärmsanierung und Digitalisierung wie auch Maßnahmen gegen Überlastung der Schienenwege umfassen.

LuFV Bedarfsermittlung (Dannenbaum und Allrich, 2019) Diese Studie diene als fachliche Grundlage zur Herleitung der Ersatzinvestitionsbedarfe im Rahmen der Verhandlungen zur LuFV III. Methodisch wendet sie u.a. das 3-i-Modell und ein Dreisatz-Modell an, um den

Bedarf an Erhaltungsinvestitionen bei den damaligen Eisenbahninfrastrukturunternehmen DB Netz und DB Station & Service und der DB Energie zu quantifizieren.

Dezernat Zukunft (DZ; Heilmann u. a., 2024) Das Dezernat Zukunft orientiert sich nicht an einem konkret quantifizierten Zielbild der Bahninfrastruktur des Bundes, sondern benennt „in politischen und fachlichen Prozessen abgestimmte Bedarfszahlen“, die mögliche Kapazitätsengpässe in der Bauwirtschaft berücksichtigen. Für Erhalt und Sanierung des Schienennetzes werden demnach im Zeitraum 2024 bis 2027 insgesamt 87 Mrd. € benötigt. Für die Folgejahre 2028 bis 2030 wird ein linearer Anstieg des gesamten Investitionsbedarfs (inkl. Modernisierung und Neubau) angelegt.

DB InfraGO (2026) Die Abschätzung der Investitionsbedarfe wird bei der DB InfraGO anhand der Zustandsnoten der Anlagen getroffen. Annahmegemäß besteht bei allen Anlagen der Zustandsnote 4 oder schlechter Erneuerungs- bzw. Nachholbedarf. Durch Aggregieren der Wiederbeschaffungswerte (WBW) dieser Anlagen wird der Bedarf in monetären Werten ausgedrückt. Die WBW basieren dabei auf dem Anlagenbestand und den Kostenansätzen der Qualitätskennzahl Substanzwert aus dem Infrastrukturzustands- und -entwicklungsbericht 2025 (IZB; Deutsche Bahn AG, 2026) mit Preisstand 2024.

Krebs und Steitz (2021) Dieser Studie geht es um die Quantifizierung des zusätzlichen Finanzierungsbedarfs (im Vergleich zur damals aktuellen Haushaltsplanung) im Zeitraum 2021-2030 zur Erreichung einer Treibhausgasminderung, die konsistent ist mit dem Ziel der Klimaneutralität 2045. Der Fokus liegt auf Modernisierungsinvestitionen; reine Ersatzinvestitionen werden nicht berücksichtigt. Diese Unterscheidung ist im Bereich Schiene allerdings nicht trennscharf; daher wird die Annahme getroffen, die veranschlagten 20 Mrd. € für die Digitalisierung unter den Aspekt „Modernisierung der bestehenden Infrastruktur“ und damit als Ersatzinvestition zu verbuchen, während 30 Mrd. € für den Ausbau des Schienennetzes eine Ausweitung des Kapitalstocks zum Ziel haben und damit nicht unter die Ersatzinvestitionen im Rahmen des LuFV fallen.

Institut der deutschen Wirtschaft / Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IW/IMK; Dullien u. a., 2024) Diese Studie übernimmt den zusätzlichen Investitionsbedarf aus Krebs und Steitz (2021), welcher eine preisbereinigte Summe für den Zeitraum 2021-2030

darstellt. Diese schreiben sie (mit einer nicht näher dokumentierten Inflationsrate) fort auf das Preisniveau von 2024.

Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI, 2024) Die Studie des BDI bezieht sich auf „Berechnungen der Deutschen Bahn“, die besagen, dass bis zum Jahr 2030 ein Investitionsrückstau von 90 Mrd. € vorliegt.¹⁶ Basierend auf der damals gültigen Haushaltsplanung gehen sie daher von einer Finanzierungslücke von 63 Mrd. € aus, die sowohl Sanierung als auch Ausbau der Schieneninfrastruktur und Digitalisierung umfassen.

Umrechnung in harmonisierte jährliche Investitionsbedarfe

Im Folgenden wird der Fokus auf Erhalt, Instandhaltung und Modernisierung bestehender Anlagen gelegt. Daher werden Quantifizierungen aus dem letzten Abschnitt, die sich ausschließlich mit dem Ausbau der Infrastruktur auseinandersetzen, ausgeklammert. Bei Studien, die sowohl Erhalts- wie auch Ausbauinvestitionen betrachten, werden Abschätzungen des Anteils der Ersatzinvestitionen vorgenommen. Bei Modernisierungsmaßnahmen werden Bedarfe, die auf bestehender Infrastruktur aufsetzen (insbesondere Maßnahmen im Rahmen der Digitalen Schiene), vereinfachend zum Erhalt gerechnet.

Zudem werden die Studien hinsichtlich Zeitraum (2025-2030) und Preisbasis (2024) harmonisiert. Daher werden folgende Anpassungen vorgenommen:

1. Zeitraum

- Das Dezernat Zukunft hat für das Jahr 2024 einen Investitionsbedarf von 17 Mrd. € angesetzt. Laut IZB 2024 (Deutsche Bahn AG, 2025) betrug der Einsatz der EIU für den Erhalt der Infrastruktur im Berichtsjahr 2024 rund 16,06 Mrd. €. Es wird die stark vereinfachte Annahme getroffen, dass dieser Mitteleinsatz in ebenso hohem Maße den Investitionsbedarf gemindert hat, sodass sich der Investitionsbedarf im Zeitraum 2025-2027 auf 71 Mrd. € verringert.¹⁷

¹⁶Auf diese Zahl wird in der Öffentlichkeit mehrmals verwiesen (siehe z.B. Handelsblatt vom 28.05.2023, abgerufen am 12.05.2026); eine eindeutige Quelle hinsichtlich der Quantifizierung steht aus.

¹⁷Es gibt keine Informationen darüber, ob sich der Mitteleinsatz der EIU tatsächlich in den Maßnahmen niedergeschlagen hat, die die Studie des Dezernat Zukunft zur Ermittlung ihres Investitionsbedarfs angenommen hat. Zudem ist nicht bekannt, ob das Preisniveau für betreffende Investitionen, welches das Dezernat Zukunft für das Jahr 2024 unterstellt hat, sich deutlich von demjenigen unterscheidet, welches sich 2024 realisiert hat. Aufgrund dieser fehlenden Informationen wurde davon Abstand genommen, einen als arbiträr empfundenen Abschlag bei

Tabelle 1: Schiene: Studienübersicht

Studie	veröff.	Zeitraum	Art	Herleitung	Bedarf	Inflation
Investitionsbedarf						
IRP (BMV, 2025b)	Dez 2025	2025-2029	Erhalt	LuFV III ff	75,6	k.a.
		2025-2029	Ausbau	LuFV III ff	15,1	k.a.
		2025-2029	sonst. Inv	LuFV III ff	17,7	k.a.
LuFV Bedarfs- ermittlung (Dannenbaum und Allrich, 2019)	April 2019	2020-2040	DB Netz Erhalt	3-i-Modell	5,7 p.a.	i.P.v. 2019
		2020-2039	DB Station & Service Erhalt	3-i-Modell	1,0 p.a.	i.P.v. 2019
		2020-2040	DB Energie Erhalt	Dreisatz-Modell	0,3 p.a.	i.P.v. 2019
DZ (Heilmann u. a., 2024)	Sept 2024	2024-2030	Erhalt & Ausbau	politisch abgestimmt, Annahmen	183	2%
DB InfraGO (2026)	Mai 2026	k.a.	Netz Erhalt	zustandsbasiert, WBW aus Deutsche Bahn AG (2026)	105,9	i.P.v. 2024
		k.a.	Personen- bahnhöfe Erhalt	zustandsbasiert, WBW aus Deutsche Bahn AG (2026)	18,6	i.P.v. 2024
Finanzierungslücke						
Krebs und Steitz (2021)	2021	2021-2030	Erhalt (Digitali- sierung) & Ausbau	Szenario KN2045 (Pro- gnos AG, Öko-Institut und Wuppertal- Institut, 2021), McKin- sey (2021)	50	i.P.v. 2021
IW/IMK (Dullien u. a., 2024)	Mai 2024	2024-2033	Erhalt (Digitali- sierung) & Ausbau	Krebs und Steitz (2021)	59,5	i.P.v. 2024
BDI (2024)	Juni 2024	2024-2030	Erhalt & Ausbau	Berechnungen der DB, Finanzplanung	63	k.a.

Anmerkung: Bedarf in Mrd. €. k.a. = Keine Angabe. i.P.v. = in Preisen von.

der Übersetzung des Mitteleinsatzes in den Rest-Investitionsbedarf vorzunehmen. Es ist allerdings davon auszu-
gehen, dass die tatsächliche Minderung des Bedarfs geringer ausgefallen ist, als hier unterstellt.

- Die Abschätzung der DB InfraGo ist eine Momentaufnahme zum Berichtszeitpunkt. Der tatsächliche zukünftige Finanzbedarf ändert sich aufgrund von Preisentwicklungen, Alterung, Abnutzung und Instandhaltung laufend. Um dennoch eine grobe quantitative Einordnung in das Studienumfeld vorzunehmen, wird im Folgenden angenommen, dass sich die nötigen Erhalts-Investitionen gleichmäßig auf die Jahre 2025-2030 verteilen.¹⁸
- Aus der BDI-Studie kann anstelle der in Tabelle 1 dargestellten Finanzierungslücke auch der absolute Investitionsbedarf entnommen werden (90 Mrd. €). Für das Jahr 2024 wird wie oben vereinfachend um 16,06 Mrd. € Mitteleinsatz bereinigt, damit liegt der Finanzierungsbedarf für den Zeitraum 2025-2030 bei 73,9 Mrd. €.¹⁹

2. Fokus auf Erhalt Um den Investitionsbedarf für Ausbau und erweiternde Modernisierung auszuklammern, werden folgende Annahmen getroffen:²⁰

- IRP: Es wird angenommen, dass sich die sonstigen Investitionen ausweislich des Investitionsrahmenplans aufgrund ihres Schwerpunkts auf Digitalisierung und Lärmsanierung zu zwei Dritteln auf Modernisierungsmaßnahmen beziehen, die dem Erhalt zuzuordnen sind. Damit erhöht sich der gesamte Investitionsbedarf für den Erhalt auf 87,4 Mrd. €.
- Dadurch, dass sich der unterstellte Anstieg des Bedarfs in der Studie des Dezernats Zukunft (Heilmann u. a., 2024) um jährlich 3 Mrd. € ab dem Jahr 2028 vornehmlich auf den Ausbau der Schieneninfrastruktur bezieht, wird dieser Betrag nicht eingestellt. Es wird stattdessen die Annahme getroffen, dass sich der unterstellte Finanzierungsbedarf mit Schwerpunkt Sanierung, der sich für das Jahr 2027 laut Heilmann u. a. (2024) auf

¹⁸Der Investitionsbedarf wird damit hier und an anderen Stellen der Studie vereinfachend als statische Flussgröße behandelt. In der Realität und wie auch in der Modell-Spezifikation „Wartung“ nahegelegt, spielt die zeitliche Verteilung der Investitionstätigkeit keine zu vernachlässigende Rolle. So können aufgeschobene Sanierungsinvestitionen durch Verschleißfortschritt zu exponentiell steigenden Folgekosten und geminderter Effektivität nachgelagerter Investitionen führen (Pfadabhängigkeit).

¹⁹Aufgrund von Preissteigerungen kann dieser Betrag zu niedrigeren als den implizit veranschlagten Investitionen zu Preisen von 2024 geführt haben, sodass eine Bedarfsanpassung stattgefunden hätte. Der hier errechnete Betrag ist somit als untere Grenze zu verstehen.

²⁰Im Allgemeinen gilt bei der Schieneninfrastruktur, dass viele Sanierungsprojekte eine Kombinationsmaßnahme darstellen: Beim Ersatz abgenutzter Anlagen (Erhalt) kommt es nicht nur zur Modernisierung des Netzes (z.B. im Zusammenhang mit der digitalen Leit- und Sicherungstechnik (ETCS)), welche im Rahmen dieser Studie unter Sanierung läuft, sondern auch zu Ausbaumaßnahmen (z.B. die Verlängerung von Überholgleisen). Die hier vorgenommene Extraktion von Sanierungsmaßnahmen stellt somit eine untere Grenze für den Investitionsbedarf bei der Schieneninfrastruktur im Bundeskompetenzbereich dar.

27 Mrd. € beläuft, in den Folgejahren mit einer Inflation von 2 % fortsetzt. Unter diesen Annahmen beläuft sich der Investitionsbedarf für Sanierung und Erhalt im Zeitraum 2025-2030 auf 155,3 Mrd. €.²¹

- Krebs und Steitz (2021) und die darauf aufbauende Studie des IW/IMK (2024) betrachten keine Instandhaltungsmaßnahmen, aber den Investitionsbedarf zur Digitalisierung des Schienennetzes (hier klassifiziert als Modernisierung im Bestandsnetz). Die von Krebs und Steitz (2021) dafür angesetzten 20 Mrd. € für den Zeitraum 2021-2030 entsprechen mit der von IW/IMK vorgenommenen Fortschreibung auf das Preisniveau von 2024 23,8 Mrd. €.²²
- Die BDI-Studie macht keine Unterscheidung zwischen Erhalt und Ausbau. Daher wird vereinfachend das Verhältnis unterstellt, welches sich aus der Bedarfsabschätzung des BMV (2025b) ergibt (70 % Erhalt, 30 % Ausbau). Der Erhaltungsbedarf liegt damit bei 51,3 Mrd. €.

3. Umbasierung auf das Preisniveau 2024 Enthält eine Studie lediglich einen nominalen Gesamtbetrag für den Zeitraum $t = 1, \dots, T$, I_T^{nom} , so wird dieser unter folgenden Annahmen in eine jährliche Größe in Preisen des Basisjahres $t = 0$ überführt:

- Konstante Inflation von π und Preis im Basisjahr $p_0 \Rightarrow p_t = (1 + \pi)^t p_0$,
- preisbereinigter Investitionsbedarf in jeder Periode des Anpassungszeitraums gleich hoch:

$$\mathcal{I}_t^{real} = \mathcal{I}^{real}.$$

²¹Diese Abschätzung ist als Obergrenze für den Sanierungsbedarf zu verstehen, da Heilmann u. a. (2024) neben den ab 2028 jährlich 3 Mrd. € explizit ausgewiesenem Ausbaubedarf, der hier ausgeklammert wurde, auch in der verbleibenden Summe implizit einen Ausbau-Anteil veranschlagt haben könnten. Würde ab dem Jahr 2028 ein Ausbau-Anteil von 30%, der Bedarfsschätzung von BMV (2025b) folgend, unterstellt, verringerte sich der hier betrachtete Investitionsbedarf im Zeitraum 2025-2030 auf 130,0 Mrd. €.

²²Es wird unterstellt, dass bis zum Jahr 2025 nichts von diesem Investitionsbedarf abgebaut wurde. Diese vereinfachende Annahme führt zu einer leichten Überschätzung des Investitionsbedarfs. Die Abweichung dürfte allerdings gering ausfallen; noch im November 2023 attestierte der Bundesrechnungshof (2023), dass die Umsetzung des Vorhabens „Digitale Schiene“ schleppend verlaufe.

Damit gilt:

$$\begin{aligned}
 I_T^{nom} &= \sum_{t=1}^T p_t \mathcal{I}_t^{real} \\
 &= \mathcal{I}^{real} \left[p_0 \sum_{t=0}^T (1 + \pi)^t - p_0 \right] \\
 &= \mathcal{I}^{real} p_0 \left[\frac{1 - (1 + \pi)^{T+1}}{-\pi} - 1 \right] \\
 &= \mathcal{I}^{real} p_0 \left[\frac{(1 + \pi)[(1 + \pi)^T - 1]}{\pi} \right] \\
 \Leftrightarrow \quad \mathcal{I}^{real} p_0 &= I_T^{nom} \frac{\pi}{(1 + \pi)[(1 + \pi)^T - 1]}
 \end{aligned}$$

Für die Harmonisierung der vorhandenen Studienlage wird als Basisjahr das Jahr 2024 angesetzt; damit werden alle nachfolgenden Werte als „in Preisen von 2024“ verstanden.²³

- Das oben beschriebene Verfahren wird beim Investitionsrahmenplan und der Studie des BDI angewendet. Hier ist keine dem nominalen Gesamtbetrag zugrundeliegende Inflation angegeben, daher wird vereinfachend eine Inflationsrate von 2 % unterstellt, wie sie dem Ziel der Europäischen Zentralbank entspricht.²⁴
- Bei der LuFV-Bedarfsermittlung ist die Preisbasis 2019. Auf Grundlage der beobachteten Preisentwicklung im Zeitraum des LuFV II gehen die Autoren von nominalen Mehrbedarfen über den Zeitraum 2000-2024 von 5,5 % bei der DB Netz, 10 % bei der DB Station & Service und 12 % bei der DB Energie aus. Diese Annahmen werden übernommen.
- Der Investitionsbedarf aus der Studie des Dezernat Zukunft, der nominale Jahreswerte darstellt, wird direkt mit der in der Studie bereitgestellten Annahme über die jährliche Preisveränderung im Untersuchungszeitraum auf die Preisbasis 2024 umgerechnet.

²³Für die Umrechnung in preisbereinigte Investitionsbedarfe müsste das Preisniveau p_0 bestimmt werden. Sollte für alle Studien der gleiche Preis angesetzt werden (hier erscheint z.B. der Deflator der Bauinvestitionen als eine naheliegende bereichsübergreifende Approximation), ändert sich nichts an der relativen Studien-Gegenüberstellung. Daher wird dieser Schritt hier nicht vollzogen.

²⁴Dies entspricht einer unteren Grenze für die Inflation, da die Preisanstiege für öffentliche Bauinvestitionen, z.B. ausweislich des Deflators im Bereich Nichtwohnungsbau Staat, in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen im Jahr 2024 2,5 % und im Jahr 2025 2,7 % betrugen. Die Gemeinschaftsdiagnose geht im Frühjahr 2026 von Preisanstiegen von 2,9 % im laufenden und 3,2 % im kommenden Jahr aus (Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose, 2026).

Nach den beschriebenen Harmonisierungsschritten ergeben sich auf die Preisbasis 2024 umgerechnete, jährliche Investitionsbedarfe zum Erhalt (inklusive Modernisierung im Bestandsnetz) der Schieneninfrastruktur ausweislich Tabelle 2.

Tabelle 2: Schiene: harmonisierter jährlicher Investitionsbedarf (2025-2030)

Studie	PA	2025	2026	2027	2028	2029	2030
IRP (2025)	2 %	13,58	13,58	13,58	13,58	13,58	13,58
Dannenbaum und Allrich (2019)		7,41	7,41	7,41	7,41	7,41	7,41
DZ (2024)	2 %	20,59	22,11	25,44	25,44	25,44	25,44
DB InfraGO (2026)		20,75	20,75	20,75	20,75	20,75	20,75
Krebs und Steitz (2021) und IW/IMK (2024)*		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
BDI (2024)	2 %	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98

Anmerkung: In Mrd. € in Preisen von 2024. PA = unterstellte jährliche Preissteigerung sofern Annahme nötig. * = nur Digitalisierung der Schiene.

Es zeigt sich eine deutliche Divergenz der abgeschätzten Investitionsbedarfe. Der vergleichsweise niedrige Bedarf in der LuFV-Bedarfsermittlung von Dannenbaum und Allrich (2019) könnte teilweise durch die institutionellen und finanzpolitischen Rahmenbedingungen zum Zeitpunkt der Studiererstellung erklärt werden. Da das SVIK damals noch nicht absehbar war, dürften die implizit unterstellten Finanzierungsspielräume geringer gewesen sein als aus heutiger Perspektive. Im Rahmen der lebenszyklusorientierten Optimierung des 3-i-Modells könnte damit auch das implizite Zielniveau bzw. der langfristig erreichbare Qualitätszustand des Infrastrukturkapitalstocks niedriger angesetzt worden sein als unter den heutigen finanzpolitischen Erwartungen.

Am oberen Ende des Spektrums liegt die Abschätzung von DB InfraGO (2026). Diese basiert auf den aktuellen Wiederbeschaffungswerten sanierungsbedürftiger Anlagen und ist damit besonders sensitiv gegenüber den erheblichen Preissteigerungen der vergangenen Jahre im Bereich von Bau-, Ingenieur- und Ausrüstungsleistungen. Zudem reflektiert der Ansatz eher einen aktuellen technischen Nachholbedarf als einen langfristig geglätteten Investitionspfad. Für den Zweck der Gegenüberstellung der Investitionsbedarfe der Studien wurde dieser Nachholbedarf als Flussgröße umdeklariert und gleichverteilt auf sechs Jahre. Die Höhe der sich daraus

ergebenden jährlichen Beträge von mehr als 20 Mrd. € würden sich in der Praxis nur schwerlich in reale Bauaktivität umsetzen lassen: Sowohl die baubetriebliche Kapazitätsgrenze des Netzes — bedingt durch die Notwendigkeit einer Restkapazität zur Aufrechterhaltung des Fahrplans — als auch begrenzte personelle und maschinelle Kapazitäten in der für die Vorhaben essentiellen Spezialbauwirtschaft wirken als begrenzende Faktoren.²⁵

Die verbleibenden Unterschiede dürften teilweise auch aus den notwendigen Harmonisierungsschritten resultieren. So könnte beim BDI (2024) der Anteil der reinen Erhaltungsinvestitionen konservativ angesetzt worden sein, während beim Dezernat Zukunft (Heilmann u. a., 2024) möglicherweise weiterführende Modernisierungs- und Ausbauinvestitionen nicht vollständig vom Erhaltungsbedarf getrennt werden konnten.²⁶ Der Investitionsrahmenplan des Bundes liegt in seiner Größenordnung zwischen diesen beiden Polen und erscheint damit als mittlere, stärker planungs- und umsetzungsorientierte Abschätzung des zukünftigen Erhaltungsbedarfs plausibel.

4.2 Fernstraßen

Der Begriff Fernstraßen umfasst die Bundesautobahnen und Bundesstraßen in Bundesverwaltung durch die Autobahn GmbH des Bundes sowie die Bundesstraßen in Auftragsverwaltung durch die Länder. Im Wirtschaftsplan 2026 des SVIK sind 3,25 Mrd. € für die Erhaltung von Brücken und Tunneln im Bestandsnetz der Bundesfernstraßen vorgesehen (BMF, 2026), davon 2,5 Mrd. Euro für die Bundesautobahnen und 750 Mio. Euro für die Bundesstraßen. Der überwiegende Investitionsbedarf für das Bundesfernstraßennetz (Erhaltung der Fahrbahnen und sonstigen Anlagenteile, Neu- und Ausbau, sonstige Investitionen) wird über den Kernhaushalt (Einzelplan 12 und Einzelplan 14) finanziert. Drei aktuelle Studien quantifizieren die Finanzierungslücke für Erhalt und teilweise Ausbau der Bundesfernstraßen (Tabelle 3).

²⁵Eine Streckung ist daher nicht nur kapazitätsbedingt notwendig, sondern vermeidet zugleich nachfragebedingte Preissteigerungen und erlaubt einen effizienteren Kapitaleinsatz – auf Kosten einer längeren Verweildauer sanierungsbedürftiger Anlagen im Bestand und der damit verbundenen Unterhaltungs- und Risikokosten.

²⁶Bei dem hier ermittelten Investitionsbedarf von jährlich mehr als 20 Mrd. € stellt sich auch die Frage der Umsetzbarkeit in reale Bauinvestitionen. Da das Angebot der Bauwirtschaft kurzfristig unelastisch ist, würde sich ein rascher Nachfrageanstieg in dieser Größenordnung vermutlich nur teilweise in zusätzlicher realer Bauleistung niederschlagen und zu einem erheblichen Teil in höhere Baupreise münden.

Dezernat Zukunft (DZ; Heilmann u. a., 2024) Für den Erhalt der Straßeninfrastruktur legt das DZ eine Meldung der Autobahn GmbH auf Anfrage der Frankfurter Allgemeinen Zeitung zugrunde, zitiert in einem Artikel der Tagesschau (Landmesser, 2024). Danach besteht für die Jahre 2025 bis 2028 ein zusätzlicher Finanzierungsbedarf von insgesamt 5,5 Mrd. €, die gleichmäßig verteilt werden (1,4 Mrd. € pro Jahr). Für Bundesstraßen wird vereinfachend unterstellt, dass dort ein zusätzlicher Erhaltungsbedarf in Höhe von 50 Prozent des Autobahnwerts (0,7 Mrd. € pro Jahr) anfällt. Bei Fortschreibung bis 2030 und einer jährlichen Preissteigerung von 2 Prozent ergibt sich eine Finanzierungslücke von insgesamt 13,5 Mrd. €.

Institut der deutschen Wirtschaft / Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IW/IMK; Dullien u. a., 2024) Diese Studie bezieht sich auf das Erhaltungsdefizit gemäß BVWP-Erhaltungsbedarfsprognose 2016–2030 (BMDV, 2017), abzüglich der tatsächlichen Bundesausgaben. Als Preisreferenz wird der – zum Zeitpunkt der Studierenerstellung – aktuelle Kostenstand zugrunde gelegt. Weitere methodische Details werden nicht veröffentlicht. Für zehn Jahre wird eine gesamte Finanzierungslücke (Erhalt und Ausbau) von 39 Mrd. € in Preisen des Jahres 2024 ausgewiesen – dabei wird ein erweiterter Investitionsbegriff angewendet, der sowohl öffentliche Investitionen als auch Zuschüsse beinhaltet.

Tabelle 3: Fernstraßen: Studienübersicht

Studie	veröff.	Zeitraum	Art	Herleitung	Bedarf	Inflation
Investitionsbedarf						
IRP/FRP (2025)	Dez 2025	2025-2029	Erhalt	EBP (BMV, 2025a)	36,9	3%
Finanzierungslücke						
DZ (Heilmann u. a., 2024)	Sept 2024	2025-2030	Erhalt	Autobahn GmbH auf FAZ Anfrage + Annahme Bundesstraßen	13,5	2%
IW/IMK (Dullien u. a., 2024)	Mai 2024	2024-2033	Erhalt & Ausbau	BMDV (2017) minus abgeflossene Ausgaben, angepasst an Baupreissteigerung	39	real
BDI (2024)	Juni 2024	2025-2030	Erhalt & Ausbau	k.a.	13,3	k.a.

Anmerkung: Bedarf in Mrd. €. k.a. = Keine Angabe.

Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI, 2024) Der BDI beziffert die Finanzierungslücke für Erhalt und Ausbau der Bundesfernstraßen für die Jahre 2025 bis 2030 auf 7,8 Mrd. €. Zusätzlich werden 5,5 Mrd. € für Brückenmodernisierung bis 2028 veranschlagt. Als Quelle wird hier die Autobahn GmbH angegeben, diese wird jedoch nicht genauer spezifiziert. Beide Beträge werden ohne Vereinheitlichung des Zeitraums aufsummiert, sodass sich eine Finanzierungslücke von 13,3 Mrd. € ergibt. Dabei werden steigende Baukosten berücksichtigt, die methodische Herleitung wird nicht näher dokumentiert

Investitionsrahmenplan (BMV, 2025b) Als Basis für den Vergleich der Höhe der Sanierungslücke wird die EBP des BMV (2025a) herangezogen, auf der der Investitionsrahmenplan für die Verkehrsinfrastruktur des Bundes (IRP; BMV, 2025b) ebenso wie der Finanzierungs- und Realisierungsplan der Autobahn GmbH (FRP; 2025) fundieren. Die EBP wurde auf Basis des in Abschnitt 3 erläuterten Vorgehens erstellt.

Vergleich der Studienergebnisse mit dem Investitionsrahmenplan

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist eingeschränkt, da insbesondere vom BDI und teilweise auch von IW/IMK keine vollständige Dokumentation der zugrunde liegenden Annahmen verfügbar ist. Um eine annäherungsweise Vergleichbarkeit zwischen den ermittelten Bedarfen zu erreichen, und die Studien hinsichtlich Zeitraum, Preisbasis und zugrunde liegender Investitionslinie zu harmonisieren, werden mehrere Annahmen und Anpassungen vorgenommen:

1. Zeitraum Zunächst wird auch hier der Zeitraum auf die Jahre 2025 bis 2030 eingegrenzt. Während die Studien des DZ und des BDI sich direkt auf diesen Zeitraum beziehen, sind Anpassungen für die EBP und die Studie von IW/IMK nötig:

1. Die EBP ist für die Jahre 2023 bis 2032 erstellt, gibt jedoch eine detaillierte Aufschlüsselung für jedes Jahr in diesem Zeitraum und ermöglicht somit eine problemlose Eingrenzung. Dafür werden die ermittelten Finanzierungsbedarfe der Jahre 2025 bis 2030 aufsummiert.
2. IW/IMK ermitteln die gesamte Finanzierungslücke von 39 Mrd. € für zehn Jahre. Da die Studie im Mai 2024 veröffentlicht wurde, wird angenommen, dass sich der ausgewiesene

Zehnjahreszeitraum auf die Jahre 2024 bis 2033 bezieht. Unter Annahme einer Gleichverteilung (3,9 Mrd. € pro Jahr) folgt für die Lücke über sechs Jahre: $39 \times \frac{6}{10} = 23,4$ Mrd. €.

2. Preisanpassung Die von IW/IMK ausgewiesene Finanzierungslücke von 39 Mrd. € ist auf Preisbasis 2024 angegeben. Da die zugrunde liegende Erhaltungsbedarfsprognose bereits eine Preisfortschreibung enthält, wird für die Überführung in nominale Werte nur die zusätzliche Baupreissteigerung gegenüber dieser Annahme berücksichtigt. Auf Basis der historischen Entwicklung ergibt sich hierfür ein Zuschlag von rund zwei bis vier Prozentpunkten pro Jahr; hier werden drei Prozentpunkte angenommen. Unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung über die Jahre 2024 bis 2033 entspricht dies für den Vergleichszeitraum 2025 bis 2030 einer nominalen Finanzierungslücke von rund $\sum_{t=2025}^{2030} 3,9 \times (1,03)^{t-2024} = 25,6$ Mrd. €.

3. Grundlage Investitionslinie 2024 Alle drei Vergleichsstudien geben eine Finanzierungslücke – d.h. einen zusätzlichen Investitionsbedarf zur bestehenden Investitionslinie des Bundes – an. Um daraus den gesamten nötigen Sanierungsumfang herzuleiten, ist es nötig, zunächst die zum Zeitpunkt der Studienerstellung (jeweils 2024) geplanten Investitionsausgaben zu ermitteln. Als Grundlage dient hierfür der Finanzplan 2024, der für Investitionen in Bundesfernstraßen bis 2027 jährlich rund 9 Mrd. € vorsieht (BMF, 2023). Da zum Zeitpunkt der Studienerstellung keine weitergehenden Informationen zu den Investitionsplanungen des Bundes verfügbar waren, als sie im Finanzplan 2024 enthalten sind, wird die dort ausgewiesene Investitionslinie bis 2030 nominal fortgeschrieben. Für den Zeitraum 2025 bis 2030 ergibt sich damit eine kumulierte Investitionslinie von rund 54 Mrd. €. Dabei wird nicht zwischen Investitionen in Erhalt und Ausbau von Fernstraßen unterschieden.

4. Anteil Erhaltungsinvestitionen an der gesamten Investitionstätigkeit Da weder die Vergleichsstudien noch der Finanzplan eine systematische Trennung zwischen Erhalt und Ausbau des Straßennetzes vornehmen, wird der Anteil der Erhaltungsinvestitionen anhand des Verkehrsinvestitionsberichts 2023 approximiert (BMDV, 2025). Dieser weist für die Bundesfernstraßen einen Erhaltungsanteil von rund 60 Prozent aus. Bezogen auf die kumulierte Investitionslinie von 54 Mrd. € ergibt sich damit ein für den Erhalt verfügbares Mittelvolumen von 32,4 Mrd. €. Dieser Wert liegt nahezu auf dem Niveau des im Investitionsrahmenplan ausgewiesenen Erhaltungsbudgets von 32,5 Mrd. €.

Trotz erheblicher Unterschiede in der methodischen Herleitung und zusätzlicher Annahmen zur Herstellung der Vergleichbarkeit ergibt sich über alle betrachteten Studien hinweg ein bemerkenswert konsistentes Bild des Investitionsbedarfs für den Erhalt der Bundesfernstraßen (Tabelle 4). Die harmonisierten Werte liegen in einer relativ engen Bandbreite von 40,4 bis 47,8 Mrd. € für den Zeitraum 2025 bis 2030. Der auf Basis der EBP ermittelte Erhaltungsbedarf von 45 Mrd. € liegt nahezu in der Mitte dieser Spanne. Die geringe Streuung der Ergebnisse deutet darauf hin, dass die Größenordnung des zusätzlichen Investitionsbedarfs robust gegenüber unterschiedlichen methodischen Ansätzen und Annahmen ist. Dies spricht dafür, dass für den Erhalt der Bundesfernstraßen in den Jahren 2025 bis 2030 ein Finanzierungsbedarf von nominal rund 45 Mrd. € als plausible Orientierungsgröße angesehen werden kann.

Tabelle 4: Fernstraßen: nominaler harmonisierter Investitionsbedarf (2025-2030)

Studie	Annahmen				Bedarf
	Zeitraum	Preise	zusätzlich	Anteil	
IRP	✓				45
Studien Finanzierungslücke (ermittelter Bedarf)					
DZ			✓		45,9
IW/IMK	✓	✓	✓	✓	47,8
BDI			✓	✓	40,4

Anmerkung: Annahmen kennzeichnen zusätzliche Anpassungen, die zur Herstellung der Vergleichbarkeit erforderlich sind: *Zeitraum* bezeichnet die zeitliche Abgrenzung auf die Jahre 2025 bis 2030; *Preise* die Umrechnung realer Werte in nominale Größen; *zusätzlich* die Ergänzung der bestehenden Investitionslinie zur Ermittlung des gesamten Investitionsbedarfs; *Anteil* die Abgrenzung des Erhaltungsanteils (60%) an den gesamten Investitionen in Bundesfernstraßen. Der jeweils ermittelte Bedarf ist nominal und in Mrd. € angegeben.

Jährlicher harmonisierter Investitionsbedarf

Die EBP unterstellt einen konstanten Baukostenanstieg von 3 Prozent, der als Preisannahme zur Ableitung der Investitionssummen in Preisen von 2024 herangezogen werden kann. Für die Vergleichsstudien von DZ sowie IW/IMK wird hingegen auf den zum Zeitpunkt der Studierenerstellung gültigen Finanzplan 2024 zurückgegriffen, in dem für den Erhalt der Bundesfernstraßen ab 2025 (gemäß Annahme zum Anteil der Erhaltungsinvestitionen) nominal jährlich

rund 5,4 Mrd. € vorgesehen waren.²⁷ Wird dieser nominalen Investitionslinie eine jährliche Preissteigerung unterstellt, ergibt sich eine über die Zeit sinkende reale Kaufkraft der Investitionsmittel. Dabei wird für jede Studie eine eigene Preisannahme verwendet, um die jeweils implizite Investitionslinie in Preisen des Jahres 2024 konsistent zu rekonstruieren.

Ausgehend von dieser jeweils studienspezifisch abgeleiteten Investitionslinie werden die in den Vergleichsstudien ausgewiesenen Finanzierungslücken genutzt, um den gesamten Erhaltungsbedarf zu bestimmen (Tabelle 5). Hierzu wird die jeweilige Finanzierungslücke zur Investitionslinie in Preisen von 2024 addiert. Sowohl DZ als auch IW/IMK unterstellen dabei eine über den Betrachtungszeitraum konstante reale jährliche Finanzierungslücke. Entsprechend wird auch für die vorliegende Harmonisierung angenommen, dass die von diesen Studien ausgewiesenen zusätzlichen Bedarfe in Preisen von 2024 jährlich konstant sind und zur entsprechenden Investitionslinie addiert werden. Trotz unterschiedlicher methodischer Ansätze und Preisannahmen ergeben sich für den Zeitraum 2025 bis 2030 sehr ähnliche Investitionsbedarfe in Preisen von 2024 für den Erhalt der Bundesfernstraßen, die in den Vergleichsstudien nur leicht über der Schätzung der EBP liegen.

Tabelle 5: Fernstraßen: harmonisierter jährlicher Investitionsbedarf (2025-2030)

Studie	PA	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Summe
IRP (EBP)	3%	5,98	6,27	6,59	6,89	7,17	7,49	40,37
Abgeleitete Investitionsbedarfe								
DZ	2%	7,35	7,25	7,15	7,05	6,95	6,86	42,61
IW/IMK	4.5%	7,51	7,29	7,08	6,88	6,69	6,51	41,96

Anmerkung: In Mrd. € in Preisen von 2024. PA = unterstellte jährliche Preissteigerung.

4.3 Bundeswasserstraßen

Wasserstraßen sind im SVIK grundsätzlich nicht ausgeschlossen, werden laut Deutscher Bundestag (2025) jedoch aktuell nicht berücksichtigt.²⁸ Sie werden somit in den bisherigen öffent-

²⁷Aufgrund der unzureichenden Dokumentation der methodischen Vorgehensweise wird die Studie des BDI in dieser Analyse nicht berücksichtigt.

²⁸Im Einzelplan 12 des Haushaltseinwurfs 2026 sind 3 Mrd. € für Bundeswasserstraßen und Ausgaben der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) vorgesehen (Bundesrechnungshof, 2025).

lichen Schwerpunktsetzungen und Investitionsbedarfsberechnungen deutlich weniger prominent behandelt als Straßen- oder Schieneninfrastruktur. Im Folgenden werden Abschätzungen zu relevanten Konzepten im Bereich Wasserstraße zusammengefasst (Tabelle 6). Im Gegensatz zu Analysen von Straße und Schiene liefern die verfügbaren Studien für die Wasserstraße nicht die erforderliche Detailtiefe, um die ausgewiesenen Investitionsbedarfe methodisch zu harmonisieren. Insbesondere fehlen teilweise belastbare Informationen zur Herleitung der Bedarfe, zur Abgrenzung von Erhaltungs- und Ausbaumaßnahmen sowie zu den zugrunde gelegten Preis- und Inflationsannahmen.

Tabelle 6: Wasserstraßen: Studienübersicht

Studie	veröff.	Zeitraum	Struktur	Herleitung	Größe	Bedarf	Inflation
BVWP (BMDV, 2016)	Aug 2016	2016-2030	Haupt- und Nebenwasserstraßen, Schleusen, Wehre, Brücken	Bedarfsplanliste + Erhaltungsansatz	IB	16,2	k.a.
BDB (2025)	Okt 2025	2025-2029	Schleusen, Wehre	interne Unterlage des BMV	FL	2,8	k.a.
ISW (2023)	Feb 2023	lfd.	Bundeswasserstraßen; Hafeninfrastruktur	WSV-interne Daten	IB	1,6 p.a.	k.a.
BDI (2024)	Juni 2024	2025-2030	Bundeswasserstraßen; Hafeninfrastruktur	ISW + Info der Seehafenwirtschaft	IB	18	6%

Anmerkung: Bedarf in Mrd. €. FL = Finanzierungslücke. IB = Investitionsbedarf. k.a. = Keine Angabe. lfd. = laufend.

Bundesverkehrswegeplan 2030 (BVWP, BMDV, 2016) Ähnlich der EBP orientiert sich der BVWP im Bereich Wasserstraßen maßgeblich an den Zustandsnoten des Seewasserstraßennetzes. Der Investitionsbedarf wird maßgeblich durch die Altersstruktur der Anlagen (Schleusen, Wehre, Brücken) sowie einen über Jahre aufgestauten Erhaltungsrückstand bestimmt, wodurch ein wachsender Anteil des Bestands kritische Zustandsnoten aufweist. Auf Basis der Bauwerksprüfungen wird für rund 18 Prozent der Anlagen innerhalb von zehn Jahren ein Bedarf an Grundinstandsetzungen oder Ersatzneubauten abgeleitet. Insgesamt ergibt sich für den Zeitraum 2016–2030 ein Erhaltungs- und Ersatzinvestitionsbedarf von rund 16,2 Mrd. €, wobei

ein Teil dieses Bedarfs im Rahmen von Ausbauprojekten bereits enthalten ist. Nach Bereinigung dieser Überschneidungen verbleibt ein eigenständiger Erhaltungsbedarf von etwa 13,4 Mrd. €.

Bundesverband der Deutschen Binnenschifffahrt e.V. (BDB, 2025) In einer Pressemitteilung bezieht sich der BDB auf ein internes Papier des BMV, in dem die Finanzplanung der Bundesregierung in Bezug auf die Bundeswasserstraßen analysiert und eine Finanzierungslücke für Instandhaltung, Ersatz und Ausbaumaßnahmen festgestellt wird. Für Erhaltungsmaßnahmen und Ersatzinvestitionen beläuft sich das Finanzierungsdefizit von 2025 bis 2029 demnach auf 2,8 Mrd. €. Dabei werden insbesondere Instandhaltungsmaßnahmen an Schleusen und Wehren in den Vordergrund gestellt.

Initiative System Wasserstraße (ISW, 2023) Das Impulspapier quantifiziert den Investitionsbedarf auf Basis von WSV-internen Baudaten und Bauwerksprüfungen. Ausgangspunkt ist der bereits im Verkehrsinfrastrukturbericht 2015 festgestellte jährliche Ersatzinvestitionsbedarf von 900 Mio. €, der aufgrund des seither aufgelaufenen Sanierungsstaus und gestiegener Baukosten auf rund 1,6 Mrd. € jährlich fortgeschrieben wird. Zur Untermauerung des Bedarfs dokumentiert das Papier die Diskrepanz zwischen Soll- und Ist-Erneuerungsraten: Von den zwischen 2016 und 2023 fälligen 250 Bauwerken (Schleusen, Wehre, Düker, Brücken) wurden lediglich 45 realisiert, was einer Umsetzungsquote von rund 18 Prozent entspricht. Auf dieser Grundlage fordert die Initiative einen Mindestfinanzierungsrahmen von 2 Mrd. € jährlich, der eine überjährige, vom Jahreshaushalt unabhängige Mittelbewirtschaftung voraussetzt. Da es sich um ein Interessenvertretungspapier handelt, ist die Bedarfszahl von 2 Mrd. € als politische Forderungsgröße zu verstehen, während der aus Daten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) abgeleitete Ist-Bedarf von 1,6 Mrd. € den analytischen Kern bildet.

Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI, 2024) Der BDI leitet den zusätzlichen Finanzierungsbedarf der Bundeswasserstraßen aus Schätzungen der ISW (2023) ab. Die erforderlichen jährlichen Investitionen von den 2 Mrd. € werden im Zeitverlauf dynamisiert: Zum einen werden allgemeine Preissteigerungen von 6 Prozent pro Jahr angenommen, zum anderen eine jährliche Steigerung der Sanierungsraten um 15 Prozent. Dadurch wächst der erforderliche jährliche Mitteleinsatz bis 2030 auf etwa 5 Mrd. € an. Unter der Annahme, dass der Bund die bestehende Investitionslinie bis 2030 nominal fortschreibt, ermittelt der BDI daraus einen ku-

multierten zusätzlichen Finanzierungsbedarf von rund 13,6 Mrd. €. Darüber hinaus verweist die Studie auf weitere Investitionsbedarfe im Bereich der Hafeninfrastruktur, insbesondere für klimabedingte Anpassungen der Seehäfen sowie die Sanierung von Kaimauern der Binnenhäfen. Diese belaufen sich auf insgesamt 4,4 Mrd. €.

4.4 Weitere Bereiche §4 SVIKG

Von den acht verbleibenden Bereichen, die grundsätzlich über das SVIK finanziert werden können, wird im Folgenden auf die Studienlage für die Bereiche Krankenhausinfrastruktur, Energieinfrastruktur, Digitalisierung, sowie Bauen und Wohnen eingegangen. Die Studienlage in diesen Bereichen ist noch heterogener als in den Verkehrssektoren. Die verfügbaren Bedarfsabschätzungen unterscheiden sich stark hinsichtlich Gegenstand, Methodik, Zeithorizont und Detaillierungsgrad, sodass eine konsistente Harmonisierung im Rahmen dieser Untersuchung nicht belastbar möglich ist.

Zivil- und Bevölkerungsschutz wird ausgeklammert, da dieser aufgrund der Bereichsausnahme für Verteidigungs- und Sicherheitsausgaben bislang weiterhin über den Kernhaushalt (Einzelplan 06 des Bundesministeriums des Innern) finanziert wird. Auch die Bereiche Bildungs- und Betreuungsinfrastruktur, Forschung und Entwicklung sowie Sportinfrastruktur werden nicht betrachtet.

4.4.1 Krankenhausinfrastruktur

Grundsätzlich werden Investitionskosten wie z. B. Neubauten, Umbauten oder die Anschaffung medizinischer Geräte durch die Bundesländer finanziert. Über explizite Sondertatbestände im Krankenhausfinanzierungsgesetz (KHG) kann sich der Bund an der Finanzierung beteiligen, wie zum Beispiel über den Transformationsfonds. Dieser hat eine Laufzeit von 2026 bis 2035 und wird mit 29 Mrd. € Bundesmitteln (über das SVIK) und 21 Mrd. € Ländermitteln finanziert.²⁹ Für das laufende Jahr sind 3,5 Mrd. € Zuweisungen aus dem SVIK vorgesehen (BMF, 2026).

²⁹Siehe das Krankenhausversorgungsverbesserungsgesetz (KHVVG) vom 05.12.2024, sowie die Novellierung durch das Krankenhausreformenpassungsgesetz (KHAG) vom 15.04.2026.

RWI KKR 2024 (Augurzky u. a., 2024) Der Krankenhaus Rating Report 2024 des RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung basiert auf den Jahresabschlüssen von 489 Krankenhäusern für das Jahr 2022. Der jährliche förderfähige³⁰ Investitionsbedarf der Plankrankenhäuser³¹ zum Substanzerhalt beläuft sich auf mindestens 5,9 Mrd. €, derjenige der Universitätskliniken³² zusätzlich auf 0,9 Mrd. €. Bestimmt wird dies durch die Annahme, dass jährlich mindestens 7 % der Erlöse in Investitionen fließen sollen, um die Unternehmenssubstanz zu erhalten und weiterzuentwickeln.

Hinsichtlich der strukturellen Transformation der Krankenhauslandschaft sieht die Studie ein Investitionsvolumen von rund 40 Mrd. €, wobei die geschätzten Kosten für die Umwandlung von alten Standorten sich zusätzlich auf 7 Mrd. € und die Kosten der Schließung von nicht mehr benötigten Standorten sich auf fast 2 Mrd. € belaufen. Die Preisbasis ist nicht explizit angegeben; die Bestandsinvestitionswerte dürften näherungsweise Preisen von 2022 entsprechen (Bilanzdatenbasis), die Strukturinvestitionszahlen solchen von 2024.

Regierungskommission für eine moderne and bedarfsgerechte Krankenhausversorgung (2025)

Die 13. Stellungnahme und Empfehlung der Regierungskommission beziffert zum einen den Zielkapitalstock und zum anderen den laufenden Investitionsbedarf zum Erhalt ebendiesen.

In der Schätzung des Zielkapitalstocks bewegt sich die Studie sehr eng an der Sanierungslücken-Definition aus Kapitel 2: Der „effektive“ Kapitalstock, der auf dem tatsächlichen Sachanlagevermögen der Krankenhäuser ausweislich Augurzky u. a. (2024) beruht, beträgt im Jahr 2022 etwa 129 Mrd. €. Als „sanierter“ Vergleichs-Kapitalstock werden die Krankenhäuser in den neuen Bundesländern zur Rate gezogen, die aufgrund hoher Investitionen in den 1990er und 2000er-Jahren nahe ihres Ursprungswertes sind. Auf Basis dieses Vergleichs müsste das Krankenhaus-Sachanlagevermögen in ganz Deutschland im Jahr 2022 um circa 23 % höher liegen, also bei 159 Mrd. € ($\hat{=}$ Sanierungslücke 2022) – davon sind in der Regel rund 80 % bzw. 127 Mrd. € als förderfähig einzustufen. Unter der Annahme einer Zielauslastung von 85 % bei gleichzeitigem Rückgang der stationären Fälle aufgrund von Ambulantisierung um 20 % errechnet die

³⁰Förderfähig sind laut Krankenhausfinanzierungsgesetz (KHG) § 9 Wiederbeschaffungen, Neu- und Umbaumaßnahmen, die ein Land im Rahmen seiner Krankenhauspläne bezuschussen kann.

³¹Plankrankenhäuser sind laut § 108 SGB V als Krankenhäuser, die in den Krankenhausplan eines Bundeslandes aufgenommen sind. Nur diese haben Anspruch auf öffentliche Investitionsförderung (KHG-Mittel).

³²Diese sind grundsätzlich nicht KHG-förderfähig; allerdings öffnet das KHVVG einige spezifische Fördertatbestände des Transformationsfonds.

Regierungskommission einen um 20 % geringeren Kapitalbedarf von nunmehr 102 Mrd. €. Da die bilanzierten Werte historische Anschaffungskosten widerspiegeln, wird abschließend unterstellt, dass die Hälfte des Sachanlagevermögens zum Zeitpunkt 2024 abgeschrieben ist und mit dem Baukostenindex 2015–2024 (+66 %) wiederbeschafft werden muss, was dann einem preisbereinigten („saniertem“) Zielkapitalstock von 169 Mrd. € entspricht.³³

Die Finanzierung dieses Kapitalstocks u.a. durch den Transformationsfonds interpretiert die Regierungskommission als *Strukturinvestitionsbedarf*, der klar abzugrenzen ist vom *Bestandsinvestitionsbedarf*. Die Investitionsanforderungen, die sich aus dem reinen Bestandserhalt ergeben, beziffert sie auf Basis einer durchschnittlichen Abschreibungsrate von 5,65 % p. a. auf knapp 7 Mrd. €. ³⁴

Dezernat Zukunft (Heilmann u. a., 2024) Bei der Abschätzung des Investitionsbedarfs aufgrund der strukturellen Reform des Krankenhauswesens stützt sich diese Studie vollständig auf die Abschätzung von Augurzky u. a. (2024). Auch für den laufenden Finanzierungsbedarf greifen sie ihre Zahlen auf: Die Finanzierungslücke für Plankrankenhäuser von Augurzky u. a. (2024) von 2,3 Mrd. € (5,9 Mrd. € Bedarf minus 3,6 Mrd. € Investitionsfördermittel der Länder) wird inflationsangepasst auf 2,6 Mrd. € Finanzierungslücke in 2024 geschätzt. Diese wird dann zur Hälfte als zusätzlicher Finanzierungsbedarf angesetzt.

DKG, GKV und PKV (2024) Laut Berechnungen der Verbände auf Basis des Katalogs der Investitionsbewertungsrelationen für das Jahr 2024, liegt der bestandserhaltende Investitionsbedarf der Krankenhäuser bundesweit bei rund 6,5 Mrd. € Euro pro Jahr. Dieser basiert auf Kalkulationen des Instituts für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK). Dabei wird jedem Behandlungsfall eine sogenannte Investitionsbewertungsrelation zugeordnet. Diese Verhältniswerte stellen den notwendigen Investitionsbedarf eines Krankenhauses dar; auf Basis der Kalkulationen von 64 Krankenhäusern folgte eine Aggregation auf Bundesebene.

Die Studien zeichnen ein konsistentes Bild des Investitionsbedarfs (Tabelle 7): Der laufende Bestandserhaltungsbedarf wird von allen Quellen übereinstimmend auf 6 bis 7 Mrd. € jährlich

³³Die Studie beziffert auf Basis unterschiedlicher Berechnungen des effektiven Kapitalstocks in 2022 eine untere Grenze von 153 Mrd. € und eine obere von 185 Mrd. €.

³⁴Dies entspricht dem mittleren Szenario; das niedrigere geht von einer Abschreibungsrate von 5,55 % und damit 6 Mrd. € Investitionsbedarf und das hohe Szenario von 8 Mrd. € aus – unter Annahme einer Abschreibungsrate von 5,75 %.

Tabelle 7: Krankenhäuser: Studienübersicht

Studie	veröff.	Zeitraum	Art	Herleitung		Bedarf	Inflation
Investitionsbedarf							
RWI KRR 2024 (Augurzky u. a., 2024)	Juni 2024	lfd.	Erhalt (inkl. Universitätskliniken)	Bilanzauswertung, Mindest-Investitionsquote		6,8 p.a.	i. P. v. 2022
		2026–2035	Erhalt und Ausbau	Zielbild Transformation	49	i. P. v. 2024	
Regierungskommission 2025	März 2025	2024	sanierter Kapitalstock	Kalkulat. Abschätzung, Investitionsstau, Bedarf, Baukostenindex		169	i. P. v. 2024
		lfd.	Erhalt	sanierter Kapitalstock,Annahme Abschreibung		7,0 p.a.	i. P. v. 2024
DZ (Heilmann u. a., 2024)	Sept 2024	2026–2035	Erhalt und Ausbau	Augurzky (2024)	u. a.	49	i. P. v. 2024
DKG, GKV und PKV (2024)	April 2024	lfd	Erhalt	Inek	Investitionsbewertungsrelationen	6,5 p.a.	i. P. v. 2024
Finanzierungslücke							
DZ (Heilmann u. a., 2024)	Sept 2024	2025-2030	Erhalt (Plankrankenhäuser)	Augurzky (2024)	u. a.	1, 3 p.a.	i. P. v. 2024

Anmerkung: Bedarf in Mrd. €. k. a. = Keine Angabe. Lfd. = laufend (kein abgeschlossener Zeitraum).

geschätzt, während der einmalige Strukturinvestitionsbedarf für die Transformation der Krankenhauslandschaft auf rund 50 Mrd. € veranschlagt wird und damit in seiner Größenordnung dem neu geschaffenen Transformationsfonds entspricht.

4.4.2 Energieinfrastruktur

Übertragungsnetze und Verteilnetze werden grundsätzlich privatwirtschaftlich finanziert (entgeltreguliert). Der Bund setzt über Investitionszuschüsse Modernisierungs- und Ausbauanreize. Die über das SVIK für 2026 eingeplanten Ausgabenposten im Bereich Energieinfrastruktur umfassen 0,7 Mrd. € für Maßnahmen zur Sicherung der Energieversorgung u.a. als Reaktion auf den russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine. Den aktuell größten Posten bilden Mittel für

den Um- und Neubau klimaneutraler Wärmenetze, für die im SVIK für 2026 knapp 1,4 Mrd. € veranschlagt sind..

Der in Studien abgeschätzte Investitionsbedarf im Bereich Energieinfrastruktur ergibt sich vornehmlich durch die Modellierung von Szenarien mit dem Ziel des Erreichens der Klimaneutralität im Jahr 2045. Die Analysen beziffern jedoch zum Großteil nur den gesamten Investitionsbedarf, ohne dezidiert die Rolle der öffentlichen Hand herauszustellen. Daher ergeben sich trotz geschätzter Investitionsbedarfe in mindestens mittlerer dreistelliger Milliardenhöhe (z.B. 328 Mrd. € für die Übertragungsnetze und 323 Mrd. € für die Verteilernetze bis 2045 laut einer IMK-Studie, Bauermann, Kaczmarczyk und Krebs, 2024; bzw. 1100 Mrd. € bis 2035 laut Boston Consulting Group (2025) für die Umsetzung der Netzentwicklungsplanung Stand 2024) für den Bund aus den Studien nur geringe konkrete Beträge (siehe Tabelle 8). Die Höhe staatlicher Eingriffe bemisst sich laut der Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring (2025) daran, ob und in welchem Ausmaß ein Marktversagen vorliegt, das nicht bereits durch den ordnungspolitischen Rahmen oder bestehende Instrumente adressiert wird. Die meisten Studien treffen hierzu keine konkreten Aussagen.

Prognos AG (2024) Auf Basis von Szenario-Rechnungen über die Nachfrage nach Fernwärme mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2045 errechnet die Studie nötige Investitionen für den Ausbau der Fernwärmenetze, Wärmespeicher und Erzeugungsanlagen. Darauf aufbauend quantifiziert sie den jährlichen Förderbedarf an Investitionskostenzuschüssen und Betriebskostenförderung.

Dezernat Zukunft (DZ Heilmann u. a., 2024) beziffern den Finanzierungsbedarf für verschiedene Bereiche der Energieversorgung. Auf die Förderung erneuerbarer Energien im Rahmen des Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) wird im Folgenden aufgrund der Abhängigkeit der Quantifizierung von Preisschwankungen nicht eingegangen. Für den Hochlauf steuerbarer Kapazitäten setzt die Studie auf Basis von Berechnungen der Bundesregierung einen Finanzierungsbedarf zwischen 18,8 Mrd. € bis 25 Mrd. € für einen geplanten Zubau von 12,5 Gigawatt bis 2030 an. Für die Jahre 2028 bis 2030 setzt sie insgesamt 4,5 Mrd. € an. Im Bereich Wasserstoffspeicher wird ein Investitionsbedarf von 1,5 Mrd. € bis 2050 für Umwidmung plus 6,3 bis 11 Mrd. € für Neubau quantifiziert. Es wird allerdings unterstellt, dass dieser Bedarf rein privatwirtschaftlich zu organisieren ist, sodass beim Bund kein Finanzierungsbedarf entsteht. Hinsichtlich des

Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft wird der Finanzierungsposten gemäß des Haushaltsentwurfs 2025 von insgesamt 11,3 Mrd. € über den Zeitraum 2025-2028 übernommen und mit steigenden Werten für die Folgejahre fortgeschrieben. Beim Netzausbau gilt zunächst, dass dieser als monopolistischer Markt reguliert und über Netzentgelte, die auf die Stromverbraucher:innen umgelegt werden, finanziert wird. Über Zuschüsse versucht die Bundesregierung, diese Kosten abzufedern, zuletzt durch die Festlegung auf eine Zahlung von 6,5 Mrd. € in 2026 an die Übertragungsnetzbetreiber.³⁵ Aus diesem Vorgehen öffentliche Finanzbedarfe abzuleiten, wird vom DZ vermieden.

Krebs und Steitz (2021) beziffern den öffentlichen Finanzbedarf unter dem Szenario Klimaneutralität 2045 seitens des Bundes für das Wasserstofffernleitungsnetz im Zeitraum 2021-2030 auf 20 Mrd. €. Bei den Übertragungs- und Verteilernetzen sieht die Studie einen umfassenden Bedarf, trifft aber aufgrund regulatorischer Unsicherheiten keine Abschätzung über den öffentlichen Finanzierungsbedarf.³⁶

Zuletzt bilden die beiden folgenden Studien einen Eindruck von der Spannweite des gesamten Investitionsbedarfs zur Umsetzung der Energiewende, ohne dabei die zu ihrer Erreichung potenziell notwendigen staatlichen Aufgaben aufzuzeigen.

Boston Consulting Group (2025) stellt zwei Szenarien für die anfallenden Investitionskosten im Zuge der Energiewende gegenüber: Bei Umsetzung des Szenario B des Netzentwicklungsplans (NEP) von 2024 (bezeichnet als „aktuelle politische Ambition“) fielen im Zeitraum 2026-2030 jährliche Investitionen (in Preisen von 2024) von 108 Mrd. € für den Ausbau des Wasserstoff- und Stromsystems an. In diesem Szenario identifizieren die Studienautor:innen allerdings teilweise überschätzte Nachfrageansätze, sowie ein Kostenrisiko durch eine mangelhafte Koordination der verschiedenen Bausteine der Energiewende. Im Szenario einer „nationalen Optimierung“ der Energiewende, welcher diese beiden Faktoren adressiert, sinkt der jährliche Investitionsbedarf auf 66 Mrd. €.

Aurora Energy Research (2025) greift in einem Gutachten für die EnBW Energie Baden-Württemberg AG ebenfalls auf, dass eine im Vergleich zum Netzentwicklungsplan geringe er-

³⁵Siehe Gesetz für einen Zuschuss zu den Übertragungsnetzkosten für das Jahr 2026, abgerufen am 28.05.2026.

³⁶Jüngst hat die EU-Kommission den Einstieg des Bundes beim Stromnetzbetreiber Tennet Deutschland genehmigt, siehe Handelsblatt vom 26.05.2026, abgerufen am 28.05.2026.

Tabelle 8: Energieinfrastruktur: Studienübersicht

Studie	veröff.	Zeitraum	Art	Herleitung	Bedarf	Inflation
Investitionsbedarf						
Prognos (2024)	AG	Juni 2024	2024-2030	Ausbau (Wärme- netze und -erzeugung)	Szenarioanalyse	6,2 p.a. i. P. v. 2024
Krebs und Stei- tz (2021)	2021	2021-2030	Ausbau (Wasser- stofffernlei- tungsnetz)	Szenario KN2045	20	i. P. v. 2021
Boston Con- sulting Group (2025)*	März 2025	2026-2030	Ausbau (Strom- und Wasserstoff- systeme)	NEP 2024 Szenario B	108 p.a.	i.P.v. 2024
				„optimales“ Szena- rio	66 p.a	i.P.v. 2024
Aurora Ener- gy Research (2025)*	April 2025	2025-2045	Umbau des Energiesys- tems	NEP 2023	1268	i.P.v. 2023
				Kosten- und Nach- fragereduziertes Szenario	669	i.P.v. 2023
Finanzierungslücke						
DZ (Heilmann u. a., 2024)	Sept 2024	2028-2030	Ausbau (Hochlauf- steuerbarer Kapazitäten)	eigene Berechnun- gen nach Abschät- zung der Bundesre- gierung	4, 5	k.a.
		2025-2030	Ausbau (Hochlauf Wasserstoff)	eigene Berechnun- gen und Finanzplan 2024-2028	18, 8	k.a.
Prognos (2024)	AG	Juni 2024	2024-2030	Ausbau (Wärme- netze und -erzeugung)	Berechnungen auf Basis Szenarioana- lyse	2, 5 p.a. i. P. v. 2024
					Investiti- onskos- tenzu- schüsse	
					0, 9 p.a. i. P. v. 2024	
					Betriebs- hilfen	

Anmerkung: Bei der Energieinfrastruktur handelt es sich überwiegend nicht um Infrastruktur der öffentlichen Hand. Bedarf in Mrd. €. k. a. = Keine Angabe. Lfd. = laufend (kein abgeschlossener Zeit- raum). * = gesamter Investitionsbedarf ohne Spezifizierung von Bundesmitteln.

wartete Endkundennachfrage den Investitionsbedarf erheblich schmälern würde. Zudem schlägt die Studie eine Reduzierung der Ausbauziele insbesondere bei den Netzinvestitionen vor, so dass der gesamte errechnete Investitionsbedarf über 2025-2045 für die Energiewende statt bei 1268 Mrd. € (unter den Annahmen des NEP-Systems) 47 Prozent geringer auf 669 Mrd. € beziffert wird.

4.4.3 Digitalisierung

Im Bereich der Digitalisierung dominieren quantitativ drei Felder den aktuellen Haushaltsplan des SVIK:³⁷ Laut Wirtschaftsplan des SVIK ist für 2026 ein Soll von 2,5 Mrd. € für die Förderung von Mikroelektronik für die Digitalisierung sowie von 2,3 Mrd. € für die Unterstützung des flächendeckenden Breitbandausbaus angesetzt. Zuletzt spielt auch die Verwaltungsdigitalisierung eine Rolle, mit einem Mittelansatz aus dem SVIK von 0,9 Mrd. € für 2026.

Es gibt keine Bedarfsstudien zum Bereich Mikroelektronik/Halbleiter. Der öffentliche Förderansatz ist hier industriepolitisch und durch internationale Kooperationen wie die „Wichtigen Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse für neuartige Halbleitertechnologien“ (Important Project of Common European Interest on Advanced Semiconductor Technologies, IP-CEI AST) oder den European Chips Act motiviert. Die EU-Kommission hatte diese 2023 nach den EU-Beihilfevorschriften genehmigt.³⁸

Auch der Großteil der Investitionen in Breitband und Glasfaser ist in Deutschland privatwirtschaftlich organisiert und wird vor allem von den Telekommunikationsunternehmen getragen. Die öffentliche Förderung greift subsidiär gemäß den EU-Beihilfeleitlinien für Breitbandnetze nur dort, wo der privatwirtschaftliche Ausbau nicht rentabel ist.³⁹

MICUS Strategieberatung GmbH (2025) untersucht die Gigabitförderung. Der zukünftige Förderbedarf wird dabei errechnet auf Basis der Förderquote, demjenigen Anteil der Adressen,

³⁷Digitalisierung in speziellen Sektoren wie dem Bildungs- oder Gesundheitswesen werden dort wie auch in den hier vorgestellten Studien separat betrachtet.

³⁸Die Begründung weist auf die entscheidende Bedeutung dieser Innovationen für eine grüne und krisenfeste europäische Wirtschaft hin; sie werden aber aufgrund des hohen Risikos von privatwirtschaftlichen Akteuren bislang unzureichend getätigt; siehe Pressemitteilung vom 08.06.2023, abgerufen am 27.05.2026.

³⁹Die Verlängerung der Beihilferegelung für die Förderung bis 2028 wurde 2024 von der EU-Kommission genehmigt und um 26 Mrd. € auf ein Gesamtbudget von 38 Mrd. € erhöht, siehe Pressemitteilung vom 23.07.2024, abgerufen am 27.05.2026.

für die keine marktbasierten Zusagen für den Glasfaserausbau erfolgen. Diese Quote kann jährlich mit der Dynamik des eigenwirtschaftlichen Glasfaserausbaus durch die privatwirtschaftlichen Netzbetreiber schwanken und lag 2025 im Projektgebiet der Studie bei 16 %. Hochgerechnet auf Deutschland beträgt der zukünftige Förderbedarf ab dem Jahr 2026 somit zwischen 14 Mrd. € und 18 Mrd. € – ohne Berücksichtigung von Inflation im Bausektor. Der Bund übernimmt auf Grundlage der Gigabit-Richtlinie 2.0 grundsätzlich 50 % der förderfähigen Ausbaukosten; in wirtschaftsschwachen Regionen kann der Bundesanteil auf bis zu 70 % steigen.⁴⁰

Dezernat Zukunft (Heilmann u. a., 2024) kommt zu dem Schluss, dass für den Ausbau der digitalen Netze keine zusätzlichen Mittel erforderlich sind (da die dafür vorgesehenen Mittel ausreichen, um die Ausbauziele zu erreichen) und im Bereich der digitalen Industriepolitik (unter die die Mikroelektronik-Förderung fällt) keine breit akzeptierte Zielsetzung und damit kein öffentlicher Investitionsauftrag vorhanden ist. Für den Bereich Verwaltungsdigitalisierung wird aufgrund der Datenlage und der hohen Relevanz nicht direkt finanzieller Hemmnisse (gemessen an niedrigen historischen Abrufquoten öffentlicher Mittel in diesem Bereich) keine Quantifizierung des Finanzierungsbedarfs vorgenommen.

IW/IMK (Dullien u. a., 2024) zieht den Schluss, dass der Breitbandausbau so große Fortschritte gemacht hat, dass der verbleibende Bedarf in der mittelfristigen Finanzplanung bereits gedeckt ist.

IW Behörden-Digimeter (Röhl und Engels, 2025; Büchel, Gruben und Röhl, 2026) betrachtet den Umsetzungsstand des 2017 in Kraft getretenen Onlinezugangsgesetzes (OZG), in dem die Gebietskörperschaften verpflichtet wurden – ursprünglich bis Ende 2022 – ihre Verwaltungsleistungen über Verwaltungsportale anzubieten. Dem Bund direkt fällt hier allerdings nur eine Minderheit der im OZG definierten Leistungen zu, da insbesondere die Kommunen im deutschen Föderalsystem auch für Bundesleistungen als ausführende Organe der staatlichen Verwaltung agieren. Auch in diesem Bericht spielen nicht-finanzielle Gründe wie unterschiedliche Verwaltungsstrukturen und Hard- und Softwareausstattungen in Ländern und Kommunen sowie Datenschutzvorgaben eine große Rolle in der E-Government-Umsetzung. Es findet keine Quantifizierung der verbleibenden Investitionsbedarfe statt.

⁴⁰Siehe 3. Änderungsfassung der Gigabit-Richtlinie 2.0 vom 31.03.2026, abgerufen am 27.05.2026. Für die Darstellung in Tabelle 9 wird unterstellt, dass der Bundesanteil 50% beträgt.

Tabelle 9: Digitalisierung: Studienübersicht

Studie	veröff.	Zeitraum	Art	Herleitung	Bedarf	Inflation
Investitionsbedarf						
MICUS Strategieberatung GmbH (2025)	Stra- Okt 2025	ab 2026	Ausbau digitale Netze (Förderanteil Bund)	Auswertung Projektgebiet	Pro- 7 – 9	i. P. v. 2025
Finanzierungslücke						
DZ (Heilmann u. a., 2024)	Sept 2024	2025-2030	Ausbau digitale Netze	Fachgespräche, Abflussgeschwindigkeit	0	k.a.
IW/IMK (Dullien u. a., 2024)	Mai 2024	k.a.	Ausbau Breitband	eigene Auswertung	0	k.a.

Anmerkung: Bedarf in Mrd. €. k. a. = Keine Angabe.

4.4.4 Bauen und Wohnen

Der Bereich Bauen und Wohnen ist institutionell durch eine komplexe Aufgabenverteilung geprägt. Der soziale Wohnungsbau liegt grundsätzlich in der Zuständigkeit der Länder, allerdings beteiligt sich der Bund zunehmend über Finanzhilfen an der Wohnraumförderung; etwa über die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) oder KfW-Förderprogramme zur energetischen Sanierung. Darüber hinaus nimmt der Bereich innerhalb des SVIK eine besondere Stellung ein, da er sowohl klassische Infrastruktur- und Sanierungsfragen als auch klima- und sozialpolitische Zielsetzungen umfasst. Eine detaillierte Betrachtung einzelner Teilbereiche erfolgt daher im Folgenden nicht. Stattdessen wird die heterogene Studienlage lediglich überblicksartig dargestellt.

Die vorhandene Literatur verteilt sich auf verschiedene Teilaspekte, darunter die energetische Gebäudesanierung (Deutsche Energie-Agentur, 2024; McKinsey, 2025), die Sanierung öffentlicher Gebäude (Deutsche Energie-Agentur, 2024), die kommunale Wärmeinfrastruktur und Wärmewende (Agora Energiewende, 2024; Agora Energiewende, 2025), den sozialen Wohnungsbau (Günther, 2022; Heilmann u. a., 2024) sowie den allgemeinen Wohnungsneubau und Wohnraumbedarf (BBSR, 2025). Hinzu kommen Studien zum kommunalen Investitionsrück-

stand, die teilweise ebenfalls Investitionsbedarfe im Gebäudebereich erfassen (KfW Research, 2025).

Die jeweiligen Untersuchungen unterscheiden sich dabei nicht nur hinsichtlich sektoraler Abgrenzung und Betrachtungszeitraum, sondern auch hinsichtlich des zugrunde gelegten Investitionsbegriffs. Teilweise werden ausschließlich klimabedingte Zusatzinvestitionen berücksichtigt, teilweise dagegen vollständige Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen oder gesamtwirtschaftliche Investitionen einschließlich privater Mittel.

Für die klimaneutrale Sanierung öffentlicher Nichtwohngebäude verweist die Deutsche Energie-Agentur (2024) auf einen Investitionsbedarf von rund 120 Mrd. € bis 2045. McKinsey (2025) veranschlagt Investitionen in dreistelliger Milliardenhöhe allein bis 2030 für die Senkung des Energiebedarfs durch Gebäudesanierungen sowie für den Ausbau grüner Wärmenetze und Wärmepumpen bundesweit. Die gemeinsame Studie von IW und IMK (Dullien u. a., 2024) wiederum betrachtet umfassendere öffentliche Investitionsbedarfe und berücksichtigt neben dem sozialen Wohnungsbau auch kommunale Ausgaben für Klimaanpassung, Infrastruktur und Ganztagschulen sowie den Sanierungsbedarf der Hochschulen.

4.5 Synthese

Die in diesem Kapitel ausgewerteten Infrastrukturbereiche unterscheiden sich in ihrem zugrundeliegenden Investitionsbegriff und in ihrer institutionellen Zuständigkeitslogik. So fallen einige Infrastrukturbereiche klarer in den Kompetenzbereich des Bundes (z.B. Teile der Verkehrsinfrastruktur), während andere größtenteils der Verantwortung anderer Gebietskörperschaften unterliegen (z.B. Krankenhäuser) oder privatwirtschaftlich organisiert werden (z.B. große Teile der Energienetze). Letztere würden damit nicht unter den öffentlichen Kapitalstock fallen; in der Ausgestaltung ihrer Ausweitung oder Modernisierung spielt (z.B. aufgrund von Marktversagen) eine öffentliche Finanzierung im Rahmen von Investitionszuschüssen aber dennoch eine Rolle. Darüber hinaus ist eine Trennung zwischen Erhalt und Ausbau in manchen Bereichen (wie z.B. der Verkehrsinfrastruktur) besser und in anderen (z.B. Digitalisierung und Energie) schlechter möglich.

Aus dieser Einordnung ergeben sich drei konzeptionelle Cluster, die jeweils einer anderen Sanierungslückenlogik im Sinne von Kapitel 2 folgen.

Cluster 1 – Klassischer öffentlicher Kapitalstock (Schiene, Straße, Wasserstraße). Hier ist die Modelllogik aus Kapitel 2 direkt anwendbar: Der Kapitalstock ist öffentlich und dem Bund zugeordnet, die Abgrenzung von effektivem und saniertem Kapitalstock ist methodisch möglich, und die Sanierungslücke lässt sich näherungsweise als Differenz zwischen tatsächlichem Zustand und einem normativen Zielniveau operationalisieren. Erhalt und Ausbau sind trennbar und werden in den einschlägigen Studien (EBP, IRP, LuFV-Bedarfsermittlung) auch getrennt ausgewiesen. Die Bundesrolle ist unmittelbar – der Investitionsbedarf ist gleichzeitig der öffentliche Finanzierungsbedarf.

Cluster 2 – Öffentlich geförderter, aber nicht bundeseigener Kapitalstock (Krankenhaus, Wärmenetze). Der Kapitalstock liegt formal bei Ländern, Kommunen oder privatwirtschaftlichen Betreibern; der Bund tritt über Sondertatbestände (Transformationsfonds, BEW) als Ko-Finanzierer auf. Die Sanierungslücken-Logik ist prinzipiell übertragbar, allerdings mit unterschiedlicher Passgenauigkeit innerhalb des Clusters und politisch überlagert: Im Krankenhausbereich ist der Strukturinvestitionsbedarf konzeptionell näher an Ausbau bzw. Transformation als an Erhalt – Zentralisierung und Neustrukturierung zielen auf eine qualitativ neue Versorgungsstruktur ab, nicht auf die Wiederherstellung eines früheren Zustands – auch wenn er politisch aus der historischen Unterfinanzierung der Länder begründet wird. Der Bundesfinanzierungsbedarf ist in den Bereichen von Cluster 2 kleiner als der gesamte Investitionsbedarf und hängt von politischen Entscheidungen über Förderquoten ab.

Cluster 3 – Transformation ohne klassische Sanierungslücke (Energienetze, Digitalisierung). Hier greift die Modelllogik aus Kapitel 2 am wenigsten. Entweder ist der Kapitalstock primär privatwirtschaftlich (Energienetze, Breitband) und der Bundesbeitrag subsidiär, oder die angestrebte Zielsetzung (Klimaneutralität, technologische Souveränität) impliziert eine vollständige Transformation des Kapitalstocks, die über bloßen Substanzerhalt weit hinausgeht. In diesem Cluster sind die ausgewiesenen Investitionsbedarfe nicht Sanierungslücken im engeren Sinne, sondern können eher als Transformationskosten bezeichnet werden.

Das folgende Kapitel unternimmt vor diesem Hintergrund eine erste Annäherung an die Frage, mit welchen Indikatoren und Datengrundlagen sich das Erreichen bzw. Nichterreichen der ermittelten (jährlichen) Investitionsbedarfe möglichst zeitnah beobachten und bewerten lässt.

5 Monitoring-Ansätze

Im Folgenden werden zwei Monitoring-Ansätze vorgestellt: ein technisches Monitoring der Infrastruktur und ein makroökonomisches Monitoring über die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR).

Qualitätskennzahlen und technische Zustandsindikatoren

Die Verfügbarkeit und Qualität von Monitoring-Indikatoren unterscheidet sich erheblich zwischen den betrachteten Infrastrukturbereichen und korrespondiert eng mit der in Kapitel 4.5 hergeleiteten Cluster-Einteilung.

Cluster 1 – Klassischer öffentlicher Kapitalstock. Im Bereich der Schieneninfrastruktur erfolgt die laufende Beobachtung des Infrastrukturzustands primär über den von den Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen (EIU) veröffentlichten Infrastrukturzustands- und -entwicklungsbericht (IZB; siehe z.B. Deutsche Bahn AG, 2026). Einen zentralen Bestandteil bilden dabei die sanktionsbewehrten Qualitätskennzahlen (QKZ), die die vertragliche Grundlage der LuFV III zwischen Bund und EIU darstellen. Darunter fällt unter anderem der theoretische Fahrzeitverlust, die Zustandsqualität von Bahnsteigen und die Versorgungssicherheit der Bahnenergieversorgung. Die Kennzahlen dienen primär der Überprüfung, ob die EIU die vereinbarten Qualitätsziele erreichen; nach Angaben der Deutsche Bahn AG (2026) wurden im Jahr 2025 auf Basis eines Mitteleinsatzes von rund 15 Mrd. € fünf der acht sanktionsbewehrten QKZ erreicht. Gleichzeitig bilden die bestehenden QKZ den tatsächlichen Zustand und die Leistungsfähigkeit der Infrastruktur nur teilweise ab – kapazitative Aspekte des Netzes werden nur indirekt berücksichtigt und betriebliche Engpässe nicht erfasst. Eine Überarbeitung des Kennzahlensystems wird daher nahegelegt (siehe BMDV, 2024) und ist Teil der laufenden Verhandlungen zur LV InfraGO, welche die LuFV III 2027 ablösen soll.

Für die Bundesfernstraßen stellt die Erhaltungsbedarfsprognose (EBP) des BMV (2025a) das zentrale zustandsbasierte Monitoringinstrument dar. Grundlage sind Zustandsnoten auf Ebene einzelner Streckenabschnitte, die aus Fahrbahnzustandserfassungen abgeleitet und mithilfe von Verhaltensfunktionen fortgeschrieben werden. Durch die Aggregation dieser Zustandswerte über das Straßennetz und den Vergleich mit einem definierten Zielzustand lässt sich der Sanierungszustand der Infrastruktur systematisch erfassen. Zur Ableitung eines finanziellen Investitionsbedarfs sind darüber hinaus Annahmen zu den für die Zielerreichung erforderlichen Baukosten notwendig (vgl. BMDV, 2017). Einschränkend wirkt allerdings, dass die Zustandserfassung und -bewertung des Straßennetzes lediglich im Vierjahresrhythmus erfolgt (Fernstraßen-Bundesamt, 2026), wodurch ein engmaschiges Monitoring nur eingeschränkt möglich ist. Für die Wasserstraßen liegt eine ähnliche Zustandsindikatorik in Form von Bauwerksprüfungsdaten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes vor (ISW, 2023).

Cluster 2 – Öffentlich geförderter, nicht bundeseigener Kapitalstock. Im Bereich der Krankenhausinfrastruktur gibt es keine mit dem Schienen- bzw. Straßennetz vergleichbare bundesweite Zustandsindikatorik. Den Investitions- und Sanierungsstau bildet der jährliche Krankenhaus Rating Report des RWI (Augurzky u. a., 2024) bilanzdatenbasiert ab. Das Monitoring der Strukturreform könnte über die Anzahl der eingereichten und bewilligten Förderanträge beim Bundesamt für Soziale Sicherung (BAS) erfolgen.⁴¹

Cluster 3 – Transformation ohne klassische Sanierungslücke. Im Bereich der Energieinfrastruktur existiert ein differenziertes Monitoring, das jedoch den Infrastrukturausbau, nicht den Zustand eines öffentlichen Kapitalstocks beobachtet. Die Bundesnetzagentur veröffentlicht quartalsweise einen Monitoringbericht zum Stromnetzausbau, in dem Planungs- und Baufortschritte nach Kilometern und Verfahrensstand dokumentiert werden (Bundesnetzagentur, 2025b). Ergänzt wird dies durch den jährlichen Energiewende-Monitoringbericht von Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt, der zentrale Kenngrößen wie den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch, Versorgungssicherheitskennzahlen und Netzentwicklung zusammenführt (Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt, 2025).

⁴¹Siehe z.B. Meldung des Bundesministeriums für Gesundheit vom 17.04.2026, abgerufen am 28.05.2026.

Für den Bereich Digitalisierung ist das Monitoring ebenfalls sehr ausgereift: Die Bundesnetzagentur betreibt den Breitbandatlas als öffentlich zugängliches Portal im Gigabit-Grundbuch, der halbjährlich und adressgenau Versorgungsquoten für über 380 Telekommunikationsunternehmen ausweist (Bundesnetzagentur, 2025a). Die Versorgungsquote ist damit ein direkt beobachtbarer Outputindikator für die Zielerreichung der Gigabitstrategie – auch wenn er den öffentlich geförderten Anteil nicht vom privatwirtschaftlichen Ausbau trennt. Für die Verwaltungsdigitalisierung liefert das IW-Behörden-Digimeter (Büchel, Gruben und Röhl, 2026) jährlich eine Einschätzung des OZG-Umsetzungsstands.

Die bestehenden Monitoringinstrumente erlauben damit primär eine Beobachtung der Zielerreichung innerhalb der jeweiligen Programm- und Vertragssystematik. Sie liefern jedoch nur eingeschränkt Aussagen darüber, ob die eingesetzten Mittel gesamtwirtschaftlich effizient verwendet werden oder wie sich der öffentliche Kapitalstock entwickelt. Hierzu sind volkswirtschaftliche Größen das Zielmaß.

Haushalts- und VGR-Größen

Zwischen dem identifizierten Investitionsbedarf und einer sichtbaren wirtschaftlichen Aktivität steht ein mehrstufiger Prozess: Zunächst werden Mittel haushaltsrechtlich bereitgestellt; bei mehrjährigen Vorhaben erfolgt dies zunächst über Verpflichtungsermächtigungen, bevor die Mittel in den jeweiligen Haushaltsjahren tatsächlich verausgabt werden. Zu Verzögerungen kann es hierbei insbesondere durch vorlaufende Planungsprozesse kommen.⁴² Die Verbuchung in den VGR erfolgt dann z.B. bei Bauinvestitionen auf Basis von Produktions- und Umsatzdaten der Baubranche und damit proportional zur erbrachten Bauleistung; so dass ab Baubeginn keine Verzögerung mehr greifen sollte.

Erschwerend ist allerdings, dass der Bund in den verschiedenen Infrastrukturbereichen grundlegend unterschiedliche Rollen einnimmt: Er investiert teils direkt in eigene Anlagen (Cluster 1),

⁴²Der bisherige Mittelabfluss aus dem SVIK zeigt, dass diese Problematik nicht alle Investitionsbereiche gleichermaßen zu betreffen scheint. Zum Beispiel konnte bei der Verkehrsinfrastruktur bereits auf detaillierte Sanierungspläne zurückgegriffen werden, während sich Abflüsse in den dezentraler aufgestellten Bereichen Energieinfrastruktur und Bauen und Wohnen verzögern. Siehe Mittelabfluss und Mittelbindung nach Investitionsbereich oder Ressort des Dashboard Bundessäule des Bundesministeriums der Finanzen, abgerufen am 16.06.2026.

teils fördert er Investitionen anderer Gebietskörperschaften über Zuweisungen sowie privatrechtlicher Unternehmen über Zuschüsse (Cluster 2 und 3). Diese Unterscheidung ist für die statistische Sichtbarkeit in VGR und Haushalt von erheblicher Bedeutung.

Cluster 1 – Öffentliche Bruttoanlageinvestitionen. Die hier berücksichtigte Verkehrsinfrastruktur wird in den VGR grundsätzlich dem Staatssektor zugerechnet.⁴³

Jedoch gibt es auch hier mehrere Faktoren, die eine direkte Übertragung der Haushaltsmittel in die staatlichen Investitionen der VGR erschweren. Zunächst werden nicht alle Mittel als Bruttoanlageinvestition verbucht: Kleinere laufende Instandhaltungsmaßnahmen schlagen in den VGR überwiegend als Vorleistungen im Staatskonsum auf. Dieser Posten umfasst für den Bund allerdings auch Vorleistungen außerhalb der Infrastruktur, sodass eine Isolierung dieser Instandhaltungsmaßnahmen von anderen Vorleistungskäufen nicht möglich erscheint. Größere Ersatzinvestitionen oder umfassende Sanierungsmaßnahmen erhöhen die staatlichen Bruttoanlageinvestitionen, insbesondere den Tiefbau, der sich im Posten staatliche Bauinvestitionen Nichtwohnbau wiederfindet.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass nominal steigende Ausgaben nicht zwangsläufig mit einem höheren realen Infrastrukturaufbau einhergehen. Der staatliche Deflator für den Nichtwohnbau bietet zwar eine konsistente Möglichkeit der Preisbereinigung entsprechender nominaler Größen, bildet die Kostenentwicklung spezifischer Infrastrukturmaßnahmen im Bereich Sanierung und Erhalt jedoch nur näherungsweise ab. Dies erschwert ebenfalls die Zuordnung zwischen bereitgestellten Finanzmitteln für konkrete Projekte und ihrer Materialisierung als VGR-wirksame öffentliche Investitionen.

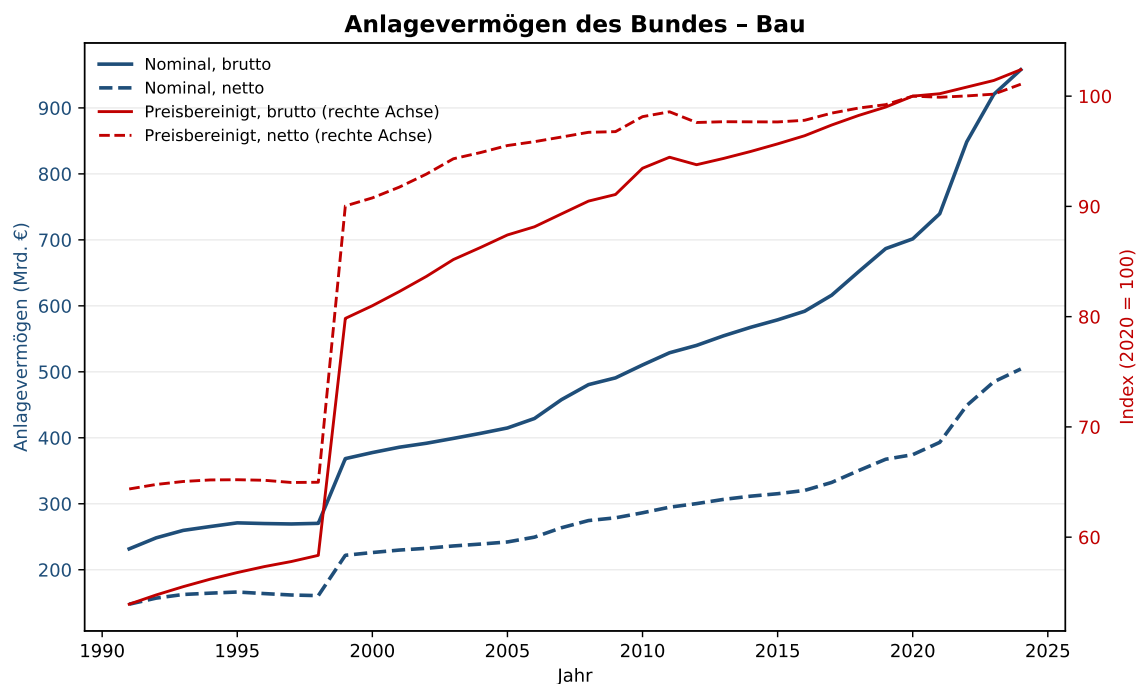
Für eine Betrachtung des öffentlichen Kapitalstocks kann die Vermögensrechnung des Statistischen Bundesamtes herangezogen werden. Diese erlaubt eine jährliche Betrachtung des Brutto- und Nettoanlagevermögens nach Sektoren. Wenn der Gesamtstaat betrachtet wird, liegt das Anlagevermögen im Bereich Bauten disaggregiert für Wohnbau, Hochbau (Nichtwohngebäude) und Tiefbau vor.⁴⁴ Werden die Gebietskörperschaften getrennt betrachtet, wird der Be-

⁴³Stand Januar 2025 zählen die DB InfraGO und die Autobahn GmbH zu den Extrahaushalten des Bundes, siehe Statistisches Bundesamt (2025): Liste der Extrahaushalte 2025; die WSV ist grundsätzlich eine Bundesbehörde, keine ausgegliederte Gesellschaft.

⁴⁴Siehe Statistischer Bericht: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, EVAS-Nummer 81000. Die Bundesautobahnen können hier als einziger Verkehrsblock gesondert betrachtet werden (siehe Tabellenblatt 81000-112).

reich Bauten nur im Aggregat berichtet. Eine weitere Einschränkung besteht darin, dass die Daten mit einer Verzögerung von einem Jahr publiziert werden und damit erst im Rahmen des Monitoring-Berichts des Folgejahres zur Rate gezogen werden können. Die Entwicklung des Brutto- und Nettoanlagevermögens des Bundes im Bereich Bauten bis zum Jahr 2024 ist dargestellt in Abbildung 2.

Abbildung 2: Anlagevermögen des Bundes - Bauten



Anmerkungen: Nominales Anlagevermögen gemessen zu Wiederbeschaffungspreisen; Bestand am Jahresende. Quelle: Statistisches Bundesamt Tabellen 81000-110 und 81000-111, eigene Darstellung.

Wenn für das Monitoring die Entwicklung des Nettoanlagevermögens zugrunde gelegt wird, welches dem Zeitwert des Infrastrukturbestandes am ehesten entspricht, sollte beachtet werden, dass die dabei angesetzten Abschreibungen die Wertminderung durch „normalen“ Verschleiß und wirtschaftliches Verhalten messen. Damit werden z.B. eine höhere Frequenz von Wartungsmaßnahmen, die die Nutzungsdauer verlängern, wie auch über das Normalmaß hinausgehende Beanspruchung nicht berücksichtigt. Der effektive Kapitalstock, welcher dem ma-

kroökonomischen Modellrahmen der Sanierungslücke unterliegt, beinhaltet diese prinzipiell⁴⁵ und unterscheidet sich damit von der aktuellen VGR-Herangehensweise.

Cluster 2 und 3 – Investitionszuschüsse als Vermögenstransfers. Für Infrastrukturbereiche, in denen der Staat nicht selbst mehrheitlicher Eigentümer des Kapitalstocks ist, sondern private oder gemeinnützige Investitionen fördert, ergibt sich eine grundlegend andere statistische Logik. Staatliche Investitionszuschüsse – etwa die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze für Wärmenetzbetreiber, die Gigabitförderung für Telekommunikationsunternehmen oder der Transformationsfonds für Krankenhausträger – werden in den VGR nicht als staatliche Bruttoanlageinvestitionen gebucht, sondern als Vermögenstransfers. Ein Anstieg der SVIK-Ausgaben für diese Bereiche dürfte daher keine direkte unmittelbare Erhöhung der staatlichen Investitionsausgaben in den VGR nach sich ziehen.⁴⁶ Sollen die Wirkungen des SVIK über VGR-Größen beobachtet werden, müsste stattdessen auf die privaten Bruttoanlageinvestitionen in den jeweiligen Sektoren abgestellt werden. Hier ist eine Isolation der förderungs-induzierten Investitionen von anderen Investitionen allerdings kaum möglich. Gewichtige Annahmen sind nötig, um Rückschlüsse aus der Ist-Betrachtung der Mittelabflüsse für Investitionszuschüsse aus dem SVIK auf den Aufwuchs privater Bruttoanlageinvestitionen in den geförderten Bereichen zu schließen.

Vermögensrechnung des Bundes. Idealtypisch würde ein vollständiges Monitoring des öffentlichen Kapitalstocks eine regelmäßig fortgeschriebene Bewertung des Infrastrukturvermögens voraussetzen, wie sie in einer doppischen Buchführung durch Anlagenbuchhaltung und Abschreibungen entsteht. Der Bund führt seinen Haushalt jedoch kameralistisch und der Bundesrechnungshof hält in seinen Bemerkungen regelmäßig fest, dass das Bundesvermögen somit nur unvollständig abgebildet ist: „Andere wesentliche Vermögenspositionen sind noch nicht wertmäßig erfasst. Dazu gehören das Infrastrukturvermögen sowie das bewegliche Sachver-

⁴⁵Beanspruchung ist im hier dargestellten Modellansatz indirekt modelliert in der Erweiterung „Modernisierung“, welche konzeptionell auch gesteigerte Anforderungen aufgrund von verändertem Nutzerverhalten oder z.B. klimatischer Einwirkungen einschließt.

⁴⁶Zuweisungen des Bundes an die Länder oder Kommunen, die dort entweder direkt für eigene Investitionen verausgabt werden (z.B. Digitalisierung an Schulen in kommunaler Trägerschaft) oder als Investitionszuschüsse an nachgelagerte Einheiten weitergereicht werden – etwa an kommunale Krankenhausgesellschaften, sofern sie nach Marktbestimmung dem Staatssektor zugerechnet werden –, schlagen sich wiederum in staatlichen Investitionen nieder.

mögen.“ (Bundesrechnungshof, 2024, S.41). Nach Angaben der Bundesregierung besteht allerdings die Bestrebung, das Verkehrsinfrastrukturvermögen des Bundes unter Berücksichtigung der Standards staatlicher Doppik schrittweise zu erfassen und für eine künftig erweiterte Vermögensrechnung des Bundes monetär zu bewerten (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, 2025).

Für eine vollständige Umstellung wäre eine wertmäßige Ersterfassung des gesamten Anlagevermögens erforderlich. Neben diesem erheblichen praktischen Aufwand gibt es weitere Einwände gegen eine doppische Buchführung auf Bundesebene, zum Beispiel, dass die Kameralistik für transferlastige Haushalte wie den Bundeshaushalt als transparenter und sachgerechter angesehen wird. Zudem ist es unklar, inwieweit der Bund aufgrund der Vorgaben der Schuldenbremse weiterhin kameralistische Elemente in seiner Haushaltsplanung und Rechnungslegung aufnehmen müsste (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, 2025).

Im Ergebnis lassen sich der Zustand und die Entwicklung des öffentlichen Kapitalstocks im Bereich der Verkehrsinfrastruktur derzeit nur näherungsweise beobachten: über technische Zustandsindikatoren (EBP, IZB-Zustandsnoten), VGR-Bauinvestitionen beobachten sowie das Nettoanlagevermögen der Vermögensrechnung. Letzteres kommt einer bewerteten Kapitalstockgröße zwar am nächsten, steht aber aktuell nur mit zeitlichem Verzug und grober Disaggregation zur Verfügung und bildet mit seinen kalkulatorischen Abschreibungsannahmen den tatsächlichen, zustandsabhängigen Substanzverlust nur unzureichend ab. Für die weiteren betrachteten Infrastrukturbereiche beschränkt sich die statistische Beobachtbarkeit auf Förderabflüsse und Output-Indikatoren; eine Rückführung auf den geförderten Kapitalstock ist im bestehenden Datensystem nicht möglich.

6 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die vorliegende Analyse verfolgte das Ziel, eine bereichsübergreifende, ökonomisch fundierte Definition der Sanierungslücke öffentlicher Infrastruktur zu entwickeln und auf ihre empirische Anwendbarkeit zu prüfen. Zu diesem Zweck wurde auf einen wachstumstheoretischen Modellrahmen zurückgegriffen, aus dem die Sanierungslücke als Differenz zwischen einem sanierten und einem effektiven öffentlichen Kapitalstock herausgearbeitet wurde. Mithilfe die-

ses Ansatzes konnten die ökonomischen Treiber des Substanzverlusts explizit gemacht werden. Insbesondere die vier Modellerweiterungen verdeutlichen, dass die Sanierungslücke keine rein technische, sondern eine ökonomische Größe ist: Sie entsteht endogen aus suboptimalen Wartungsentscheidungen und materialisiert sich aufgrund von Time-to-Build-Effekten unter Umständen nur verzögert. Um der heterogenen Beschaffenheit und Nutzung unterschiedlicher Infrastrukturbereiche Rechnung zu tragen, kann sie disaggregiert werden und zuletzt wurde aufgezeigt, dass die Definition neben dem physischen Substanzerhalt auch eine Modernisierungskomponente enthalten kann.

In der empirischen Umsetzung des Modellrahmens treten allerdings Grenzen auf: Der effektive wie der sanierte Kapitalstock sind nicht direkt beobachtbar; die in der Praxis verfügbaren Größen – Zustandsnoten, Verhaltensfunktionen, Wiederbeschaffungswerte, Substanzwerte oder das Nettoanlagevermögen der VGR – approximieren jeweils nur einzelne Komponenten des Modells. So bildet die Erhaltungsbedarfsprognose vor allem die endogene Abschreibungsdynamik ab, während die VGR-Vermögensrechnung einen mechanisch abgeschriebenen Zeitwert liefert, der den zustandsabhängigen Substanzverlust und die Modernisierungskomponente nicht erfasst. Keine der verfügbaren Datenquellen deckt das Modell vollständig ab. Daraus folgt zunächst die für die Politik zentrale Notwendigkeit, klar zwischen Sanierungslücke, Investitionsbedarf und Finanzierungslücke zu unterscheiden. Während die Sanierungslücke konzeptionell einen Rückstand des effektiven gegenüber einem vollständig funktionsfähigen Kapitalstock beschreibt, beziehen sich die meisten praktischen Studien auf zukünftige Investitionsbedarfe sowie Finanzierungslücken.

Die untersuchten Ansätze operationalisieren unterschiedliche Aspekte des Infrastrukturzustands und der daraus resultierenden Investitionsbedarfe. Dabei unterscheiden sich die betrachteten Infrastrukturbereiche nicht nur in der Verfügbarkeit und methodischen Qualität empirischer Studien, sondern auch in ihrer grundlegenden konzeptionellen Eignung für eine Sanierungslücken-Analyse. Für den klassischen öffentlichen Kapitalstock des Bundes – insbesondere Schiene und Straße – wäre die Modelllogik aus Kapitel 2 direkt anwendbar. Für öffentlich geförderte, aber nicht bundeseigene Kapitalstöcke (Krankenhäuser, Wärmenetze) ist sie prinzipiell übertragbar, aber durch politische Förderquoten und institutionelle Zuständigkeitsteilungen überlagert. Für privatwirtschaftlich organisierte Infrastrukturbereiche mit Transformationszielsetzung

(Energienetze und überwiegende Bereiche der Digitalisierung) sind die ausgewiesenen Investitionsbedarfe keine Sanierungslücken im engeren Sinne, sondern Transformationskosten, wobei diese Differenzierung in den zugrundeliegenden Studien selbst meist nicht vorgenommen wird. Eine einheitliche, bereichsübergreifende Sanierungslücke ist damit konzeptionell nicht zielführend; vielmehr erscheinen bereichsspezifische Ansätze sinnvoll.

Im Bereich der Verkehrsinfrastruktur erscheinen die bestehenden Bottom-up-Ansätze der Infrastrukturunternehmen und Fachplanungen gut geeignet, Investitions- und Erhaltungsbedarfe zu operationalisieren. Der Vergleich der Studien zeigt jedoch – insbesondere im Schienenbereich – erhebliche Unterschiede, die aus abweichenden Zieldefinitionen, Modelllogiken und der schwierigen Abgrenzung zwischen Erhalt, Modernisierung und Ausbau resultieren. Statt eines einzelnen Punktwerts erscheint daher die Ausweisung einer Bandbreite plausibler Investitionsbedarfe sinnvoll.

Auch hinsichtlich des Monitoring ist eine bereichsspezifische Ausgestaltung aus Praxisgründen geboten: Bei der Verkehrsinfrastruktur gibt es bereits eine Vielzahl an Vergleichsgrößen aufbauend auf technischen Zustandsindikatoren (EBP, IZB). In Bereichen, in denen Investitionszuschüsse an Private dominieren, können geförderte Investitionen durch Förderquoten und Umsetzungsgeschwindigkeiten approximiert werden; für Transformationsbereiche kann auf Outputindikatoren wie Versorgungs- oder Ausbauquoten zurückgegriffen werden. Eine direkte Übertragung in die VGR stößt dabei an Grenzen: Zwischen haushaltsrechtlicher Mittelbereitstellung und VGR-wirksamen Größen bestehen unter Umständen zeitliche Verzögerungen und Investitionszuschüsse für nicht bundeseigene Kapitalstöcke werden aus Bundessicht als Vermögens-transfers verbucht – nicht als staatliche Investitionen. Eine verbesserte Erfassung des Infrastrukturvermögens in der haushaltsrechtlichen Vermögensrechnung des Bundes böte daher – ergänzend zur bestehenden, aber nur verzögert und ohne Zustandsbezug verfügbaren VGR-Anlagevermögensrechnung – eine wichtige Grundlage für ein langfristiges und zugleich zeitnahes Kapitalstock-Monitoring.

Schließlich spricht die Analyse dafür, bei der Bewertung der Sanierungslücke weniger auf kurzfristige Einzelwerte als vielmehr auf die längerfristige Entwicklung zentraler Indikatoren abzustellen. Entscheidend ist dabei nicht allein die Höhe nomineller Mittelbereitstellungen, sondern

ob diese über die Zeit tatsächlich zu einer Stabilisierung bzw. Verbesserung des Infrastrukturzustands führen.

Literatur

Agora Energiewende (2024). *Investitionen für ein Klimaneutrales Deutschland. Finanzbedarfe und Politikoptionen.*

- (2025). *Investitionen in eine zukunftsfähige Daseinsvorsorge. Von kleinen Stadtwerken bis zum Konzern – wie gelingt die Finanzierung der Energienetze?* Agora Energiewende und Stiftung Klimaneutralität und Dezernat Zukunft.

Augurzky, Boris u. a. (2024). *Krankenhaus Rating Report 2024 – Zwischen Hoffen und Bangen.* Veröffentlicht im Rahmen des Hauptstadtkongresses 2024, Juni 2024. medhochzwei Verlag.

Aurora Energy Research (Apr. 2025). *Systemkostenreduzierter Pfad zur Klimaneutralität im Stromsektor 2040.* Techn. Ber. Gutachten im Auftrag der EnBW Energie Baden-Württemberg AG. Aurora Energy Research.

Autobahn GmbH (2025). *2. Finanzierungs- und Realisierungsplan (FRP) für die Bundesautobahnen und Bundesstraßen in Bundesverwaltung.* Laufzeit: 2025 bis 2029.

Bauermann, Tom, Patrick Kaczmarczyk und Tom Krebs (2024). *Ausbau der Stromnetze: Investitionsbedarfe.* Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK), Hans-Böckler-Stiftung. In Zusammenarbeit mit der Universität Mannheim.

Baxter, Marianne und Robert G. King (1993). „Fiscal Policy in General Equilibrium“. In: *American Economic Review* 83.3, S. 315–334.

BBSR (2025). *Zentrale Ergebnisse der BBSR-Wohnungsbedarfsprognose.* Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Autor*innen: Anna Müther und Matthias Waltersbacher.

BDB (2025). *Internes Papier des Bundesverkehrsministeriums bestätigt massive Unterfinanzierung: Wehre, Schleusen und Wasserstraßen werden kaputtgespart.* Pressemitteilung vom 23.10.2025. URL: <https://www.binnenschiff.de/pressemitteilung/internes-papier-des-bundesverkehrsministeriums-bestaetigt-massive-unterfinanzierung-wehre-schleusen-und-wasserstrassen-werden-kaputtgespart/> (besucht am 26. 05. 2026).

BDI (2024). „Standort D mit Investitionen stärken. Programm für Infrastruktur, Transformation und Resilienz erforderlich“. BDI-Positionspapier.

BMDV (2024). *“Sonderbericht Qualitätskennzahlen” gemäß § 14a.1 Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung III (LuFV III) vom 07.06.2024*. Bundesministerium für Digitales und Verkehr.

- (2016). *Bundesverkehrswegeplan 2030*. Bundesministerium für Digitales und Verkehr.
- (2025). *Der Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2023*. Bundesministerium für Digitales und Verkehr.
- (2017). *Erhaltungsbedarfsprognose (BVWP) 2016 - 2030 der Bundesfernstraßen, Schlussbericht*. Bundesministerium für Digitales und Verkehr.

BMF (2023). *Finanzierungsplan 2024*. Bundesministerium der Finanzen.

- (2026). *Wirtschaftsplan des Sondervermögens Infrastruktur und Klimaneutralität*. Bundesministerium der Finanzen. Anlage 2 zu Kapitel 6002, Einzelplan 60, Bundeshaushaltsplan 2026. Kapitel-Nr. 6093.

BMV (2025a). *Erhaltungsbedarfsprognose*. URL: <https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/erhaltungsbedarfsprognose-bundesfernstrassen.html> (besucht am 30. 04. 2026).

- (2025b). *Investitionsrahmenplan 2025-2029 für die Verkehrsinfrastruktur des Bundes*.

Boston Consulting Group (März 2025). *Energiewende auf Kurs bringen – Impulse für eine effizientere Umsetzung*. Techn. Ber. Studie im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI).

Büchel, Jan, Fabian Gruben und Klaus-Heiner Röhl (2026). *Behörden-Digimeter 2026: E-Government und Verwaltungsdigitalisierung: Aktueller Status quo und die Maßnahmen der Bundesregierung seit ihrem Amtsantritt*. Gutachten im Auftrag der Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft (INSM).

Bundesnetzagentur (2025a). *Breitbandatlas im Gigabit-Grundbuch, Stand Juni 2025*. URL: <https://gigabitbuero.de/artikel/neue-updates-im-breitbandatlas/> (besucht am 27. 05. 2026).

- (2025b). *Monitoringbericht Stromnetzausbau, 4. Quartal 2025*. URL: <https://www.netzausbau.de/Daten/monitoring/de.html> (besucht am 27. 05. 2026).

Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt (2025). *Monitoringbericht 2025 – Energie*. URL: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Monitoringberichte/start.html> (besucht am 27. 05. 2026).

Bundesrechnungshof (Nov. 2023). *Bericht nach § 88 Abs. 2 BHO an den Haushaltsausschuss des Deutschen Bundestages über das Vorhaben „Digitale Schiene Deutschland“*. Techn. Ber. Bundesrechnungshof.

- (2024). *Feststellungen zur Haushaltsrechnung und zur Vermögensrechnung des Bundes für das Haushaltsjahr 2023*.
- (2025). *Information über die Entwicklung des Einzelplans 12 (Bundesministerium für Verkehr) für die Beratungen zum Bundeshaushalt 2026*. Bericht an den Haushaltsausschuss des Deutschen Bundestages. § 88 Abs. 2 BHO.

Dannenbaum, Joachim und Ralf Allrich (2019). *Bedarfsermittlung LUFV III 2020-2024. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur*.

DB InfraGO (2026). *InfraGO-Zustandsbericht Netz and Personenbahnhöfe 2025*. Studie im Auftrag des BMVI.

Deutsche Bahn AG (2025). *Infrastrukturzustands- und -entwicklungsbericht 2024 gemäß Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung III*. Deutsche Bahn AG.

- (2026). *Infrastrukturzustands- und -entwicklungsbericht 2025 gemäß Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung III*. Deutsche Bahn AG.

Deutsche Energie-Agentur (2024). *Fit für 2045 (Teil Investitionsbedarf für die Transformation öffentlicher Nichtwohngebäude – Notwendige Investitionen für einen klimaneutralen öffentlichen Gebäudebestand und mögliche Finanzierungsansätze*.

Deutscher Bundestag (2025). *Investitionsbedarf für die Wasserstraßeninfrastruktur*. HIB-Kurzmeldung 545/2025 vom 24.10.2025. URL: <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-1117606> (besucht am 26. 05. 2026).

DKG, GKV und PKV (2024). *GKV-Spitzenverband, Verband der Privaten Krankenversicherung PKV und Deutsche Krankenhausgesellschaft DKG fordern von Ländern höhere Investitionen in Kliniken*. Gemeinsame Pressemitteilung. Zum Katalog der Investitionsbewertungsrelationen 2024, kalkuliert durch das Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK). URL: https://www.gkv-spitzenverband.de/gkv_spitzenverband/presse/pressemitteilungen_und_statements/pressemitteilung_1791552.jsp (besucht am 27. 05. 2026).

Dullien, Sebastian u. a. (2024). „Herausforderungen für die Schuldenbremse. Investitionsbedarfe in der Infrastruktur und für die Transformation“. IW-Policy Paper.

- DZSV (2024). *Bericht gemäß § 14a.2 der Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV) III*. Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt.
- Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring (Dez. 2025). *Stellungnahme zum Monitoringbericht der Bundesregierung zur Energiewende 2025*. Techn. Ber. Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring.
- Fernstraßen-Bundesamt (2026). *Zustandserfassung und Zustandsbewertung*. URL: https://www.fba.bund.de/DE/Themen/Zustandserfassung_Zustandsbewertung/Zustandserfassung_Zustandsbewertung_node.html (besucht am 29.05.2026).
- Gühler, Nadine und Oda Schmalwasser (2020). „Anlagevermögen, Abschreibungen und Abgänge in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen“. In: *WISTA – Wirtschaft und Statistik* 3, S. 62–82.
- Günther, Matthias (2022). *Bezahlbarer Wohnraum 2022, Neubau – Umbau – Klimaschutz*. Pestel Institut, beauftragt vom Verbändebündnis „Soziales Wohnen“.
- Heilmann, Felix u. a. (2024). „Was kostet eine sichere, lebenswerte und nachhaltige Zukunft? Öffentliche Finanzbedarfe für die Modernisierung Deutschlands“. Dezernat Zukunft.
- ISW (2023). *Wasserstraßeninfrastruktur stärken: Finanzierung langfristig sichern. Leistungsfähigkeit der WSV steigern*. Impulspapier.
- Kalaitzidakis, Pantelis und Sarantis Kalyvitis (2004). „On the macroeconomic implications of maintenance in public capital“. In: *Journal of Economic Dynamics and Control* 28.4, S. 695–724.
- KfW Research (2025). *KfW-Kommunalpanel 2025*. Kreditanstalt für Wiederaufbau und Deutsches Institut für Urbanistik.
- Krebs, Tom und Janek Steitz (2021). „Öffentliche Finanzbedarfe für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2030“. Forum New Economy Working Papers Nr. 3.
- Kydland, Finn E und Edward C Prescott (1982). „Time to Build and Aggregate Fluctuations“. In: *Econometrica* 50.6.
- Landmesser, Detlev (2024). *Brückensanierung wird teurer als gedacht*. URL: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/bruecken-modernisierung-kosten-100.html> (besucht am 07.05.2026).
- Leeper, Eric M., Todd B. Walker und Shu-Chun S. Yang (2010). „Government investment and fiscal stimulus“. In: *Journal of Monetary Economics* 57.8, S. 1000–1012.

- LuFV III (2020). *Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung III (LuFV III)*. Bundesrepublik Deutschland und Eisenbahn-Infrastruktur-Unternehmen.
- McKinsey (2021). *Machbarkeitsstudie zum Rollout von ETCS/DSTW*. Studie im Auftrag des BMVI.
- (2025). *Wärmewende: Bis 2030 Investitionsbedarf von bis zu 430 Mrd. Euro*. Pressemitteilung vom 05.09.2025. URL: <https://www.mckinsey.de/news/presse/2025-09-08-energiewende-index-waermewende> (besucht am 27. 05. 2026).
- MICUS Strategieberatung GmbH (2025). *Gigabitförderung 2.0 in 2025: Nichts zu verschenken*.
- Prognos AG (2024). *Perspektive der Fernwärme – Aus- und Umbau städtischer Fernwärme als Beitrag einer sozial-ökologischen Wärmepolitik. Aktualisierung 2024*. Gutachten im Auftrag von AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte and KWK e. V. and dem Verband kommunaler Unternehmen e. V. (VKU). Aktualisierung der Studie aus dem Jahr 2020.
- Prognos AG, Öko-Institut und Wuppertal-Institut (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Ziele schon vor 2050 erreichen kann*. Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende.
- Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose (2026). *Energiepreisschock überlagert Fiskalimpuls – Wachstumskräfte versiegen*. Frühjahr 2026.
- Ramey, Valerie A. (2020). *The Macroeconomic Consequences of Infrastructure Investment*. NBER Working Paper 27625. National Bureau of Economic Research. DOI: 10.3386/w27625.
- Regierungskommission für eine moderne and bedarfsgerechte Krankenhausversorgung (2025). *Dreizehnte Stellungnahme und Empfehlung der Regierungskommission für eine moderne und bedarfsgerechte Krankenhausversorgung: Reform der Investitionskostenfinanzierung für die Krankenhäuser in Deutschland – Bestandsinvestitionen und Strukturinvestitionen*. Bundesministerium für Gesundheit.
- Rioja, Felix K. (2003). „Filling potholes: macroeconomic effects of maintenance versus new investments in public infrastructure“. In: *Journal of Public Economics* 87.9–10, S. 2281–2304.
- Röhl, Klaus-Heiner und Barbara Engels (2025). *Behörden-Digimeter 2025: Wo steht Deutschland zur Bundestagswahl bei der Digitalisierung seiner Verwaltung – und wie könnte die neue Regierung mehr Tempo schaffen?* Gutachten im Auftrag der Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft (INSM).

- Solow, Robert M. (1960). „Investment and Technical Progress“. In: *Mathematical Methods in the Social Sciences 1959*. Hrsg. von Kenneth J. Arrow, Samuel Karlin und Patrick Suppes. Stanford: Stanford University Press, S. 89–104.
- Stoll, Fabian und Bastian Kogel (2020). *Machbarkeitsstudie für ein Modell zur individuellen Prüfung der Erreichbarkeit der Obergrenze der Gesamtkosten bei Betreibern der Schienenwege*. RWTH Aachen University.
- Whelan, Karl (2002). „Computers, Obsolescence, and Productivity“. In: *Review of Economics and Statistics* 84.3, S. 445–461.
- Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2025). *Kameralistik und Doppik im Rahmen der Haushaltsführung des Bundes und der Länder*. Ausarbeitung WD 4.

A Modellherleitungen

Die folgenden Herleitungen ergänzen den Modellteil um die formalen Schritte zum optimalen Kapitalstock, zu den gekoppelten Optimalitätsbedingungen unter endogener Wartung sowie zur Time-to-Build-Erweiterung.

A.1 Herleitung optimaler Kapitalstock K_g^*/Y

Der optimale öffentliche Kapitalstock ergibt sich aus der Maximierung des Nettooutputs — des Bruttooutputs abzüglich der Nutzungskosten des Kapitals:

$$\max_{K_g} Y(K_g) - r K_g - \delta_g K_g,$$

mit Opportunitätskosten $r K_g$ und Wartungsbedarf $\delta_g K_g$. Die Optimalitätsbedingung lautet

$$\frac{\partial Y}{\partial K_g} = r + \delta_g,$$

also Grenzprodukt gleich Nutzungskosten. Unter Cobb-Douglas-Produktion $Y = AK_p^\alpha L^{1-\alpha-\beta} K_g^\beta$ gilt $\partial Y / \partial K_g = \beta Y / K_g$. Einsetzen liefert

$$\frac{K_g^*}{Y} = \frac{\beta}{r + \delta_g}.$$

Analog folgt für das Privatkapital $K_p^*/Y = \alpha/(r + \delta_p)$.

A.2 Endogene Wartung: gekoppelte Optimalitätsbedingungen

Es werden simultan der öffentliche Kapitalstock K_g und der Wartungsaufwand M so gewählt, dass der Nettooutput im Steady State (der Output abzüglich der Nutzungs- und Wartungskosten) maximiert wird:

$$\max_{K_g, M} Y(K_g) - r K_g - \delta_g(M) K_g - M, \quad \delta'_g(M) < 0.$$

Die drei Kostenterme sind: Opportunitätskosten $r K_g$, der laufende Wartungsbedarf $\delta_g(M) K_g$ zum Erhalt des Stocks sowie der zusätzliche Wartungsaufwand M , der die effektive Abschreibungsrate reduziert. Der lineare Term M impliziert, dass die Grenzkosten der Wartung auf eins normalisiert sind.

First-Order-Conditions. Ableitung nach K_g und M liefert zwei gekoppelte Bedingungen:

$$\begin{aligned} [K_g] : \quad & \frac{\partial Y}{\partial K_g} = r + \delta_g(M^*), \\ [M] : \quad & -\delta'_g(M^*) \cdot K_g^* = 1. \end{aligned}$$

Interpretation der K_g -FOC. Gleichung $[K_g]$ ist die Standard-Bedingung für den Kapitalstock, mit der Modifikation, dass die Abschreibungsrate $\delta_g(M)$ endogen vom optimalen Wartungsaufwand abhängt. Bei Cobb-Douglas folgt:

$$\frac{K_g^*}{Y} = \frac{\beta}{r + \delta_g(M^*)}.$$

Bei einem inneren Optimum mit positiver Wartung gilt $\delta_g(M^*) < \delta_g(0)$. Dadurch ist das Stock-zu-BIP-Verhältnis höher als in einer Vergleichssituation ohne wirksame Wartung bzw. mit höherer effektiver Abschreibung.

Interpretation der M -FOC. Eine Grenzeinheit Wartung verringert die Abschreibung pro Stockeinheit um $-\delta'_g(M)$. Multipliziert mit dem Stock K_g ergibt das die durch zusätzliche Wartung erhaltene Substanzmenge. Im Optimum entspricht dies dem (auf eine Einheit normalisierten) Grenzkosten der Wartung.

Simultane Lösung. Die beiden FOCs bestimmen K_g^* und M^* gemeinsam:

- Aus der M -FOC folgt eine implizite Beziehung $M^*(K_g)$ – bei größerem Stock lohnt sich mehr Wartung, weil eine größere Substanzmenge geschützt wird.
- Aus der K_g -FOC folgt umgekehrt $K_g^*(M)$ – bei niedrigerer effektiver Abschreibung lohnt sich ein größerer Stock.

Beide Effekte verstärken sich gegenseitig: endogene Wartung macht das Modell stockintensiver.

A.3 Time-to-Build: Steady State und Übergangspfad

Die Akkumulationsgleichung mit lag-verteilter Mittelautorisierung A_t lautet

$$K_{g,t+1} = (1 - \delta_g(M_t)) K_{g,t} + \sum_{j=0}^T \phi_j A_{t-j}, \quad \sum_{j=0}^T \phi_j = 1,$$

mit Lag-Koeffizienten ϕ_j und maximalem Lag T .

Steady State. Bei konstantem A und M summieren sich die Lag-Beiträge zu A , sodass

$$\delta_g(M^*) \cdot K_g = A$$

gilt. Die FOC für K_g aus Abschnitt A.2 bleibt unverändert; der optimale Kapitalstock

$$\frac{K_g^*}{Y} = \frac{\beta}{r + \delta_g(M^*)}$$

entspricht damit dem Ergebnis aus dem Modell mit endogener Wartung (Abschnitt A.2).

Übergangspfad. Die Lag-Verteilung $\{\phi_j\}$ beeinflusst ausschließlich die Dynamik des Anpassungspfades. Eine heute autorisierte Sanierungsmaßnahme schließt die Sanierungslücke verteilt über die Lag-Periode – das Steady-State-Niveau bleibt hingegen unverändert.