

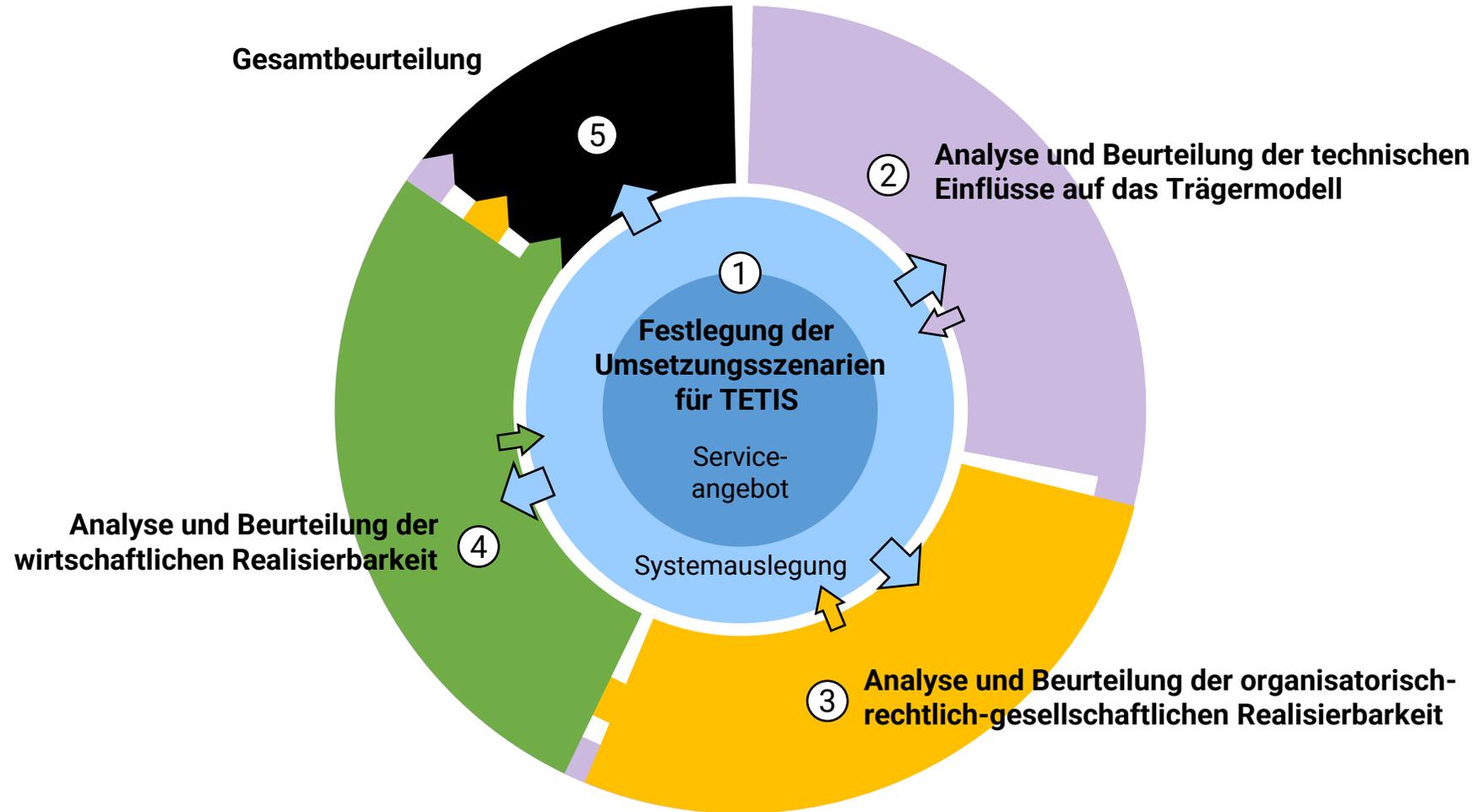
*„Analyse der Bedingungen und Wege für die
Realisierung eines Testzentrums für
Eisenbahntechnik in Sachsen (TETIS) mit dem Fokus
auf potentielle Trägermodelle“*

ERGEBNISBERICHT

TU Chemnitz

in Kooperation mit dem Institut für Bahntechnik

1. Überblick über inhaltliche Bestandteile der Analyse
2. Festlegung der Umsetzungsszenarien für TETIS
3. Analyse und Beurteilung der technischen Einflüsse auf das Trägermodell
4. Analyse und Beurteilung der organisatorisch-rechtlich-gesellschaftlichen Realisierbarkeit
5. Analyse und Beurteilung der wirtschaftlichen Realisierbarkeit
6. Erkenntnisse und Empfehlungen



Potenzielle Szenarien

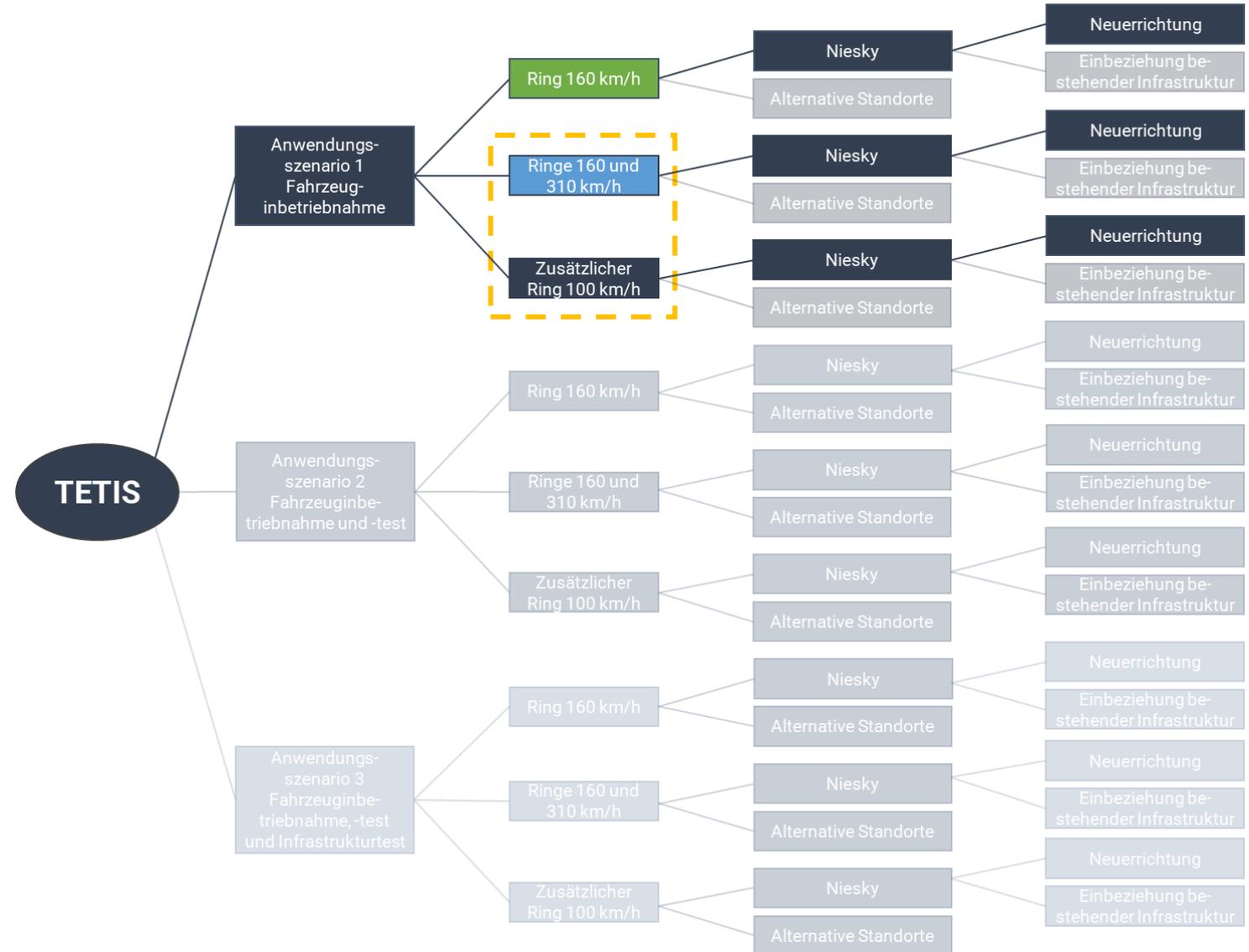
Anwendungsfelder	Anwendungsszenario 1 Fahrzeuginbetriebnahme	Anwendungsszenario 2 Fahrzeuginbetriebnahme & Fahrzeugtest	Anwendungsszenario 3 Fahrzeuginbetriebnahme, Fahrzeugtest & Infrastrukturtest
Dimensionierung	Ring 160 km/h	Ring 160 und 310 km/h	Zusätzlich Ring 100 km/h
		parallel sukzessiv	parallel sukzessiv
Standort	Niesky		Alternativer Standort
	Neuerrichtung Nutzung un bebauter (Agrar-)Flächen	Einbeziehung bestehender Infrastruktur teilweise Nutzung Waggonbau	

Anwendungsfelder	Anwendungsszenario 1 Fahrzeuginbetriebnahme	Anwendungsszenario 2 Fahrzeuginbetriebnahme & Fahrzeugtest	Anwendungsszenario 3 Fahrzeuginbetriebnahme, Fahrzeugtest & Infrastrukturtest
Dimensionierung	Ring 160 km/h	Ring 160 und 310 km/h	Zusätzlich Ring 100 km/h
		parallel sukzessiv	parallel sukzessiv
Standort	Niesky		Alternativer Standort
	Neuerrichtung Nutzung un bebauter (Agrar-)Flächen	Einbeziehung bestehender Infrastruktur teilweise Nutzung Waggonbau	

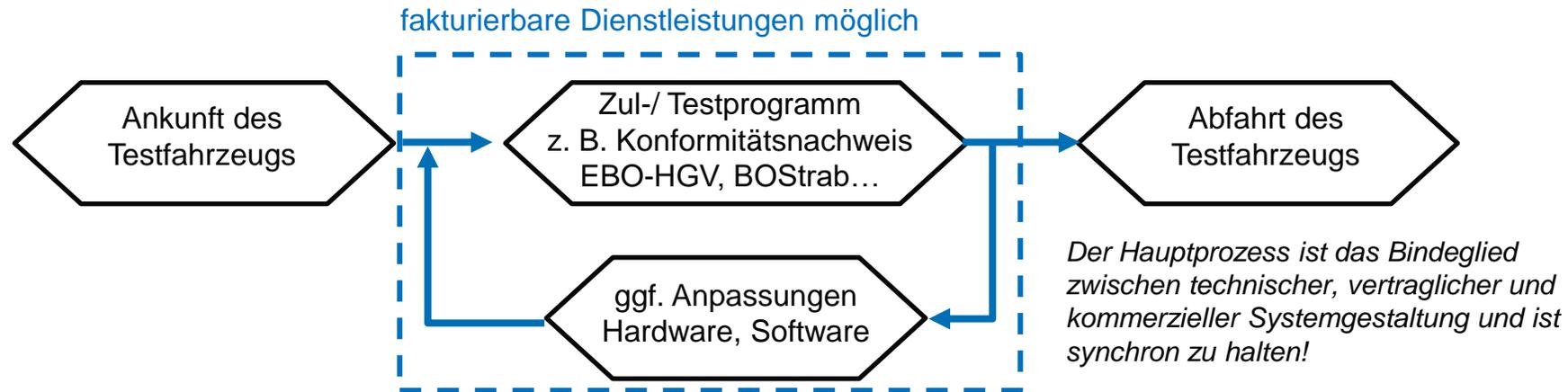
Primär untersuchtes Szenario

- Anwendungsszenario 1 „Fahrzeuginbetriebnahme“ als Basisszenario betrachtet
- Für Szenarien 2 „Fahrzeugtest“ und 3 „Infrastrukturtest“ sind nur wenige weitere Ausstattungselemente für TETIS notwendig
- Fokussierung **Medium-Portfolio**: 2 Ringe (für 160 und für 310 km/h)
- Daneben auch **Minimal-Portfolio** (für 160 km/h) und **Multi-Portfolio** (für 160, 310 sowie 100 km/h) betrachtet
- Untersuchung bezogen auf den (gemäß vorangegangener Potenzialstudie priorisierten) Standort Niesky und eine Neuerrichtung sämtlicher Infrastruktur

Anwendungsfelder	Anwendungsszenario 1 Fahrzeuginbetriebnahme	Anwendungsszenario 2 Fahrzeuginbetriebnahme & Fahrzeugtest	Anwendungsszenario 3 Fahrzeuginbetriebnahme, Fahrzeugtest & Infrastrukturtest
Dimensionierung	Ring 160 km/h	Ring 160 und 310 km/h parallel sukzessiv	Zusätzlich Ring 100 km/h parallel sukzessiv
Standort	Niesky Neuerrichtung Nutzung unbebauter (Agrar-)Flächen		Alternativer Standort Einbeziehung bestehender Infrastruktur teilweise Nutzung Waggonbau



TETIS – Herleitung und Beschreibung eines Realisierungs-Szenarios der technischen Ausgestaltung als Grundlage für die Bewertung des Geschäftsmodells



- Erprobungs- und Zulassungsprogramme sind im Detail sehr unterschiedlich
- Herausforderung bei Konzeption einer Testanlage:
 - Funktionale und strukturelle Modularität, um mit den gleichen [großen, teuren, komplexen] Basiskomponenten bei nur verhältnismäßig geringfügigen Ergänzungen/ Modifikationen ein möglichst breites Leistungsspektrum anzubieten
 - Anpassungsfähigkeit im Verlauf des Bestehens sicherstellen: Je höher der Investitionsaufwand, umso mehr muss sichergestellt sein, dass langfristig eine zweckmäßige Nutzung erhalten bleibt. (Nutzungsdauer der Eisenbahn-Infrastrukturanlagen von ca. 30 Jahren wahrscheinlich)
 - Einhaltung formaler Anforderungen für spezielle Leistungen, z. B. akkreditiertes Labor
- Insbesondere wichtig bei Planung und Entwurf der Infrastruktur; Betreiber- und Geschäftsmodell darauf abzustimmen (Definition der funktionalen Leistungsfähigkeit)

Heißt auch: möglichst viele Produktivanlagen, mit denen unmittelbar fakturierbare Leistungen erbracht werden können (z. B. Teststrecken, Testgleise, Werkstatt) im Verhältnis zu sonstiger betriebsnotwendiger Ausstattung (z. B. Zufahrtgleise, Rangiergleise, Leittechnik, dispositives und administratives Personal)

Merkmale	Szenario „Minimal-Portfolio“	Szenario „Medium-Portfolio“	Szenario „Multi-Portfolio“
Angebotsportfolio			
Bereitstellung Infrastruktur/ Streckenslots auf der Teststrecke zur Inbetriebnahme fabrikneuer Serienfahrzeuge durch den Kunden	x	x	x
Bereitstellung Infrastruktur/ Streckenslots auf der Teststrecke zu Fahrzeugtests / Erprobung durch den Kunden	x	x	x
Optional: Durchführung von Inbetriebnahmen / Fahrzeugtests durch TETIS im Auftrag des Kunden als akkreditiertes Testlabor		(x)	x
Optional: Montage-/Umbau-/Werkstattleistungen an Fahrzeugen		(x)	x
Optional: Erprobung Infrastrukturkomponenten		(x)	x
Optional: gesicherte Langzeitabstellung von Fahrzeugen, Mietgleise		(x)	x
Optional: Vermietung privater Testanlagen (Fläche, Halle, Gleis)		(x)	x
Ausrüstung > bedienbare Teilmärkte			
unabh. Testgleis als Ring, $R_{MIN}=300m$ (V bis ~80/100 km/h), 1,2x0,6 km			x
unabh. Testgleis als Ring, $R_{MIN}=1000/ 2000m$ (V=160/ 200 km/h), 4x6 km	x	x	x
unabh. Testgleis als Ring, $R_{MIN}=1000/ 3000m$ (V=160/ 310 km/h) 8x9 km		x	x
Standort Region Niesky/Horka mit Anschluss an DB-Strecke 6207	x	x	x

Realisierungsbeispiel als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Mögliche Trägermodelle für TETIS im Überblick (1)

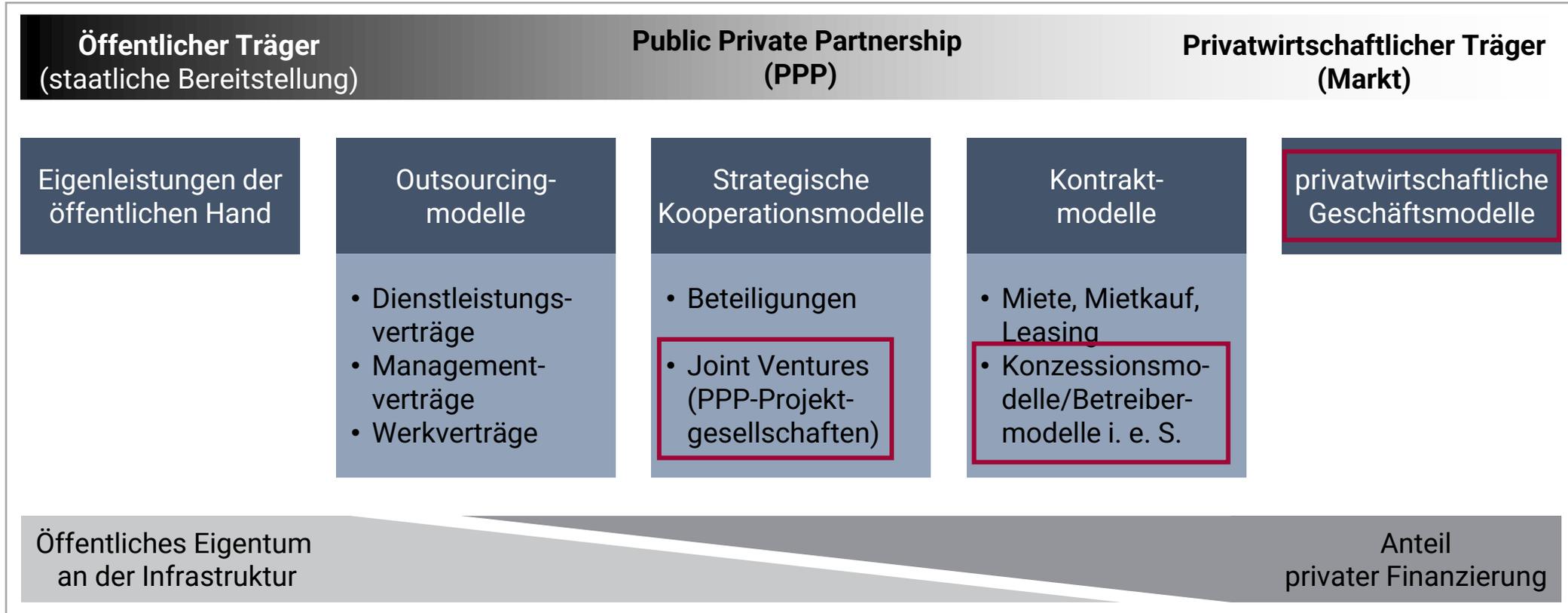


Abbildung modifiziert übernommen aus: Protzmann et al., 2018, S. 74

Besonderheit im Vergleich zu klassischen PPP: bei TETIS besteht keine Hoheitsfunktion des Staates, wie es bspw. beim Straßenbau oder Ausbau des Schienennetzes für Nah-/Fernverkehr gegeben ist
 → Einbeziehung der öffentlichen Hand und damit in Verbindung stehende Ausschreibungsverfahren oder Konzessionen nicht zwingend nötig; rein privatwirtschaftliche Trägermodelle grundsätzlich denkbar

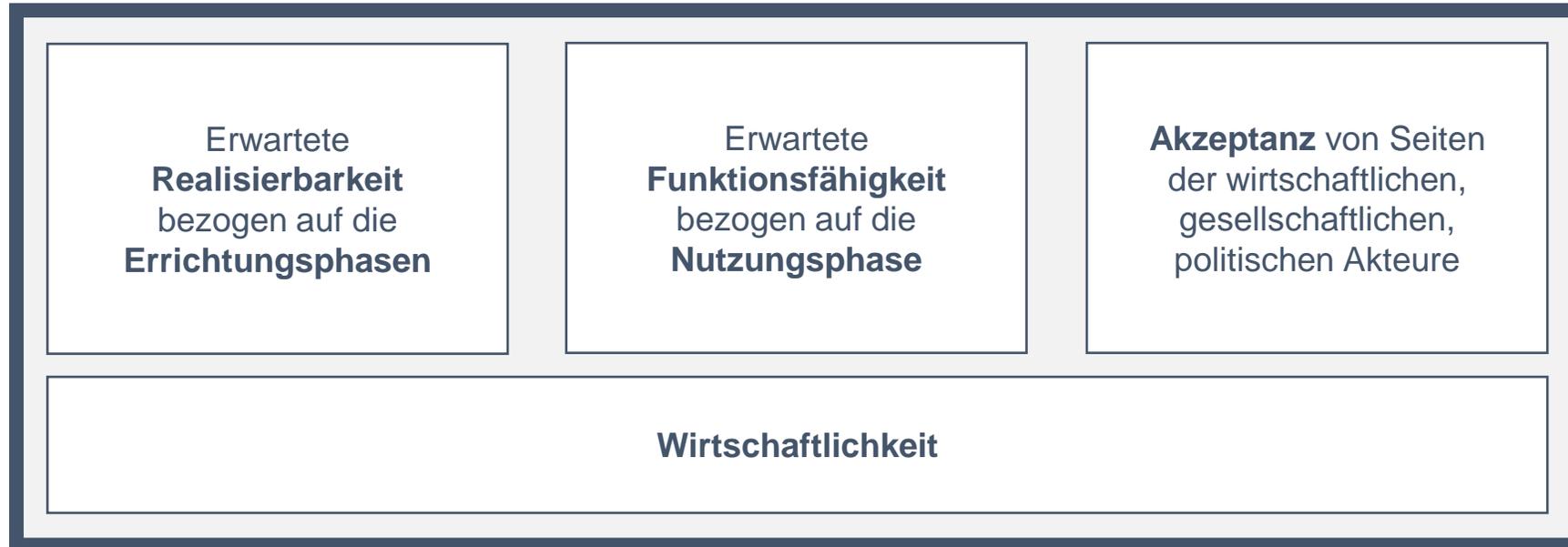
Mögliche Trägermodelle für TETIS im Überblick (2)

- Breites Spektrum denkbar: Umfasst **rein privatwirtschaftliches Trägermodell** ebenso wie **verschiedene Mischformen** mit sowohl privater als auch öffentlicher Trägerschaft
- **Rein öffentliche Trägerschaft** mangels genügenden öffentlichen Interesses sowie hinreichender Marktkenntnisse und Kompetenzen (relevant u. a. für Serviceangebot und Ringauslegung) **nicht realisierbar**
- **Mischformen:** öffentliche und private Träger übernehmen **einzeln** und/oder **gemeinsam** (in „PPP-Projektgesellschaft“) **bestimmte Rollen/Aufgaben** im Lebenszyklus von TETIS
- Das **Spektrum** möglicher Trägermodelle lässt sich anhand der
 - dominierenden **Akteure** und **Eigentümer** (jeweils Öffentliche Hand, Privater Investor, PPP-Projektgesellschaft; ergänzend u. a. Bürger einbeziehbar) in sowie
 - des **Übergangs von Verfügungsrechten** (keiner, Kauf, Miete/Pacht) zwischen
 - den **Lebenszyklusphasen** (Vorbereitung, Erschließung, Bau, Betrieb) charakterisieren (siehe Strukturierungsmatrix)
- Neben rein privatwirtschaftlichem Trägermodell aussichtsreich erscheinende Mischformen näher betrachtet und anhand von **Kriterien** (Realisierbarkeit, Funktionsfähigkeit, Akzeptanz, Wirtschaftlichkeit) bewertet

Trägermodelle – Strukturierungsmatrix

Phasen		Phase: Vorbereitung			Phase: Erschließung			Phase: Bau			Phase: Betrieb		
Akteure													
Akteure der Aufgabenausführung		Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Eigentümer Grundstücke	Teststrecken	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
	Testzentrum i.e.S.	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Eigentümer Infrastruktur	Teststrecken							Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
	Testzentrum i.e.S.							Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Übergang Verfügungsrechte		Kein Übergang			Kein Übergang			Kein Übergang			Kein Übergang		
		Miete/Pacht			Miete/Pacht			Miete/Pacht			Miete/Pacht		
		Kauf			Kauf			Kauf			Kauf		

Bewertungskriterien



Trägermodelle – Vorbereitungsphase

Phasen		Phase: Vorbereitung		
Akteure		Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Akteure der Aufgabenausführung		Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Eigentümer Grundstücke	Test-strecken	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
	Test-zentrum i.e.S.	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Eigentümer Infrastruktur	Test-strecken			
	Test-zentrum i.e.S.			
Übergang Verfügungsrechte				

Öffentliche Hand (ggf. über Wettbewerbsverfahren):

- + Stärkste Möglichkeit der Einflussnahme zur Wahrung öffentlicher Interessen
- Grenzen hoheitlicher Aufgaben
- Begrenzte Marktkenntnisse und technische Kompetenzen beeinträchtigen Realisierbarkeit und Funktionsfähigkeit
- Erfolg eines Wettbewerbsverfahrens fraglich
- Finanzierungsbedarf (Grundstückserwerb)

Privater Investor:

- + Marktkenntnisse und technische Kompetenzen können bestmöglich eingebracht werden
- Herausfordernde Beantragungs-/Genehmigungsprozesse und begrenzte Kompetenzen für den Umgang mit ihnen gefährden Realisierbarkeit

PPP-Projektgesellschaft:

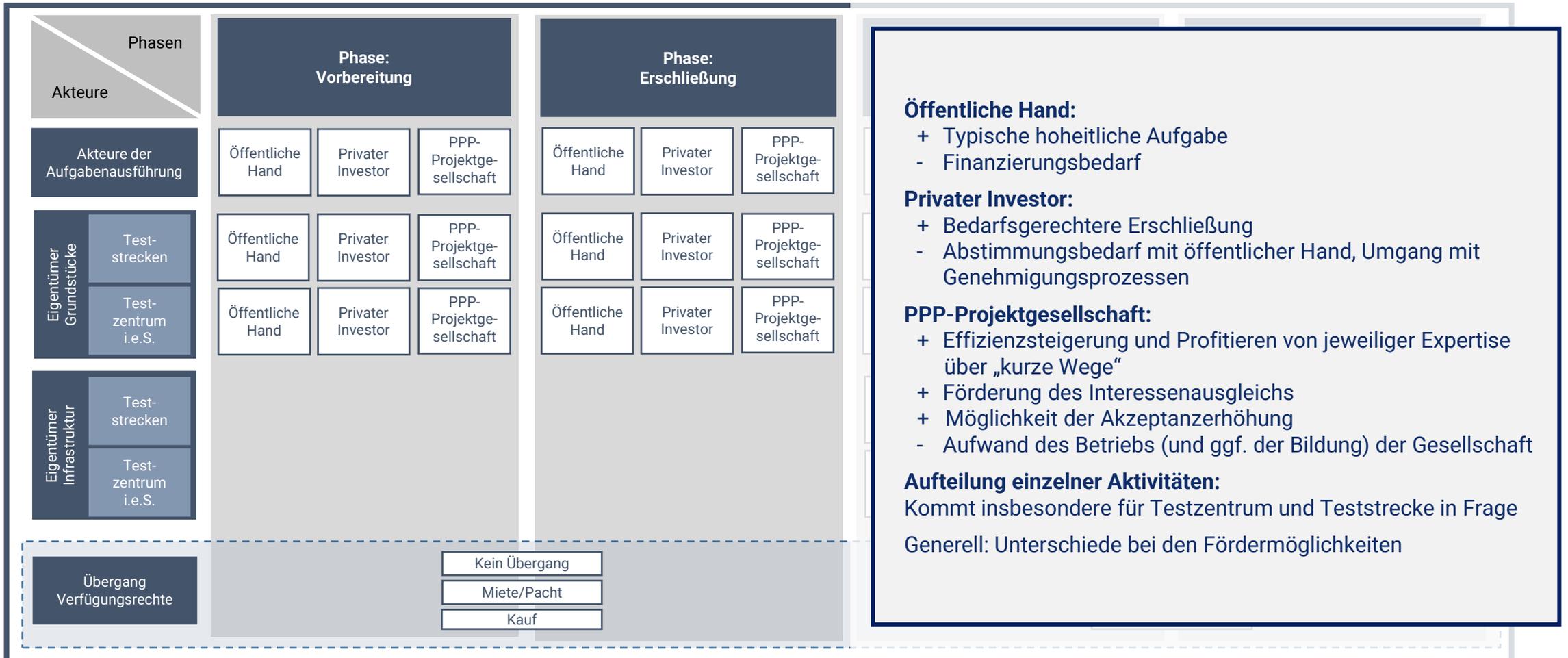
- + Effizienzsteigerung und Profitieren von jeweiliger Expertise über „kurze Wege“
- + Förderung des Interessenausgleichs
- + Möglichkeit der Akzeptanzhöhung (z. B. durch Erweiterung zu einem PPP – Public Private People Partnership)
- Schwierigkeit und Aufwand der Bildung einer PPP-Projektgesellschaft

Aufteilung einzelner Aktivitäten (z. B. Planung durch privaten Investor und Grundstückskauf durch öffentliche Hand):

- + Spezialisierungsvorteile
- Abstimmungsbedarfe und -aufwand („lange Wege“)

Generell: Unterschiede bei den Fördermöglichkeiten

Trägermodelle – Erschließungsphase



Trägermodelle – Bauphase

Öffentliche Hand

- Grenzen hoheitlicher Aufgaben
- Finanzbedarf und finanzielle Risiken
- Begrenzte spezifische technische Kompetenzen

Privater Investor:

- + Marktkennntnisse und spezifische technische Kompetenzen
- Gefahr eines nicht dauerhaften Engagements

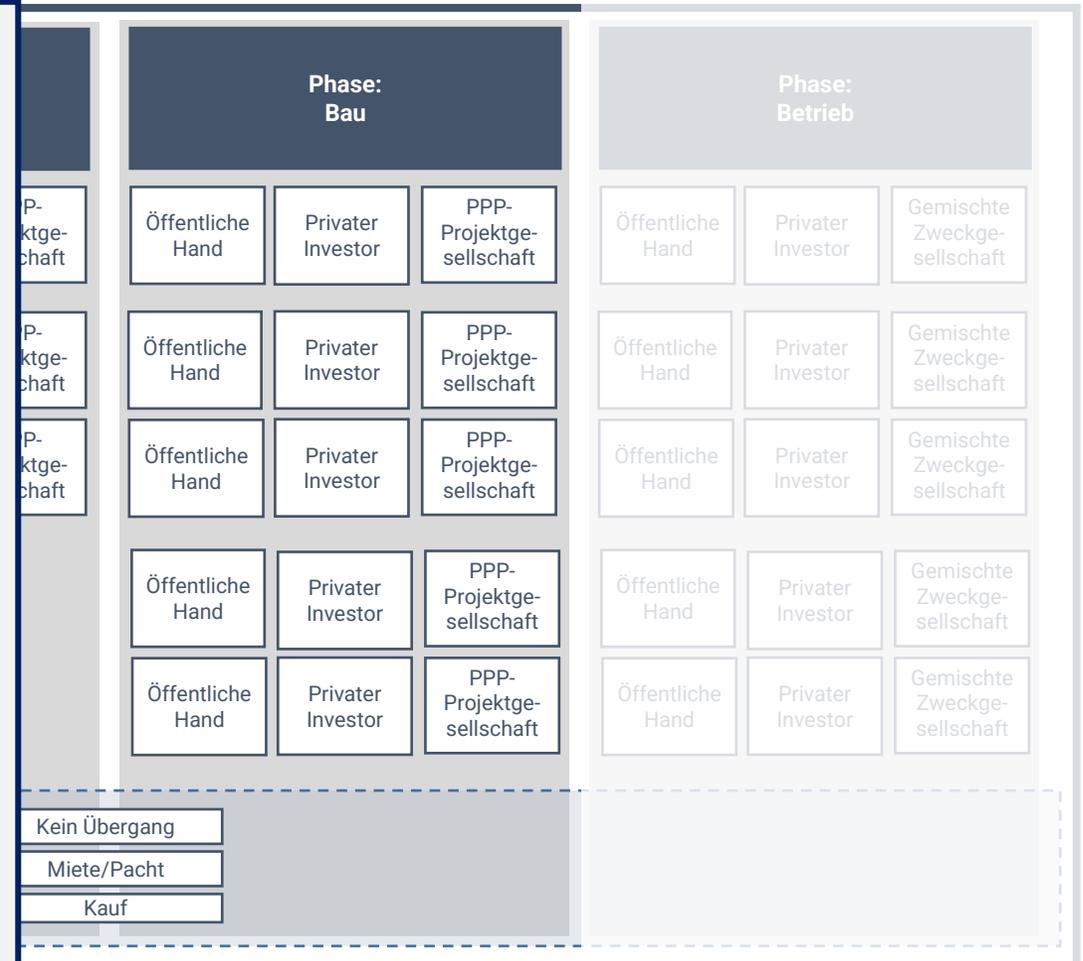
PPP-Projektgesellschaft:

- + Effizienzsteigerung und Profitieren von jeweiliger Expertise über „kurze Wege“
- + Förderung des Interessenausgleichs
- + Möglichkeit der Akzeptanzerhöhung
- Aufwand des Betriebs der Gesellschaft
- Finanzbedarf und finanzielle Risiken speziell der Öffentlichen Hand

Aufteilung einzelner Aktivitäten

Generell: Unterschiede bei den Fördermöglichkeiten

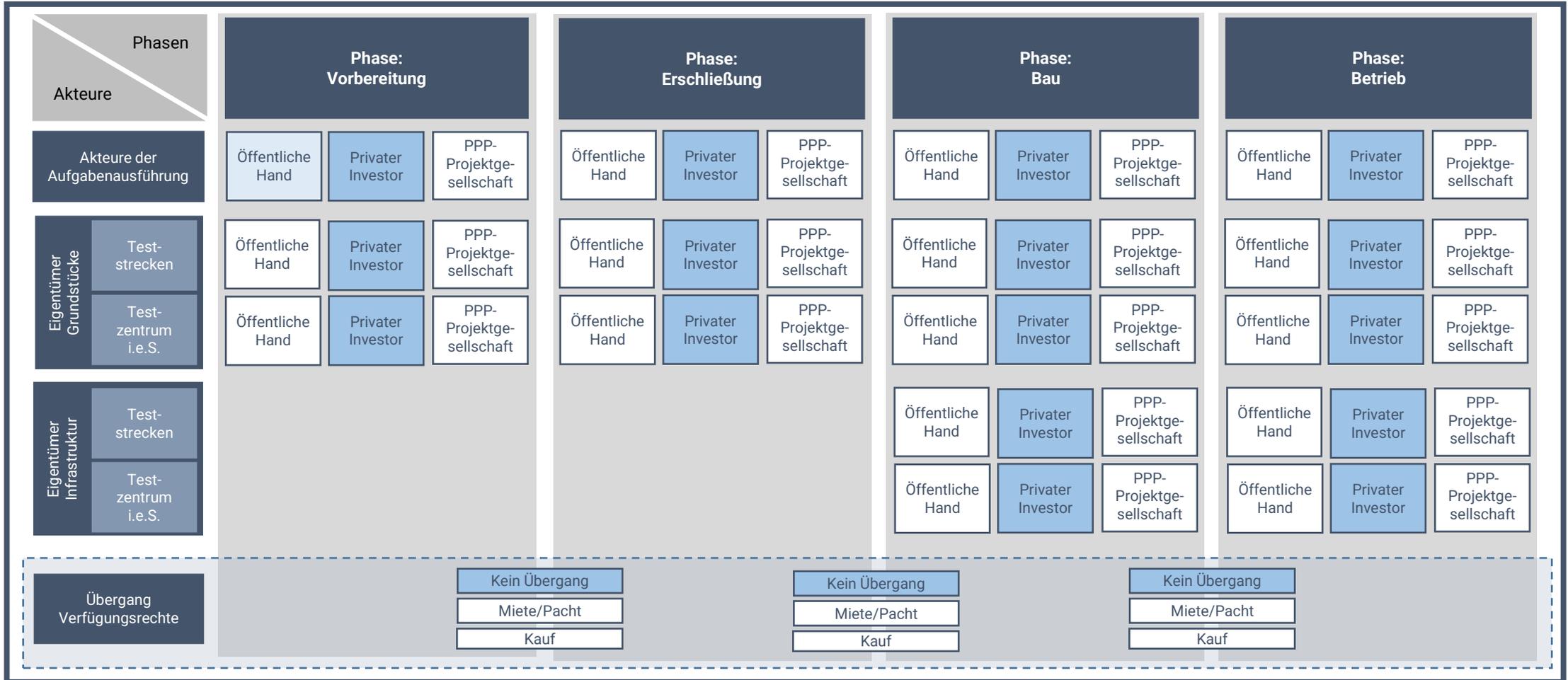
Phase 2 zu 3: Möglicher Punkt des Übergangs von PPP zu rein Privatwirtschaftlich



Trägermodelle – Betriebsphase



Rein Privatwirtschaftliches Trägermodell



Bewertung des rein Privatwirtschaftlichen Trägermodells

Erwartete **Realisierbarkeit** bezogen auf die **Errichtungsphasen**

- + Kenntnisse und Kompetenzen des privaten Investors werden genutzt
- **Mangelnde Zugänge zu Genehmigungsbehörden und begrenzte „Sicherheit“ des Erfolgs von Genehmigungsprozessen gefährden Realisierung**
- **Tendenziell geringe Forcierung von Abstimmungsprozessen in frühen Phasen**

Erwartete **Funktionsfähigkeit** bezogen auf die **Nutzungsphase**

- + Kenntnisse und Kompetenzen des privaten Investors lassen eine hohe Funktionsfähigkeit erwarten
- + Alleiniges Entscheidungsrecht des privaten Investors reduziert Koordinationsbedarfe

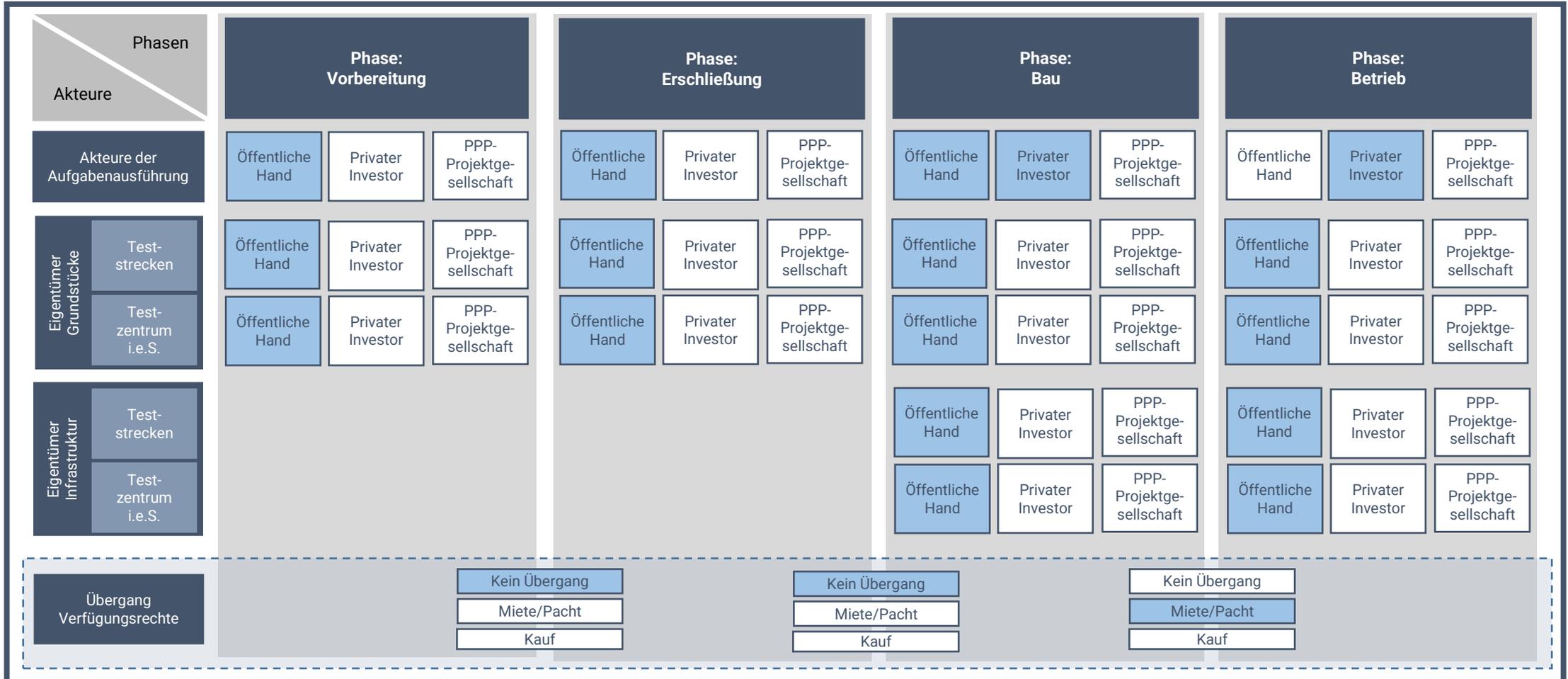
Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, politischen Akteure

- + Tendenziell hohe Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen (alleinige Verfügungs- und Entscheidungsrechte) und politischen (tragen kein Risiko) Akteure
- Tendenziell geringe Akzeptanz bei gesellschaftlichen Akteuren

Wirtschaftlichkeit

- Gefahr des Abschöpfens von Oligopolrenten
- Hoher Finanzmittelbedarf liegt allein beim privaten Investor
- Privater Investor als alleiniger Träger des hohen finanziellen Risikos mit starkem Streben nach wirtschaftlichem Erfolg

Trägermodell mit öffentlicher Infrastruktur- und privater Betreibergesellschaft



Bewertung des Trägermodells mit öffentlicher Infrastruktur- und privater Betreibergesellschaft

Erwartete **Realisierbarkeit** bezogen auf die Errichtungsphasen

- + Zugänge der öffentlichen Hand zu Genehmigungsbehörden können genutzt werden
- **Risiko, dass Kenntnisse und Kompetenzen privater Investoren nur unzureichend einbezogen werden**
- **Tendenziell geringe Forcierung von Abstimmungsprozessen in frühen Phasen**

Erwartete **Funktionsfähigkeit** bezogen auf die Nutzungsphase

- **Gefahr einer eingeschränkten Funktionsfähigkeit aufgrund unzureichender Berücksichtigung der Kenntnisse und Kompetenzen privater Investoren bei der Systemauslegung**
- Gefahr einer eingeschränkten Funktionsfähigkeit wegen Koordinationsbedarfen zwischen Infrastruktur- und Betreiber-gesellschaft

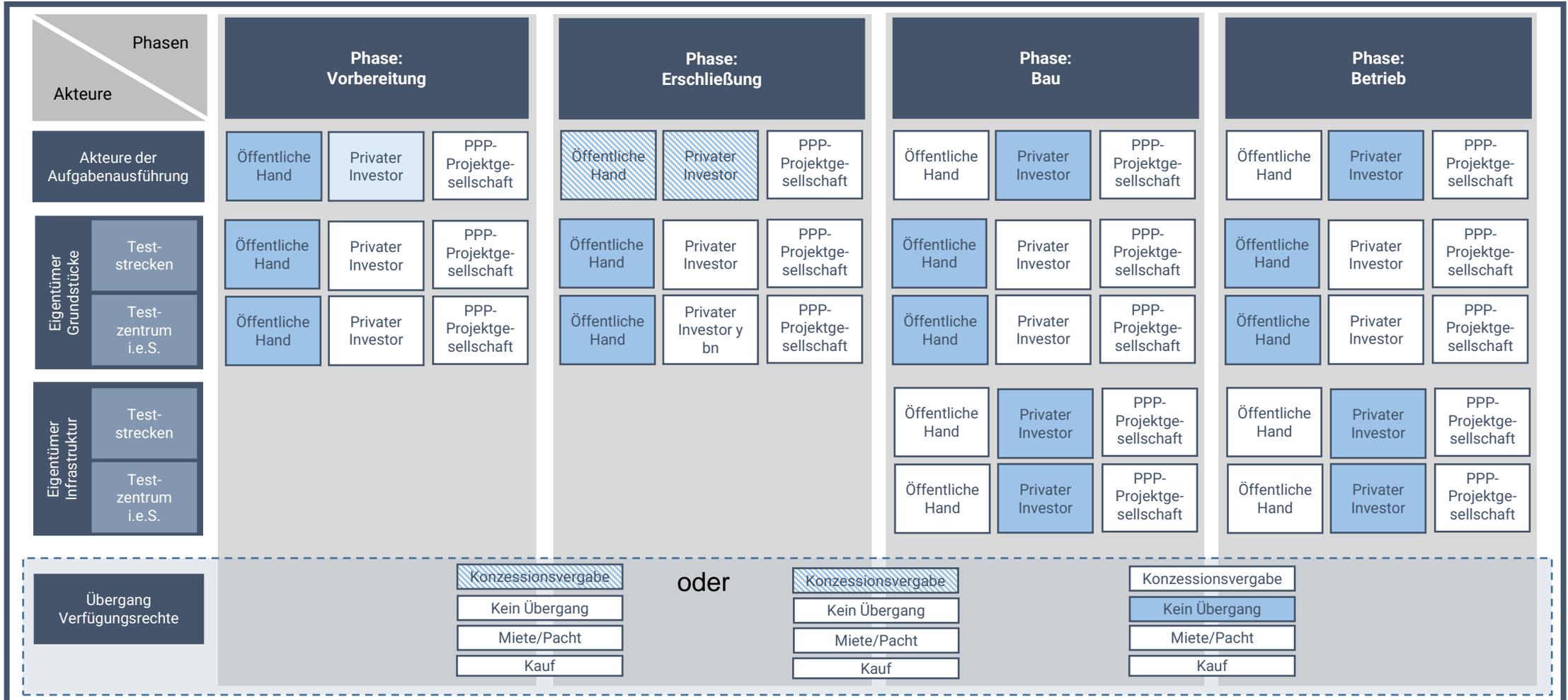
Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, politischen Akteure

- + Moderate bis hohe Akzeptanz von Seiten der gesellschaftlichen Akteure (Möglichkeit der Bürgerbeteiligung [PPPP])
- Vermutlich begrenzte Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen Akteure (Einschränkungen der Verfügungs- und Entscheidungsmacht) und der politischen Akteure (wirtschaftliche Risiken)

Wirtschaftlichkeit

- + Erfolgsstreben des privaten Akteurs fördert die Wirtschaftlichkeit im Betrieb
- Voraussichtlich sehr hohe Finanzierungsbedarfe und Risiken für die öffentliche Hand (Gefahr einer „Investitionsruine“)
- Negative Auswirkungen der tendenziell geringen Einbeziehung von Kenntnissen und Kompetenzen privater Investoren in den frühen Phasen auf die Wirtschaftlichkeit zu erwarten

Privatwirtschaftliches Trägermodell mit Konzessionsvergabe



Bewertung des Privatwirtschaftlichen Trägermodells mit Konzessionsvergabe

Erwartete **Realisierbarkeit** bezogen auf die **Errichtungsphasen**

- Risiko, dass Kenntnisse und Kompetenzen privater Investoren vor bzw. bei der Konzessionsvergabe nur unzureichend einbezogen werden
- Tendenziell geringe Forcierung von Abstimmungsprozessen in frühen Phasen

Erwartete **Funktionsfähigkeit** bezogen auf die **Nutzungsphase**

- + Kenntnisse und Kompetenzen des privaten Investors lassen eine hohe Funktionsfähigkeit erwarten
- + Alleiniges Entscheidungsrecht des privaten Investors reduziert Koordinationsbedarfe
- Einschränkungen und Risiken aufgrund beschränkter Konzessionslaufzeit möglich

Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, politischen Akteure

- + höhere Akzeptanz politischer Akteure (Einflussnahmemöglichkeiten)
- Vermutlich begrenzte Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen Akteure (Abhängigkeit und Laufzeit von Konzession)
- Akzeptanz bei gesellschaftlichen Akteuren abhängig von der Art der Einbeziehung

Wirtschaftlichkeit

- + Erfolgsstreben des privaten Akteurs fördert die Wirtschaftlichkeit von Bau und Betrieb; erweiterte Möglichkeiten der Prüfung durch die öffentliche Hand
- Öffentliche Hand trägt Teil der finanziellen Gesamtrisiken
- Hoher Finanzmittelbedarf schwerpunktmäßig durch privaten Investor zu decken (Bau der Infrastrukturen, ggf. Erschließung)

Gemischtwirtschaftliches Trägermodell ohne Übergang

* Anmerkung: finanzielle Beteiligung der öffentlichen Hand muss gering sein bzw. im Zeitverlauf abnehmen

Phasen		Phase: Vorbereitung			Phase: Erschließung			Phase: Bau			Phase: Betrieb		
Akteure		Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Akteure der Aufgabenausführung		Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Eigentümer Grundstücke	Teststrecken	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
	Testzentrum i.e.S.	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Eigentümer Infrastruktur	Teststrecken							Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
	Testzentrum i.e.S.							Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Übergang Verfügungsrechte		Kein Übergang			Kein Übergang			Kein Übergang			Kein Übergang		
		Miete/Pacht			Miete/Pacht			Miete/Pacht			Miete/Pacht		
		Kauf			Kauf			Kauf			Kauf		

Bewertung des Gemischtwirtschaftlichen Trägermodells ohne Übergang

Erwartete **Realisierbarkeit** bezogen auf die **Errichtungsphasen**

- + Sowohl die Kenntnisse und Kompetenzen des privaten Investors als auch die Zugänge der öffentlichen Hand zu Genehmigungsbehörden können genutzt werden
- + Tendenziell starke Forcierung von Abstimmungsprozessen in frühen Phasen
- Herausforderung der Bildung einer PPP-Gesellschaft

Erwartete **Funktionsfähigkeit** bezogen auf die **Nutzungsphase**

- + Kenntnisse und Kompetenzen des privaten Investors lassen eine hohe Funktionsfähigkeit erwarten
- Koordinationsbedarfe innerhalb der PPP-Gesellschaft können hemmend wirken

Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, politischen Akteure

- + Vermutlich hohe Akzeptanz von Seiten der gesellschaftlichen (Möglichkeit der Bürgerbeteiligung [PPPP]) und der politischen Akteure
- Begrenzte Akzeptanz der wirtschaftlichen Akteure (geteilte Verfügungs- und Entscheidungsmacht)

Wirtschaftlichkeit

- + Erfolgsstreben des privaten Akteurs fördert die Wirtschaftlichkeit
- Voraussichtlich hohe Finanzierungsbedarfe und Risiken für die öffentliche Hand und die privaten Akteure
- Notwendigkeit der abnehmenden finanziellen Beteiligung öffentlicher Akteure im Zeitverlauf

Gemischtwirtschaftliches Trägermodell mit Übergang

Phasen		Phase: Vorbereitung			Phase: Erschließung			Phase: Bau			Phase: Betrieb		
Akteure													
Akteure der Aufgabenausführung		Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Eigentümer Grundstücke	Teststrecken	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
	Testzentrum i.e.S.	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Eigentümer Infrastruktur	Teststrecken							Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
	Testzentrum i.e.S.							Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft	Öffentliche Hand	Privater Investor	PPP-Projektgesellschaft
Übergang Verfügungsrechte		Kein Übergang			Kein Übergang			Kein Übergang			Kein Übergang		
		Miete/Pacht			Miete/Pacht			Miete/Pacht			Miete/Pacht		
		Kauf			Kauf			Kauf			Kauf		

Bewertung des Gemischtwirtschaftlichen Trägermodells mit Übergang

Erwartete **Realisierbarkeit** bezogen auf die **Errichtungsphasen**

- + Sowohl die Kenntnisse und Kompetenzen des privaten Investors als auch die Zugänge der öffentlichen Hand zu Genehmigungsbehörden können genutzt werden
- + Tendenziell starke Forcierung von Abstimmungsprozessen in frühen Phasen
- Herausforderung der Bildung einer PPP-Gesellschaft

Erwartete **Funktionsfähigkeit** bezogen auf die **Nutzungsphase**

- + Kenntnisse und Kompetenzen des privaten Investors lassen eine hohe Funktionsfähigkeit erwarten
- + Resultierendes alleiniges Entscheidungsrecht des privaten Investors reduziert Koordinationsbedarfe
- Zusätzliche Koordinationsbedarfe bezüglich Wechsel der Verfügungsrechte hin zu privatwirtschaftlichem Akteur

Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, politischen Akteure

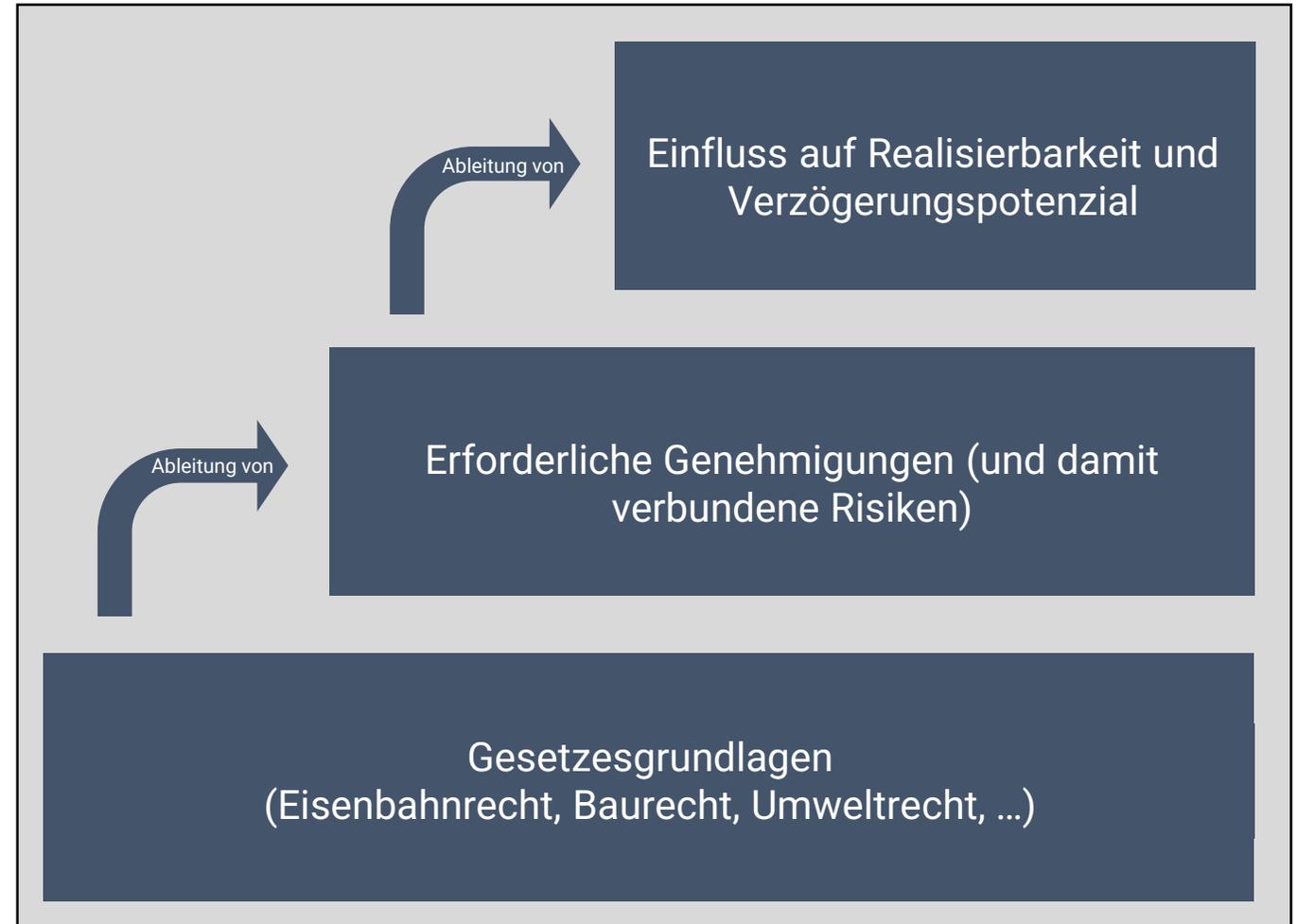
- + Potenzial für hohe Akzeptanz von Seiten der wirtschaftlichen (Aussicht auf alleiniges Entscheidungsrecht), gesellschaftlichen (Möglichkeit der Bürgerbeteiligung [PPPP]) und politischen Akteure (Einflussnahme in maßgeblichen Phasen)

Wirtschaftlichkeit

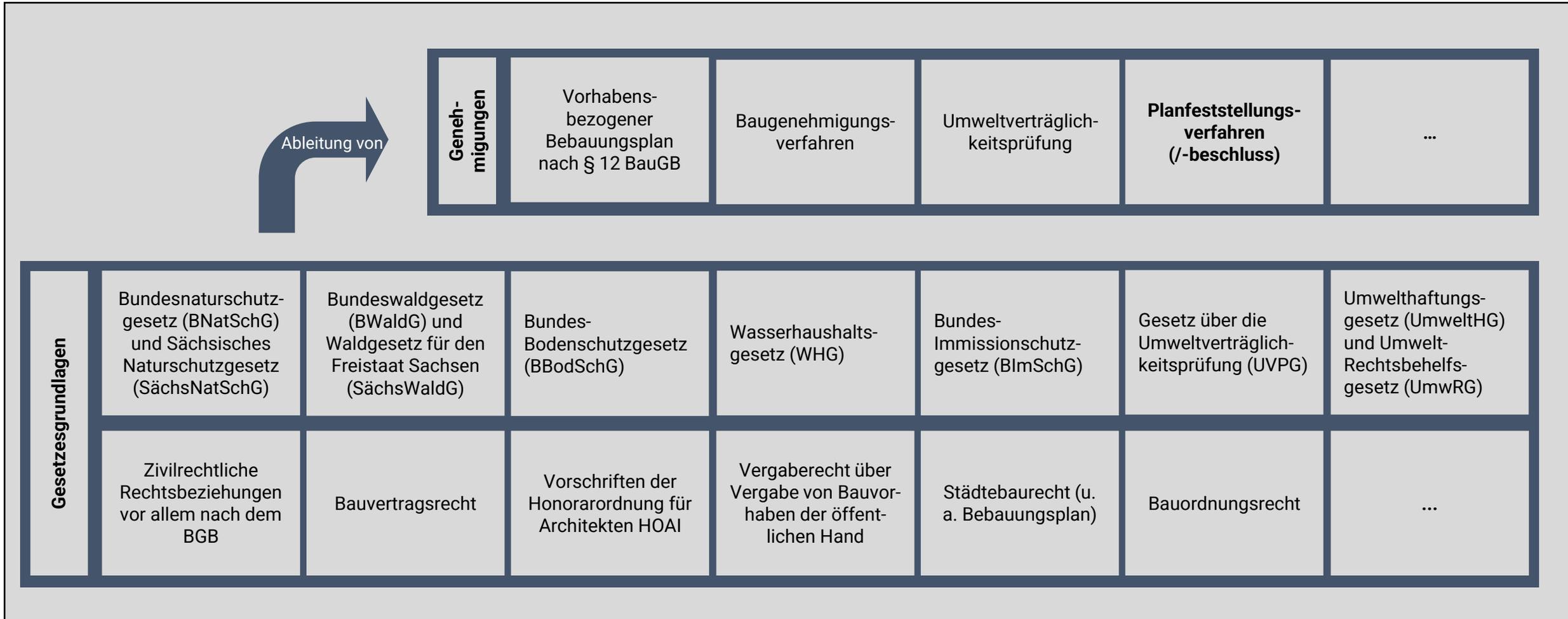
- + Erfolgsstreben des privaten Akteurs fördert die Wirtschaftlichkeit in besonderem Maße
- Voraussichtlich hohe Finanzierungsbedarfe und Risiken für die öffentliche Hand (begrenzt auf Errichtungsphase) und die privaten Akteure
- Gefahr des Abschöpfens von Oligopolrenten

Relevante Normen und Gesetze

- Verschiedene Genehmigungsprozesse aus unterschiedlichen Bereichen erforderlich (z. B. Umweltverträglichkeitsprüfung, Planfeststellungsbeschluss)
- Zeitraum von Planungsbeginn bis zur Inbetriebnahme von Bauprojekten im Schienenverkehr umfasst **durchschnittlich 20 Jahre**, wobei großer Anteil auf Planfeststellungsverfahren nach § 72 ff. VwVfG entfällt (<https://sbahnkoeln.de/de/blog/wieso-dauern-bahn-bauprojekte-eigentlich-so-lange>)
- Hohes Verzögerungspotenzial des Projektes äußerst kritisch (Bedarf an Zulassungen von Schienenfahrzeugen, Wettbewerb) → beschleunigte Genehmigungsverfahren?
- **Einzelne rechtliche Regelungen wie auch die Komplexität und Risiken der erforderlichen Genehmigungsprozesse insgesamt können Realisierung und Wirtschaftlichkeit entgegen stehen**



Potentiell relevante Normen und Gesetze des Bau- und Umweltrechts



Sonderbereich Eisenbahnrecht

- Der Status von Testzentrum inkl. der Teststrecken sollte juristisch hergeleitet werden
 - Möglichkeiten: Industrieanlage, Anschlussbahn, Eisenbahn gemäß AEG
- Veranlassung: Wenn TETIS eine Industrieanlage, dann wäre der Rechtsgrundsatz, der das Betreten einer Bahnanlage durch unbefugte Dritte verbietet, nicht anwendbar → Umzäunung der gesamten Testanlage aus Sicherheitsgründen notwendig
- Ggf. relevant für Konzession
- Vorhandene Betriebsregelwerke und Betriebsordnungen (z. B. EBO, BOStrab, BOA) werden für die Betriebsführung in der Testanlage sinngemäß angewendet, wenn erforderlich und zweckmäßig
- Zuführungsgleis von benachbarten Anschlussbahnhof des öffentlichen Eisenbahnnetzes bis vor das Geländetor (Länge ca. 3 km) ist eine EBO-Eisenbahnstrecke im Eigentum von TETIS
- Besonderheiten Hochgeschwindigkeitsstrecken zu beachten

Akzeptanz - Herausforderungen

<https://kathrin-uhlemann.de/finanzen-tetis-und-neuhofer-notfallgleis/>
<https://www.wochenkurier.info/goerlitz/artikel/die-strecke-ist-noch-ein-phantom>
<https://www.gerhard-liebscher.de/parlamentarisches/eisenbahn-testzentrum-liebscher-bahnindustrie-ist-eine-europaische-schlussselbranche/>

Gesellschaftliche Akzeptanz als besondere Herausforderung

- Gesellschaftlicher Widerstand gegenüber (innovativen) Bauvorhaben allgemein nicht zu vernachlässigen (Erfahrungen des SRCC e. V. beim 5G-Ausbau in ansässigen Gemeinden)
- Speziell negative Erfahrungen eines potenziellen Investors bezüglich eines Teststringes in Polen
- Frau Uhlemann (OB Niesky) und Presseartikel berichten von einem geteilten Stimmungsbild in Niesky und Umgebung
 - Unsicherheiten zur Zukunft des Waggonbau mit Arbeitsplatzunsicherheit, Flächennutzung, ...
 - Bürgerinitiative „Stopp TETIS“: Wunsch nach umfassender Information und Mitspracherechten

Akzeptanz – Maßnahmen zur Förderung

- Auswahl von **Ausgestaltungsvarianten und Leistungsangebot mit geringer Einflussnahme auf die Umwelt** (Mensch und Natur) erforderlich
- Drei Arten der Bürgerbeteiligung möglich, um Akzeptanz zu steigern:
 - **Kommunikationspolitik** und **Hervorheben der Nutzenkomponente**
 - Rein **finanzielle** Beteiligung
 - Beteiligung als **Akteur** mit **Entscheidungsrechten** in PPP-Projektgesellschaft
- Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung haben zudem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- Dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung für ausgewählte Szenarien unter Einbeziehung der Lebenszyklusphasen Planung, Bau und Betrieb
- Differenzierung zwischen einmalig auftretenden Investitionskosten/-auszahlungen* (Phasen Vorbereitung, Erschließung und Bau) sowie periodisch wiederkehrenden Betriebs- und Instandhaltungskosten/-auszahlungen
- Kosten des Baus sind insbesondere von den Streckenlängen und erforderlichen Bauwerken, damit auch von der Topographie sowie bestehenden Verkehrswegen abhängig
- Zur Schätzung von Kosten/Auszahlungen* werden neben Entwurfsskizzen (Realisierungs-Szenario) Kostenkennwerte aus Studien und Expertengesprächen sowie Planungs- und Instandhaltungsfaktoren genutzt
- Schätzung von Erlösen/Einzahlungen* auf Grundlage von Expertengesprächen
- Betrachtungszeitraum 20 Jahre; 3 Jahre Planung/Bau, 17 Jahre Nutzung; Vernachlässigung einer Abbau-/Verwertungsphase
- Für zukünftige Werte wurde vereinfachend eine jährliche Steigerung von 3 % unterstellt

* vereinfachend werden die Begriffe hier synonym verwendet

Überblick über Kostengruppen

Investitionskosten (Phasen Vorbereitung, Erschließung und Bau):

- Planungskosten:
 - Gutachten
 - Lizenzen und Genehmigungen
 - Zertifizierungen und Akkreditierungen
 - Planungsleistungen
- Kosten für erschlossene Grundstücke (Landerwerb und Ausgleichsmaßnahmen)
- Kosten für Bauwerke und Baukonstruktionen (Erdbau, Oberbau, Ingenieurbauwerke, technische Anlagen, Außenanlagen)
- Kosten für Fahrzeuge

Betriebskosten:

- Personalkosten (Löhne und Gehälter)
- Energiekosten, insbesondere für Traktionsenergie
- Overhead (z. B. Rechts- und Beratungskosten, Marketing, Kommunikationskosten)
- Instandhaltungskosten (durch Multiplikation prozentualer Instandhaltungsfaktoren der einzelnen Anlagengruppen mit den Investitionskosten der Anlagengruppen)

Hinweise zur Berechnung

- Allgemein:
 - Kostengrößen teilweise aus dem Kostenkennwertekatalog
 - Informationen zu Kosten und Erlösen aus Gesprächen mit Experten
 - Für eine Angleichung vergangener Kosten wurde mit einer angenommenen Inflationsanpassung seit 2020 von 17 % gerechnet
- Annahmen zur Berechnung der Kosten für die Planung:
 - Da keine Einzelinformationen vorliegen, wurden die Kosten gemäß Expertenaussage mit 12 % der Investitionskosten für Oberbau, Unterbau und Gebäude angesetzt
- Annahmen zur Berechnung der Grundstückskosten:
 - Für die Kosten für Waldfläche für Gleise wurde aufgrund der Schneisensituation der fünffache Wert des Bodenrichtwerts angenommen
 - Für die Kosten für Gebiete für Gleise ohne Wald wurde der durchschnittliche Bodenrichtwert des Gebiets angenommen
 - Die Kosten für den Kauf sowie die Erschließung des Gebiets für das Testzentrum basieren auf Expertenschätzungen
 - Die Kosten für Ausgleichsmaßnahmen wurden für Wälder auf Basis der Fläche gemäß Expertenaussage geschätzt; ergänzend wurde ein pauschaler Wert zur Abbildung weiterer Ausgleichsmaßnahmen angesetzt

Hinweise zur Berechnung

- Annahmen zur Berechnung der Kosten für den Unterbau: **besondere Unsicherheit/Beeinflussbarkeit**
 - Aufgrund der topographischen Lage um Niesky wurde bei der Planung der Strecke angenommen, dass lediglich 11,50 % höhengleich sein können. Rund 23 % der Strecke verlaufen auf Dämmen und 65,50 % verlaufen im Einschnitt.
 - Die Erdarbeiten unterhalb der Gleise müssen trapezförmig vorgenommen werden, wobei ein einheitlicher Böschungswinkel von 34 Grad angenommen wird; daraus ergibt sich eine durchschnittliche Breite von etwa 30 Metern
- Annahmen zur Berechnung der Betriebskosten:
 - Es werden durchschnittliche Personalkosten von 58.500 Euro je Mitarbeiter angenommen
 - Es wird mit der Annahme gerechnet, dass 45 Mitarbeiter (im Medium-Portfolio) beschäftigt werden
 - Für die Instandhaltungskosten der Gleisanlagen werden 2 % der Investitionskosten der Strecke angesetzt
 - Die Kosten für die Energieversorgung für Gebäude werden mit 50.000 Euro (im Medium-Portfolio) angenommen
 - Die Kosten für Traktionsenergie werden als durchlaufender Posten behandelt (Weitergabe an Kunde)
 - Die Gemeinkosten werden entsprechend den Kosten aus der vorliegenden Potentialstudie angenommen
- Annahmen zur Abschätzung der Erlöse: **besondere Unsicherheit**
 - Die Werte basieren auf Expertenaussagen

Kostenschätzung – Investitionskosten

Aggregierte Investitionskosten (€) für die drei Portfolio-Varianten

	Minimal-Portfolio	Medium-Portfolio	Multi-Portfolio
Planung	18.611.054	42.281.603	49.551.113
Grundstück	13.234.011	35.407.652	70.543.652
Strecken	98.952.002	166.324.522	190.903.771
Unterbau	44.440.115	133.372.173	133.372.173
Gebäude	11.700.000	52.650.000	88.650.000
Sonstiges Equipment	585.000	585.000	15.500.000
Schätzung der Investitionskosten (€)	187.522.182	430.620.950	548.520.709

Plausibilisierung der Investitionskosten

		Investitionskosten (€)	Gleisanlagen (km)	€/km
TETIS	Walther et al.	230.000.000	55	4.181.818
	Minimal-Portfolio	187.000.000	27	6.925.926
	Medium-Portfolio	431.000.000	59	7.305.085
	Multi-Portfolio	549.000.000	71	7.732.394
	Potentialstudie	269.000.000	20	13.450.000
	TTC (USA) - historisch*	400.000.000	77	5.194.805
	TTC (USA) - Wert heute	523.000.000	77	6.792.208
	Wegberg-Wildenrath*	244.000.000	28	8.714.286
	CEATF (Spanien)*	420.000.000	80	5.250.000
	CEF (Frankreich)*	40.000.000	7	5.714.286

* inflationsangepasst

Kostenschätzung – Betriebskosten (bezogen auf t = 4 im Medium-Portfolio)

Abschätzung der zu erwartenden Betriebskosten anhand von Literaturwerten und Experteneinschätzungen

Betriebskosten			
Personalkosten	65.842 €/Person	45 Personen	2.962.902 €
Materialkosten			
<i>Instandhaltungskosten Gleisanlagen</i>	2 % der Investitionskosten* der Strecken		3.743.994 €
<i>Kosten für Energieversorgung von Gebäuden</i>			56.275 €
Gemeinkosten			658.423 €
Summe			7.421.594 €

* Zeitlich angepasst

Profitabilitätsanalyse (für das Medium-Portfolio)

Kapitalwertberechnung

Zeitpunkte t	0	1	2	3	4	...	20
Investitionsauszahlungen							
<i>Planung</i>	-21.140.802 €	-21.775.026 €					
<i>Landerwerb, Vorbereitung und Ausgleichsmaßnahmen</i>			-37.563.978 €				
<i>Bau</i>				-385.657.992 €			
Laufende Auszahlungen					7.421.594 €		11.909.480 €
Einzahlungen	9.375.000 €	9.375.000 €			61.595.439 €		98.842.598 €
Cashflow	-11.765.802 €	-12.400.026 €	-37.563.978 €	-385.657.992 €	54.173.845 €		86.933.118 €
						KW =	114.281.085 €

Kalkulation mit Zinssatz von 8 %

Interner Zinssatz: 11,91 %

Dynamische Amortisationszeit: 14,51 Jahre

für das Minimal-Portfolio:	KW =	98.620.921 €
für das Multi-Portfolio:	KW =	106.632.489 €

➤ **Vorteilhaftigkeit der Investition gegeben**

Sensitivitätsanalyse (für das Medium-Portfolio)

	Kritischer Wert	Prozentsatz des Ausgangswerts
Investitionsauszahlungen		
<i>Landerwerb, Vorbereitung und Ausgleichsmaßnahmen</i>	170.861.435 €	454,85 %
Bau	529.619.246 €	137,33 %
Auslastungsgrad (Belegungszeit)	63,10 %	60,10 %
Einzahlungen aus der Vermietung des Rings (in t = 4)	22.248.887 €	65,98 %
Dienstleistungseinzahlungen (in t = 4)		
<i>Service/Support</i>	6.743.034 €	34,14 %
<i>Weitere Test-, Service- und Validierungsdienste</i>	-6.425.419 €	-197,59 %
Service in Summe	13.327.260 €	50,60 %
Betriebsauszahlungen (in t = 4)	20.431.240 €	275,29 %

1. Umsetzungsszenarien für TETIS

Serviceangebot

- Adressierte Teilmärkte determinieren Dienstleistungen, Funktionen und dafür erforderliche technische Ausstattung
- Fahrzeuginbetriebnahme als Kerngeschäftsfeld; darin zahlreiche Dienstleistungen erbringbar, da Leistungskette lang und komplex ist
- Hoher Bedarf an Testkapazitäten bestätigt, insbesondere in den nächsten 10-20 Jahren; Bedarf auch für Fahrzeuge mit mittleren und geringeren Geschwindigkeiten (konventionelle Eisenbahnen, Stadt- und Straßenbahnen)
- Möglichkeit für Hochgeschwindigkeitsverkehrs-Erprobung wäre Alleinstellungsmerkmal

Systemauslegung

- Realisierung gemäß Beispielszenario „Medium-Portfolio“ erscheint funktional sinnvoll und technisch realisierbar; Abweichungen ebenfalls denkbar (Ergänzung um kleinen Ring (< 100 km/h) mit weiteren Vorteilen verbunden, z. B. schnelle Fertigstellung und Nutzbarkeit, Implementierung spezifischer technischer Anlagen zur Erschließung des BOStrab-Marktes, Möglichkeit für Ringfahrten für „Erkönige“ auf nicht öffentlich einsehbarer Strecke)
- Für Erweiterung um Anwendungsszenarien „Fahrzeugtest“ und „Infrastrukturtest“ nur wenige zusätzliche Ausstattungselemente erforderlich
- Untersuchung bezogen auf Standort Niesky, dabei Erkenntnis: Liegenschaft Waggonbau Niesky eher nicht geeignet, daher Neuerrichtung sämtlicher Infrastruktur unterstellt

Empfehlung: Validierung, Variantenanalyse und weitere Ausarbeitung von Serviceangebot und Systemauslegung

2. Technische Einflüsse

- Technische Realisierbarkeit eines Testzentrums Bahntechnik im Raum Niesky/Horka wurde am Realisierungsbeispiel gezeigt
- Es wurden Raum-, Ausstattungs- und Baubedarfe identifiziert, die als Basis der Wirtschaftlichkeitsrechnung gedient haben
- Hohe Anforderungen an die Funktion und Leistungsfähigkeit führen zu hohem Investitions- und Betriebsaufwand, dies wäre an jedem Standort so
- Im Raum Niesky/Horka sind zudem standortspezifische Konflikte mit Natur (Topologie, Hydrologie, Umweltschutz, Bewaldung), Siedlungsdichte von Menschen (Betroffenheiten) und Verkehrsinfrastruktur (zu kreuzende Straßen und Wege) vorhanden
→ höhere Investitions- und Betriebsaufwände
- Anzahl solcher Konflikte beim Hochgeschwindigkeitsring tendenziell größer, aber auch der mittlere Ring für 160 km/h betroffen
- Region Niesky/Horka weist aus technischer Sicht signifikante Nachteile auf

Empfehlungen:

- Analoge Untersuchung mindestens zweier weiterer Realisierungsbeispiele an anderen ggf. günstigeren Standorten
- Vergleichende Analyse anhand geeigneter Bewertungskriterien; dabei Ergänzung der technischen Bewertungskriterien einer Region durch nicht-technische Standortfaktoren wie Promotoren, lokale und regionale Akzeptanz, Wirtschaftlichkeit
- Validierung, Variantenanalyse und weitere Ausarbeitung des Designs und der Ausstattung von Teststrecke(n) und Testzentrum

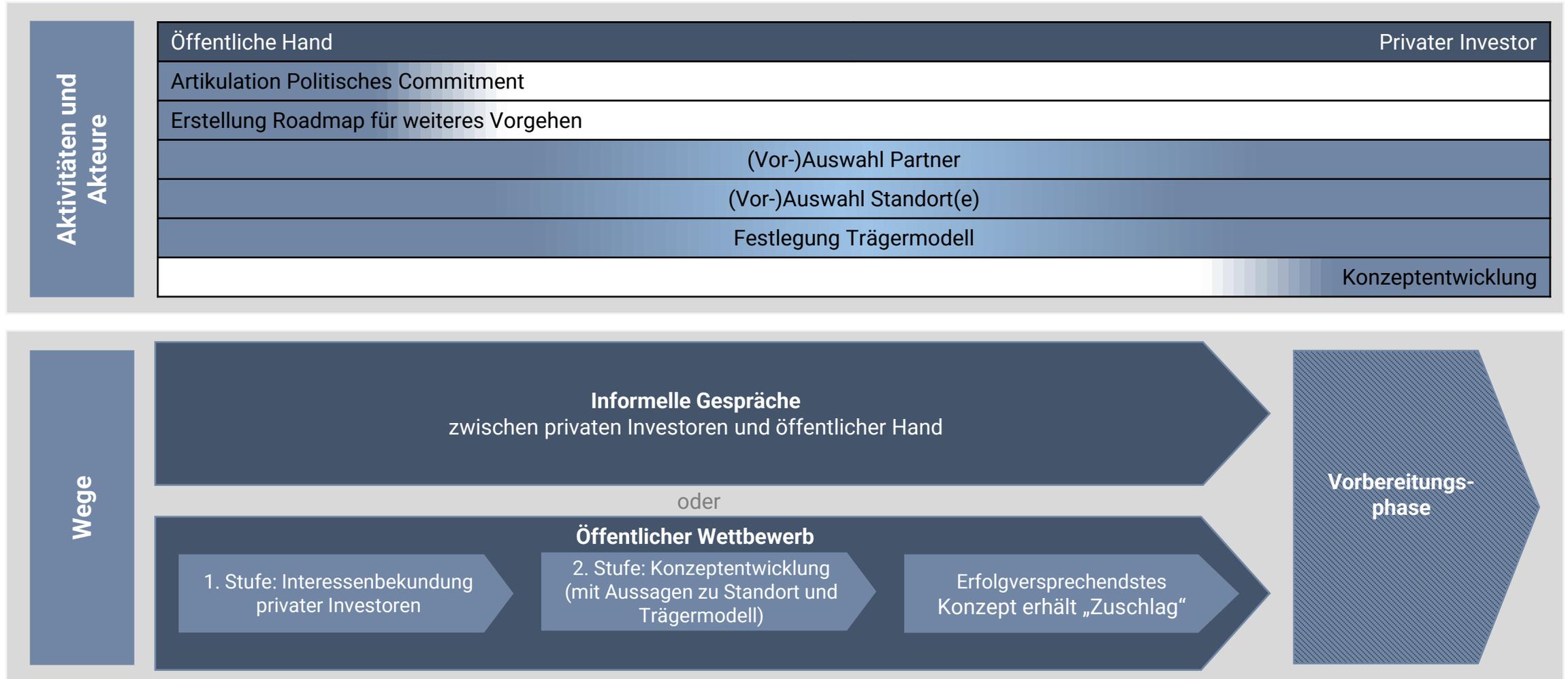
3. Organisatorisch-rechtlich-gesellschaftliche Realisierbarkeit

- Identifikation, lebenszyklusbezogene Strukturierung und kriterienbasierte Bewertung möglicher Trägermodelle
- Vorzugsvarianten: PPP-Projektgesellschaft, Konzessionsmodell oder andere Mischformen, die speziell in der Vorbereitungsphase Interessen und Kompetenzen von Privaten und Öffentlicher Hand „zusammenführen“ und Risikoteilung ermöglichen; späterer Übergang zu rein/stärker privatwirtschaftlicher Form naheliegend
- Beantragungs- und Genehmigungsprozesse, deren Dauer und etwaige Auflagen aus ihnen (z. B. Ausgleichsmaßnahmen) sowie mangelnde Akzeptanz gefährden Realisierbarkeit
- Besondere Herausforderung: „Zusammenbringen“ der Stakeholder zu Beginn des Vorhabens → gezielte Initiierung notwendig

Empfehlungen:

- Vertiefte Untersuchung der Ausgestaltung einer PPP-Projektgesellschaft, eines Konzessionsmodells oder anderer Mischformen sowie des Übergangs zu einer rein privatwirtschaftlichen Form (Gewährung von Fördermitteln; Zeitpunkt des Übergangs; Kauf vs. Miete)
- Untersuchung der rechtlichen Einordnung der Anlage
- Untersuchung von Formen der Bürgerbeteiligung
- Promotoren/Moderatoren auf Ebene des Freistaats (u. a. SMWA) und regionaler Ebene erforderlich (Beantragungs-/ Genehmigungsprozesse, Akzeptanz etc.)
- Verstärkte Anstrengungen in Initiierungsphase

→ Initiierungsphase



4. Wirtschaftliche Realisierbarkeit

- Modell, Excel-Tool und Daten zur lebenszyklusbezogenen Wirtschaftlichkeitsrechnung
- Ausgehend von der vorliegenden – aber unvollständigen/unsicheren – Datenbasis: Vorhaben ist potentiell wirtschaftlich (positiver Kapitalwert), aber mit hohen Risiken verbunden (relativ lange Amortisationszeit, Unsicherheiten)
- Identifikation besonders wichtiger und/oder unsicherer Größen:
 - Auslastung,
 - Einzahlungen aus Servicegeschäft,
 - Umfang von Erdarbeiten,
 - Zahlungen für Ausgleichsmaßnahmen etc.
- Berechnung kritischer Werte für diese unsicheren Größen
- Identifikation von Verbesserungspotentialen: insb. Standort, Ringdesign

Empfehlungen:

- Validierung, Verfeinerung und Anwendung des Wirtschaftlichkeitsmodells und seiner Datenbasis
- gezielte Untersuchung von Maßnahmen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Verringerung von Risiken (unter Beachtung von Akzeptanz, Funktionsfähigkeit)

5. Gesamtbeurteilung

- Realisierungschancen für TETIS aus technischer und wirtschaftlicher Sicht gegeben
- Diverse technische, rechtliche, politische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Herausforderungen
- Verschiedene Realisierungswege bezüglich Serviceangebot, Systemauslegung, Standort (Niesky/Horka?), Trägermodell etc. möglich, die einer weiteren Analyse bedürfen
- Verstärkte Promotion und Moderation mit eindeutigem Bekenntnis des Freistaats und lokaler/regionaler Akteure speziell in der Initiierungsphase erforderlich

Quellenverzeichnis (1/2)

- Kostenkennwertekatalog KKK 808.0210A02 der DB AG.
- Office of Research and Development/Federal Railroad Administration: The Tenth and Final Report on The High Speed Ground Transportation Act of 1965, Washington, D.C. 1977.
- o.V. Hoy se presenta el anillo ferroviario de Antequera, Via Libre, 18.02.2011, <https://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=6737>
- Protzmann, R.; Radusch, I.; Festag, A.; Fritzsche, R.; Rehme, M.: IV₂X – Integrierte Betrachtung Fahrzeugkommunikation, Berlin, 2018.
- Sörensson, H.; Öberg, R.: Railway Test Center in Turkey - A Good Idea?, LTH School of Engineering Lund University, Lund 2012
- Walther, R.; Rüger, B.; Starlinger, A.: Auslegung einer optimierten Versuchsstrecke für Testfahrten mit Schienenpersonenfahrzeugen, in: ETR, Januar+Februar Nr. 1+2, 2022.
- Walther, R.: Auslegung einer optimierten Versuchsstrecke für Testfahrten mit Personen-Schienenfahrzeugen, Masterarbeit, FH St. Pölten, 2021.
- Wanek-Libman, M.: Transportation Technology Center continues its evolution into innovation hub for rail and ground transportation, Mass Transit, 31.05.2022, <https://www.masstransitmag.com/technology/article/21267736/transportation-technology-center-continues-its-evolution-into-innovation-hub-for-rail-and-ground-transportation>
- Wirtschaftsregion Lausitz GmbH (Hrsg.): Potentialstudie Schienenfahrzeugtestzentrum Lausitz, Ergebnisbericht, Niesky, 17.06.2020.
- <https://geoviewer.sachsen.de/mapviewer/resources/apps/boris/index.html>
- <https://shop.ac-zaun-center.de/doppelstabmatten-typ-lvd-zaunhoehe-2.030-mm/203MLVDA>; <https://ampanel.de/wp-content/uploads/2022/06/preisliste-doppelstabmattenzaun.pdf>
- Diverse Expertengespräche

Quellenverzeichnis (2/2) (Literatur zur Methodik und Plausibilisierung von Werten)

- Aufschläger, F.; Dölling, A.; Stephan, A.: Modellierung der Lebenszykluskosten von Oberleitungsanlagen, in: EI, August 2019.
- Götze, U.: Investitionsrechnung - Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, Springer, 7. Auflage, 2014.
- Götze, U.: Kostenrechnung und Kostenmanagement, Springer, 5. Auflage, 2010.
- Hauptmann, M.; Seemann-Rist, M.; Löffler, A.; Konrad, J.; Kuttig-Trölenberg, M.; Friemel, J.; Liebwald, K.: Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-)Betrieb der Panoramabahn, 2021.
- Ilcken, H.; Schiller, R.; Kittler, W.: Untersuchung der Kombi-Lösung zur Neugestaltung des ÖPNV im Korridor Darmstadt – Roßdorf – Groß-Zimmern, Frankfurt/Darmstadt, 2016.
- Siefer, T.; Hempe, T.: Erneuerungsbedarf der norddeutschen Eisenbahninfrastruktur, 2002.
- Stephan, A.; Hammer, S.; Albrecht, A.; Holfeld, M.; Körner, S.: Machbarkeitsstudie zur Verknüpfung von Bahn- und Energieleitungsinfrastrukturen, Ergebnisbericht zu Los 2 Technische Machbarkeit der Dezentralisierung des Bahnstromnetzes, 2012.
- Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure - HOAI).