

Verkehrliche Bewertung einer Brücken-, Tunnel- oder Fährverbindung im Mittelrheintal bei St. Goar - Gutachten für das Land Rheinland-Pfalz

Abschlussbericht

Hinweis:

Die gültige Fassung ist der englische Bericht!

Diese Übersetzung wurde zur Arbeitserleichterung erstellt.

Lehrstuhl und Institut für
Stadtbauwesen und Stadtverkehr
der RWTH Aachen University
Leitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
D 52074 AACHEN

Telefon: +49 / 241 / 80-25200 (Skr.)

Telefax: +49 / 241 / 80-22247

institut@isb.rwth-aachen.de

www.isb.rwth-aachen.de



VERKEHRLICHE BEWERTUNG EINER
BRÜCKEN-, TUNNEL- ODER FÄHRVERBIN-
DUNG IM MITTELRHEINTAL BEI ST. GOAR

Schlussbericht

Aachen, 8. Januar 2010

Im folgenden Text wurde zur leichteren Lesbarkeit stets die männliche Form von personenbeschreibenden Substantiven verwendet. Weibliche Personen sind selbstverständlich ebenso gemeint.

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Aufgabenstellung	7
2. Leistungsfähigkeit und städtebauliche Einbindung einer Fährverbindung	9
3. Wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	15
4. Betriebliche Einschränkungen einer Fährverbindung.....	18
5. Akzeptanzunterschiede von festen Verbindungen zu Fähren	22
6. Veränderungen der Erreichbarkeit	24
7. Besondere städtebauliche und verkehrliche Aspekte der Tunnellösung.....	27
8. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	35
Anlagen	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Umlaufplan	12
Abbildung 2:	Aufstellraum Anlegestelle St. Goar	13
Abbildung 3:	Aufstellraum Anlegestelle St. Goarshausen	14
Abbildung 4:	Pegelüberschreitungen Kaub.....	19
Abbildung 5:	Reisezeitdifferenzen Fähre – Brücke.....	25
Abbildung 6:	Verbindungsqualitätsstufen nach RIN	25
Abbildung 7:	Tunnellösung Machbarkeitsstudie Cochet 2003.....	29
Abbildung 8:	Tunnellösung Optimierung BUNG	30
Abbildung 9:	Ostportal – Lageplan.....	31
Abbildung 10:	Westportal – Lageplan	32
Abbildung 11:	Westportal – Zufahrtssituation	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kenndaten der betrachteten Varianten.....	16
Tabelle 2:	Reisezeiten und Verbindungsqualitäten im Untersuchungsraum.....	24

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1:	Kostenermittlung Variante 2	39
Anlage 2:	Kostenermittlung Variante 4	40
Anlage 3:	Berechnung des Aufstellraumes an einer Verbindung mit zwei Fähren	41
Anlage 4:	Berechnung des Aufstellraumes an einer Verbindung mit einer Fähre.....	42
Anlage 5:	Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in St. Goar	43
Anlage 6:	Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in St. Goarshausen	44
Anlage 7:	Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Boppard	45
Anlage 8:	Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Kamp-Bornhofen.....	46
Anlage 9:	Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Kaub.....	47
Anlage 10	Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Langenscheid.....	48

1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

Die beiden Landkreise Rhein-Hunsrück und Rhein-Lahn beabsichtigen zwischen den heute bestehenden Brücken in Koblenz und Wiesbaden / Mainz (Schiersteiner Brücke) eine zusätzliche feste Querung des Rheins im Bereich St. Goar / St. Goarshausen zu erstellen. Die heutige Situation führt dazu, dass auf einer Länge von rund 90 km keine witterungs- und wasserstandsunabhängige Querung des Rheins möglich ist. Infolge der reduzierten Erreichbarkeit zwischen den beiden Rheinufern sowie der dadurch reduzierten Vernetzung mit dem Hinterland sind insbesondere im Bereich der Gemeinden St. Goar und Loreley in der Vergangenheit strukturelle Mängel entstanden, die zu Einbußen in der Wirtschaftskraft und -leistung sowie Bevölkerungsrückgängen geführt haben. Mit der geplanten neuen festen Rheinquerung soll die strukturelle Situation im Mittelrheintal verbessert werden. Dieses wird als erforderlich erachtet, um die ökonomische Basis für die Sicherung des Welterbes zu schaffen, in dem die dort lebenden Menschen zeitgemäße, bessere und zuverlässigere Zugänge zur Umgebung auf beiden Seiten des Rheins erhalten.

Der fragliche Bereich liegt im Bereich des UNESCO-Welterbe Mittelrheintal. Insofern ist neben den allgemeinen Schutzziele dessen „Outstanding Universal Value“ besonders zu würdigen und es ist zu untersuchen, unter welchen Bedingungen eine Brücke oder denkbare Alternativen wie ein optimierter Fährbetrieb oder ein Tunnel machbar sind und welche Beeinträchtigungen diese verursachen.

Die grundsätzliche Machbarkeit sowie die Umweltwirkungen einer Brücke bzw. eines Tunnels sind in den Gutachten „Rheinquerung im Welterbe Mittelrheintal“ der GVS (Gesellschaft für Verkehrsberatung und Systemplanung mbH, Hannover) vom Februar 2009 sowie eine Umweltverträglichkeitsstudie der Cochet Consult (Planungsgesellschaft Umwelt, Stadt & Verkehr, Bonn) vom Mai 2009, beide im Auftrag des Landesbetriebs Mobilität, Diez, dargestellt und in ihren Auswirkungen beschrieben. In der Umweltverträglichkeitsstudie wird insbesondere eine Variante „Tieflage außerhalb“ empfohlen, die außerhalb des besonders sensiblen Kernraumes des Welterbes im Bereich der Loreley liegt. Diese hat jedoch ebenso wie eine ebenda untersuchte Variante „Tunnel“ Wirkungen auf verschiedene Schutzziele nach dem UVP-Gesetz sowie den „Outstanding Universal Value“ des Welterbes. Darüber hinaus lagen für diese Untersuchung die „Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einer Querung des Mittelrheins bei St. Goar / St. Goarshausen“ der BPV Consult Koblenz vom Februar 2005 im Auftrag des Landesbetriebs Straßen und Verkehr Rheinland Pfalz sowie die „Machbarkeitsstudie zur Tunnellösung - Rheinquerung im Mittelrhein im Bereich St. Goar / St. Goarshausen“ der BUNG Beratende Ingenieure vom November 2006 vor.

Im Rahmen der laufenden Diskussion ist vom Welterbe-Komitee als zusätzliche Alternative ein deutlich optimierter Fährbetrieb ins Spiel gebracht worden, dessen Machbarkeit, Leistungsfähigkeit, landseitige städtebauliche Wirkungen, ökonomische Wirkungen, Erreichbarkeitsverbesserung und Akzeptanz im Vergleich zu einer Brücken- und einer Tunnel-Lösung zu prüfen sind.

In der vorliegenden Studie werden vor diesem Hintergrund zur Erweiterung der Beurteilungsgrundlagen aufbauend auf den genannten Studien insbesondere

- die Leistungsfähigkeit einer Fährverbindung und deren Konsequenzen für die landseitigen Anlagen, insb. Aufstellräume für wartende Kfz und deren städtebauliche Einbindung,
- die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einer Fährverbindung im Vergleich zu einer Brücken bzw. Tunnel-Lösung,
- und die betrieblichen Einschränkungen und Zuverlässigkeit einer Fährverbindung

dargestellt und beurteilt. Darüber hinaus werden

- die unterschiedliche Akzeptanz fester Verbindungen (Brücke und Tunnel differenziert) gegenüber einer Fähre,
- die Veränderungen der Erreichbarkeit,
- sowie besondere städtebauliche und verkehrliche Aspekte einer Tunnel-Lösung

für eine zusammenfassende Beurteilung dargestellt.

2. Leistungsfähigkeit und städtebauliche Einbindung einer Fährverbindung

Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Fährverbindung ist zunächst zu prüfen, welche Verkehrsbelastungen durch die geplanten und erforderlichen strukturellen Verbesserungen zur dauerhaften Sicherung des Weltkulturerbes und zur Sicherung zeitgemäßer Mobilitätschancen der Menschen zu erwarten sind. In den vorliegenden Untersuchungen sind für einen Tunnel in zentraler Lage von St. Goar bzw. St. Goarshausen rund 7.400 Fahrten pro Tag angegeben. Für eine Brücke im Bereich Fellen / Wellmich sind rund 7.000 Fahrten pro Tag prognostiziert. Hier zeigt sich, dass durch die dezentralere Lage die Verkehrsnachfrage geringer ist, was durch die Umwegigkeit erklärt werden kann.

Aufgrund der strukturellen Entwicklung mit starken Defiziten im Kernraum ist eine Verbesserung der Erreichbarkeit dringend erforderlich. Diese löst zusätzliche Verkehre aus, die allerdings je nach Variante und Lage nicht unbedingt großräumige Verkehre an sich ziehen muss. Die Variante „Tieflage außerhalb“ für eine Brücke ist aufgrund ihrer Lage und ihrer Verknüpfung mit dem vorhandenen Verkehrsnetz geeignet, das lokale Verkehrsbedürfnis zu sichern ohne gleichzeitig in großem Maße überörtliche Verkehre in den Bereich des Welterbes zu ziehen. Die Verkehrsuntersuchung weist hierfür rund 7.000 Fahrten pro Tag auf der Brücke aus, von denen rund 1.500 bis 2.000 Fahrten Neuverkehr sind. Dieser Neuverkehr ist einerseits mit der gewünschten strukturellen Verbesserung gewünscht und kann in der Summe als nicht zusätzlich problematisch angesehen werden. Zudem ist erkennbar, dass er im Wesentlichen aus der näheren und mittleren Umgebung stammt, so dass nicht in hohem Maße überörtliche und großräumige Verkehre angezogen werden.

Vor dem geschilderten Hintergrund werden in dieser Untersuchung für den Vergleich einer festen Querung in Form einer Brücke oder eines Tunnels mit einer Fähre die verkehrliche Belastungen für die Brücke in der Variante „Tieflage außerhalb“ entsprechend dem Gutachten „Rheinquerung im Welterbe Mittelrheintal“ der Gesellschaft für Verkehrsplanung GVS (Hannover, Mai 2009) herangezogen. Dort wird für die Brücke eine Verkehrsbelastung von 3500 Kfz/24h pro Richtung bei einem LKW-Anteil von 6,1% prognostiziert, die in den weiteren Untersuchungen als maßgeblicher Belastungsfall zugrunde gelegt wird.

Aus den Eckdaten der „Mobilität in Deutschland (MiD)“ (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Mobilität in Tabellen MIT 2002) lässt sich ein Anteil der Spitzenstunde am durchschnittlichen täglichen Gesamtverkehrsaufkommen (DTV) von acht

bis zehn Prozent ermitteln. Der Anteil liegt sowohl für den Bundesdurchschnitt wie auch für das Bundesland Rheinland-Pfalz als auch für den gegebenen Regionstyp in diesem Bereich. Für die weiteren Berechnungen wird ein Wert von zehn Prozent angenommen. Daraus ergibt sich ein Verkehrsaufkommen in der Spitzenstunde von 350 Kfz/h pro Richtung (328 Pkw und 22 LKW), welches von einer Fährverbindung aufzunehmen wäre.

Für die Leistungsfähigkeitsbetrachtung wird ein Standardschiffstyp mit nachfolgend aufgeführten Kenndaten angenommen, der dem derzeit auf dem Rhein gängigen Schiffstyp an den Querungsstellen in St. Goar, Bad Godesberg oder Altrip entspricht:

- Kapazität (Pkw/LKW), je nach Beladungskonstellation:
 - Beladungsfall 1: 30/0
 - Beladungsfall 2: 26/1
 - Beladungsfall 3: 22/2
 - Beladungsfall 4: 18/3 usw.
- Baukosten für ein Schiff: ca. 3.000.000 €
- Wartungskosten: 25.000 €/a + 1.000 €/(Tagesbetriebsstunde*a)
- Verbrauch: ca. 40 l/h
- Besatzung auf dem Schiff: 2 Personen (ein Schiffsführer und ein Gehilfe)
- Personalkosten: 37.000 €/a Schiffsführer (Entgeltgruppe TV-L E 7/2)
29.000 €/a Gehilfe (Entgeltgruppe TV-L E 2/2)

Diese Kenndaten sind Annahmen, die aufgrund von Erfahrungswerten von Werften und Betreibern, in Anlehnung an die Entgeltstrukturen im ÖPNV sowie durch eigene Recherchen plausibilisiert wurden. Die Lebensdauer der Schiffe wird mit 25 Jahren und der Dieselpreis mit 1,10 €/l angesetzt. Der Zinssatz für die Annuitätenberechnung wird mit 3,5 % angenommen. Darüber hinaus entstehen Bau- bzw. Umbaukosten einer Anlegestelle, die sehr von den örtlichen Gegebenheiten abhängen und mit 150.000 € bzw. 5.000 €/a für die Unterhaltung angenommen werden.

Für die Bewältigung der prognostizierten 328 Pkw und 22 LKW wäre in den einzelnen Beladungsfällen demnach die folgende Anzahl an Überfahrten nötig (zur Bewältigung des Pkw-Aufkommens/zur Bewältigung des LKW-Aufkommens):

- Beladungsfall 1: 11/-
- Beladungsfall 2: 13/22

- **Beladungsfall 3: 15/11**
- Beladungsfall 4: 19/8

Es wird deutlich, dass im Beladungsfall 3 die geringste Anzahl an Überfahrten nötig ist, um das Verkehrsaufkommen insgesamt zu bewältigen.

Neben der Frage der Leistungsfähigkeit der Schiffsüberfahrt stellt die Be- und Entladung eines Fährschiffes und damit die Belegung der Anlegestelle eine maßgebende Randbedingung für die Frage der Anzahl möglicher Überfahrten pro Stunde an einer Fährstelle und damit für die Kapazität dar. Beobachtungen an verschiedenen Fährstellen sowie Rücksprachen mit Betreibern von Flussfähren haben ergeben, dass bei den eingesetzten Schiffstypen und der vorhandenen Anlegerform die Be- und Entladung nur nacheinander erfolgen kann. Als Mindestzeit ergeben sich hier rund 5 Minuten, während derer ein Schiff den Anleger belegt.

Für die Ermittlung der erforderlichen Anzahl von Fähren ist zusätzlich die Fahrzeit zwischen den Ufern zu berücksichtigen. Hier haben Beobachtungen und Rücksprachen mit Betreibern ergeben, dass eine Überfahrt etwa 2,5 Minuten erfordert. Insofern ergibt sich ein Umlauf zu 2 x 5 Minuten Be- und Entladung zuzüglich 2 x 2,5 Minuten Überfahrt, mithin 15 Minuten. Aus der Tatsache, dass im Pilotbetrieb mit einer Fähre bei einer Überfahrtszeit von 2,5 Minuten etwa ein Takt von 15 Minuten gehalten werden konnte, kann der in Abbildung 1 dargestellte Umlaufplan als realisierbar angesehen werden. Dementsprechend ergibt sich eine Kapazität von maximal 8 Überfahrten pro Übergangsstelle.

Entsprechend dem Umlaufplan in Abbildung 1 lassen sich an einer Fährstelle zwei Schiffe einsetzen, so dass an einer Fährstelle ein 7,5-Minuten-Takt mit insgesamt 8 Überfahrten pro Richtung in der Spitzenstunde möglich ist.

Damit kann die erforderliche Kapazität in der Spitzenstunde an einer Übergangsstelle nicht erreicht werden!

Es ist anzumerken, dass ein solcher Umlaufplan aufgrund der geringen Zeitpuffer sowie des starken Querverkehrs der Rheinschifffahrt sehr störanfällig ist, was sich negativ auf die Planbarkeit und Zuverlässigkeit auswirkt.

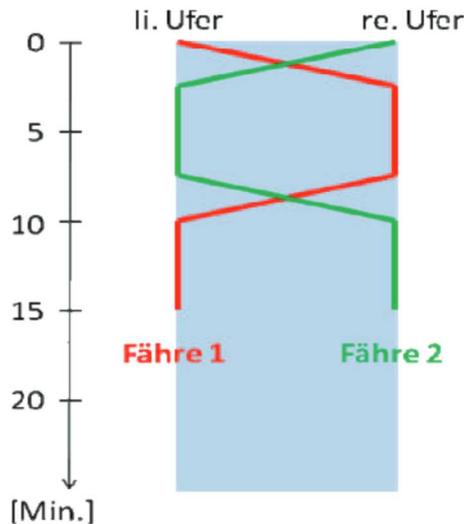


Abbildung 1: Umlaufplan (Quelle: eigene Darstellung)

Zur Sicherung der erforderlichen Anzahl von 16 Überfahrten in der Spitzenstunde sind demnach 2 Übergangsstellen mit je zwei Schiffen im 7,5-Minuten-Takt oder 3 Verbindungen mit einmal zwei Schiffen im 7,5-Minuten-Takt und zweimal je einem Schiff im 15-Minuten-Takt erforderlich. Im weiteren Verlauf wird aus Gründen einer guten Erreichbarkeit und der Tatsache, dass in St. Goar, Boppard und Kaub bereits drei Verbindungen etabliert sind, eine Variante mit drei Verbindungen genauer betrachtet, eine weitere denkbare Variante ist in Anlage 2 (Variante 4) dargestellt.

Bei der Berechnung des Aufstellraumes wurden zwei Fälle betrachtet, die sich für alle betrachteten Varianten anwenden lassen. So wurde ein 7,5-Minuten-Takt mit der Hälfte des zu bewältigenden Verkehrsaufkommens (Fall 1) sowie ein 15-Minuten-Takt mit einem Viertel des zu bewältigenden Verkehrsaufkommens (Fall 2) betrachtet. Fall 1 tritt an der Hauptverbindung von drei Verbindungen auf, wobei an den beiden Nebenverbindungen im 15-Minuten-Takt Fall 2 auftritt. Im Fall von zwei Verbindungen tritt an beiden Verbindungen Fall 1 auf. In allen Fällen wurde von einer den Kapazitäten entsprechenden gleichmäßigen Aufteilung des Verkehrsaufkommens ausgegangen, was durch ein leistungsfähiges Verkehrsleitsystem ähnlich einem Parkleitsystem sichergestellt werden kann.

Aufgrund des dichten Taktes wurde zur Berechnung der Warteschlangen das Verfahren zur Berechnung der Stauräumlichkeiten an Lichtsignalanlagen des Handbuchs für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) angewandt. Hieraus ergeben sich für die Fälle 1 und 2:

Fall 1: 7,5'-Takt, 180 eintreffende Fahrzeuge pro Stunde (ca. $0,5 \cdot \text{Gesamtaufkommen}$)

195 m laufender Fahrstreifen

Fall 2: 15'-Takt, 90 eintreffende Fahrzeuge pro Stunde (ca. 0,25*Gesamtaufkommen)

207 m laufender Fahrstreifen

Damit kann, eine zusätzliche Sicherheit aufgeschlagen, in beiden Fällen von einem Aufstellraum von ca. 120 m Länge auf zwei Fahrstreifen ausgegangen werden. Die genaue Berechnung ist den Anlagen 3 und 4 zu entnehmen. In den Abbildungen 2 und 3 sind für die Standorte St. Goar und St. Goarshausen die Aufstellräume mit zwei Fahrstreifen auf ca. 120 m Länge schematisch dargestellt und befinden sich nochmals in den Anlagen, ebenso wie die Darstellung der Situationen in Boppard und Kaub in den Anlagen 5 bis 10.



Abbildung 2: Aufstellraum Anlegestelle St. Goar (Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de)

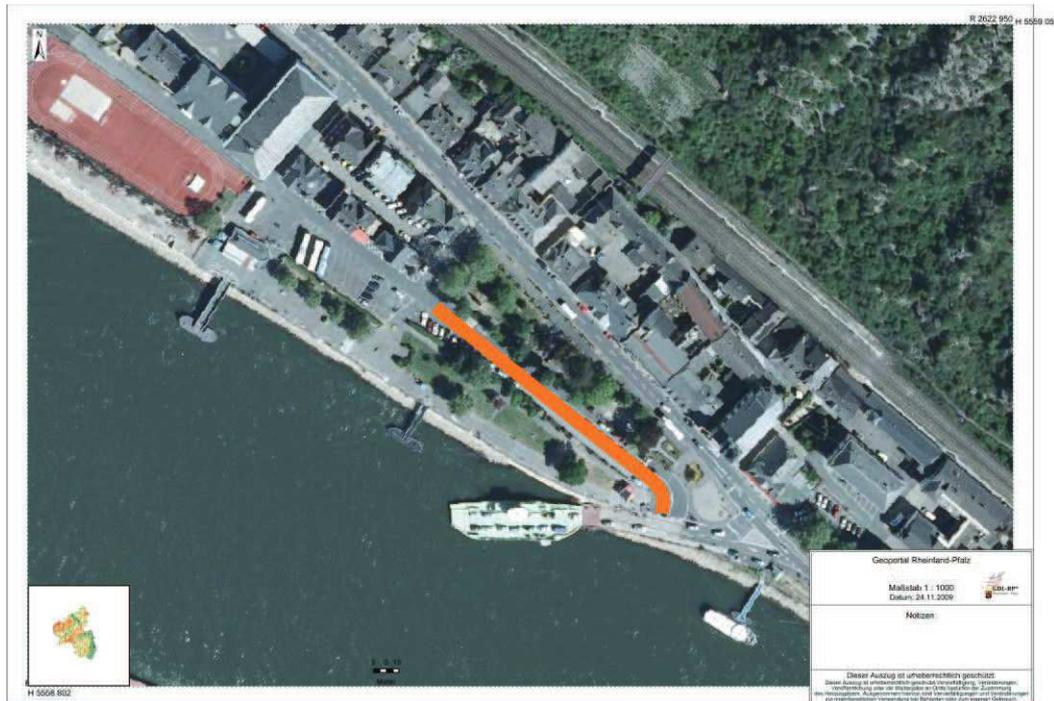


Abbildung 3: Aufstellraum Anlegestelle St. Goarshausen
(Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die erforderlichen Kapazitäten in der Spitzenstunde an einer Übergangsstelle nicht sichergestellt werden können. Daher werden für die weitere Betrachtung 3 Übergangsstellen (eine mit 7,5-Minuten-Takt und zwei Schiffen und zwei mit 15-Minuten-Takt und je einem Schiff) unterstellt.

An allen Übergangsstellen sind beidseitig in der Spitzenstunde Aufstellräume mit je 120 m Länge und zwei Fahrstreifen erforderlich. Deren städtebauliche Einbindung ist in den Anlagen 5 bis 10 dargestellt und kann als gegeben bzw. mit geringem Aufwand herstellbar betrachtet werden.

3. Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Für die Betrachtung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der verschiedenen denkbaren Lösungen werden für die Brücke und einen Tunnel die Annuitätenmethode sowie für eine Fährverbindung eine Vollkostenbetrachtung herangezogen.

Bei der Brücke wird entsprechend der vorliegenden Machbarkeitsstudie der GVS Hannover vom Februar 2009 von einer Länge (incl. Rampen) von insgesamt ca. 1 km und Baukosten von ca. 40 Mio. € ausgegangen. Nach der Annuitätenmethode ergeben sich hieraus bei einem Zinssatz von 3,5% ca. 1,7 Mio € jährliche Kosten für die Grunderneuerung des Bauwerks nach 50 Jahren (Abschreibungszeitraum nach EWS 1997). Die Unterhaltskosten betragen nach EWS 1997 75.000 €/km*a für eine Brücke innerhalb geschlossener Ortschaften und 150.000 €/km*a für eine einfache BAB-Brücke. Für die weiteren Betrachtungen wird von 100.000 €/km*a bei einer Länge von ca. 1 km ausgegangen, was zu jährlichen laufenden Kosten von ca. 100.000 €/a führt.

Für einen Tunnel sind in der Machbarkeitsstudie der BUNG Beratende Ingenieure vom November 2006 eine Länge von insgesamt 2 km und Baukosten von ca. 72 Mio. € genannt. Nach der Annuitätenmethode ergeben sich hieraus bei einem Zinssatz von 3,5% ca. 3,0 Mio. € jährliche Kosten für die Grunderneuerung des Bauwerks nach 50 Jahren (Abschreibungszeitraum nach EWS 1997). Die Unterhaltskosten betragen nach EWS 1997 150.000 €/km*a für einen Tunnel innerhalb geschlossener Ortschaften und 250.000 €/km*a für einen einfachen BAB-Tunnel mit zwei Röhren. Aufgrund der örtlichen Verhältnisse mit starken Krümmungen der Tunnelachse sowie starken Steigungen der Gradienten wird von einem mittleren Wert von 200.000 €/km*a bei einer Länge von ca. 2 km ausgegangen, was zu jährlichen laufenden Kosten von ca. 400.000 €/a führt.

Weiterführende Erkenntnisse der Straßenbauverwaltung des Landes Rheinland-Pfalz sowie aus anderen Tunnelprojekten geben die „Betriebskosten“ für einen Tunnel mit etwa 500.000 €/a an, wobei zusätzlich etwa 1,0 Mio € „Instandsetzungskosten“ anzunehmen sind. Davon fällt ein Großteil jedoch erst 30 bis 40 Jahre nach Inbetriebnahme an. Gleichzeitig ist der Literatur zu entnehmen, dass für die Grunderneuerung nach der Nutzungsdauer keine Ansätze gemacht werden. Da sich die „Betriebskosten“ etwa mit den laufenden Kosten nach EWS 1997 decken und die „Instandhaltungskosten“ zu einem Großteil der nach EWS 1997 nach 50 Jahren anfallenden Grunderneuerung zuordnen lassen, erscheint es angemessen, von der Methode nach EWS 1997 auszugehen und der Annuität von ca. 3,0 Mio. € die laufenden Kosten von etwa 500.000 € zuzuschlagen.

Aus der in Kapitel 2 dargestellten Kapazitätsbetrachtung ergibt sich für eine Fährverbindung, dass mindestens zwei Fährverbindungen mit je zwei Schiffen oder drei Verbindungen mit zwei bzw. zweimal einem Schiff erforderlich sind. Dabei wird eine gleichmäßige Aufteilung unter Annahme eines örtlichen Verkehrsleitsystems unterstellt. Insgesamt wird aufgrund der vorhandenen Strukturen die Variante mit drei Verbindungen, wobei auf der mittleren (St. Goar) zwei und auf den nördlich und südlich gelegenen Verbindungen (Boppard bzw. Kaub) je eine Fähre fährt, als sinnvoll angesehen. In den in den Anlagen 1 und 2 dargestellten detaillierten Varianten- und Kostenbetrachtungen gibt es jedoch keine wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Einsatzfällen der insgesamt vier Fähren, die für das Verkehrsaufkommen in der Spitzenstunde notwendig sind.

Tabelle 1: Kenndaten der betrachteten Varianten (Quelle: eigene Berechnungen)

	Brücke Länge 1 km	Tunnel* Länge 2 km	Variante 2 3 Verb. Mit je 2/1/1 Fähren (24+18/18/ 18 h/d)	Variante 4 2 Verb. mit je 2 Fähren (24+18 h/d)
Schiffskosten [1000€/a]	-	-	2.159	2.261
Personalkosten [1000€/a]	-	-	1.296	1.362
Anlegerkosten [1000€/a]	-	-	85	56
Gesamtkosten [1000€/a]	1.800	3.500*	3.540	3.679
Maximale Aufstellfläche Haupt-Verbindung [m]	-	-	200	200
Maximale Aufstellfläche Neben-Verbindung [m]	-	-	210	-

* ohne Kosten für eine zusätzliche Verbindung für Fußgänger und Radfahrer (vgl. Kapitel 5)

Tabelle 1 zeigt die beschriebenen Varianten von Fährbetrieb, Brücke bzw. Tunnel bezüglich Kosten und Kapazität, wobei die bei der Brücke bzw. dem Tunnel angegebene Kapazität nicht die Maximalkapazität ist, sondern die bereits genannte prognostizierte Belastung aus dem Gutachten „Rheinquerung im Welterbe Mittelrheintal“ der Gesellschaft für Verkehrsplanung GVS (Hannover, Mai 2009).

Die Kapazität wird von insgesamt 4 Fährten in der Spitzenstunde erreicht, wobei, diese auf zwei oder drei Verbindungen (Variante 2 und Variante 4) fahren können.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine Brücke die geringsten jährlichen Kosten verursacht. Die jährlichen Kosten eines Tunnels bzw. eines optimierten Fährbetriebs sind etwa gleich groß und rund doppelt so hoch wie die einer Brücke. Dabei sind in allen Fällen keine Erlöse aus Fährgebühren oder Maut unterstellt.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass ein von den Verfechtern geforderter, kostenloser Fährbetrieb an den genannten drei Stellen zur Kostendeckung einen Zuschuss in der dargestellten Höhe erfordert. Es kann an dieser Stelle nicht prognostiziert werden, in wie weit eine kostenlose Nutzbarkeit der hier untersuchten Fährten wirtschaftliche Auswirkungen auf die dann nächstgelegenen Fährbetriebe hat, die heute alle eigenwirtschaftlich betrieben werden. Es ist aber sicher zu erwarten, dass ein kostenloser Fährbetrieb in St. Goar bei gleichzeitig kostenpflichtigen Fährbetrieben in Boppard und Kaub zum Einen die wirtschaftlichen Grundlagen der eigenwirtschaftlichen Betriebe in Boppard und Kaub massiv beeinträchtigen werden und zum Anderen die Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Verkehrsmengen nicht mehr zutreffend sein lassen.

Unter der Annahme von Übersetzgebühren von 1 € ergeben sich rechnerisch bei 7000 Fahrzeugen pro Tag und 300 durchschnittlichen Verkehrstagen im Jahr Einnahmepotenziale von rund 2,1 Mio. €, bei 2 € je Übersetzfall die doppelte Summe. Ein kostendeckender Betrieb könnte somit allenfalls dann erreicht werden, wenn die für die Brücke prognostizierte Verkehrsmenge von 7000 Fahrzeugen auch bei einer Übersetzgebühr von 2 Euro erreicht würde. Hiervon kann jedoch nicht ausgegangen werden, weil ein gebührenpflichtiger Fährbetrieb ein spürbares Hemmnis für die Nutzer darstellt und daher nicht die Freizügigkeit herstellt, wie eine kostenlose Verbindung. Insofern wären dann deutliche Abschläge bei der Nachfrage anzunehmen. Das hat zur Folge, dass die beabsichtigte strukturelle Entwicklung nicht mehr als erreichbar angesehen werden kann und somit keine inhaltliche Vergleichbarkeit zu einer festen Querung mehr besteht. Das Verkehrsgutachten von GVS geht z.B. davon aus, dass die Fährten lediglich von 1.200 Fahrzeugen je 24 Stunden benutzt würden.

4. Betriebliche Einschränkungen einer Fährverbindung

Hinsichtlich der Nutzbarkeit und Zuverlässigkeit können die festen Verbindungen in Form einer Brücke oder eines Tunnels als gleichwertig eingestuft werden. Ausfälle bzw. Unpassierbarkeiten entstehen aus außergewöhnlichen Ereignissen wie Unfällen, technischen Störungen oder anderen externen Störungen wie Hochwasserereignissen und einer damit einhergehenden Unpassierbarkeit der Uferstraßen und Zufahrten. Eine Unpassierbarkeit der Uferstraßen löst massive Einschränkungen der Erreichbarkeit im Rheintal aus. Diese werden hier jedoch nicht näher betrachtet werden, da sie alle Varianten einer Querung gleich betreffen und aufgrund der stark wechselnden Höhenprofile der B 9 und der B 42 an sehr verschiedenen Stellen auftreten. Sie verursachen damit keinen Unterschied für die Nutzbarkeit einer festen Verbindung im Verhältnis zu einer Fährverbindung. Es wird also davon ausgegangen, dass die B 9 und die B 42 vereinbar mit den Welterbezielen und Umweltaspekten hochwassersicher passierbar ausgebaut werden können.

Um die Auswirkungen durch technisch bedingte Ausfälle zu minimieren, wird davon ausgegangen, dass eine Ersatzfähre vorgehalten wird und je nach Bedarf eingesetzt werden kann. Für die Vorhaltung einer Ersatzfähre fallen zusätzlichen Kosten gegenüber den in Kapitel 3 ermittelten in einer Größenordnung von ca. 200.000 € pro Jahr an (Schiffskosten für Abschreibung, ohne Personal- und Betriebskosten).

Bezüglich Unfällen bzw. Havarien haben Recherchen bei der Wasser- und Schifffahrtsdirektion ergeben, dass tatsächlich keine höheren Gefährdungspotenziale vorliegen als im allgemeinen Straßenverkehr (die Anzahl der Schiffsunfälle bezogen auf die Einsatzstunden oder Verkehrsmengen ist nicht höher als im Straßenverkehr). Insofern entsteht hieraus kein quantifizierbarer Unterschied für die einzelnen Varianten.

Die Ausfälle infolge extremer Wasserständen lassen sich auf Basis der Informationsvorlage für das UNESCO-Welterbe-Zentrum-Paris „Rheinquerungen am Mittelrhein“ (Cochet Consult, Bonn 2007) darstellen. Demnach wird der Fährverkehr derzeit bei einer Überschreitung eines Pegels bei Kaub von 560 cm eingestellt. Ab einem Pegelstand von 510 cm wird die B 42 unpassierbar.

Die Analyse von Pegelständen bei Kaub aus Unterlagen des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bingen ergab, dass in den Jahren 1989 bis 2008 der Pegel von 560 cm an maximal 90 Tagen und ein Pegel von 500 cm an maximal 167 Tagen überschritten war. Das

entspricht jährlichen Durchschnittsüberschreitungen von neun Tagen (500 cm) und fünf Tagen (560 cm). Die Ergebnisse und die Verteilung sind in Abbildung 4 dargestellt.

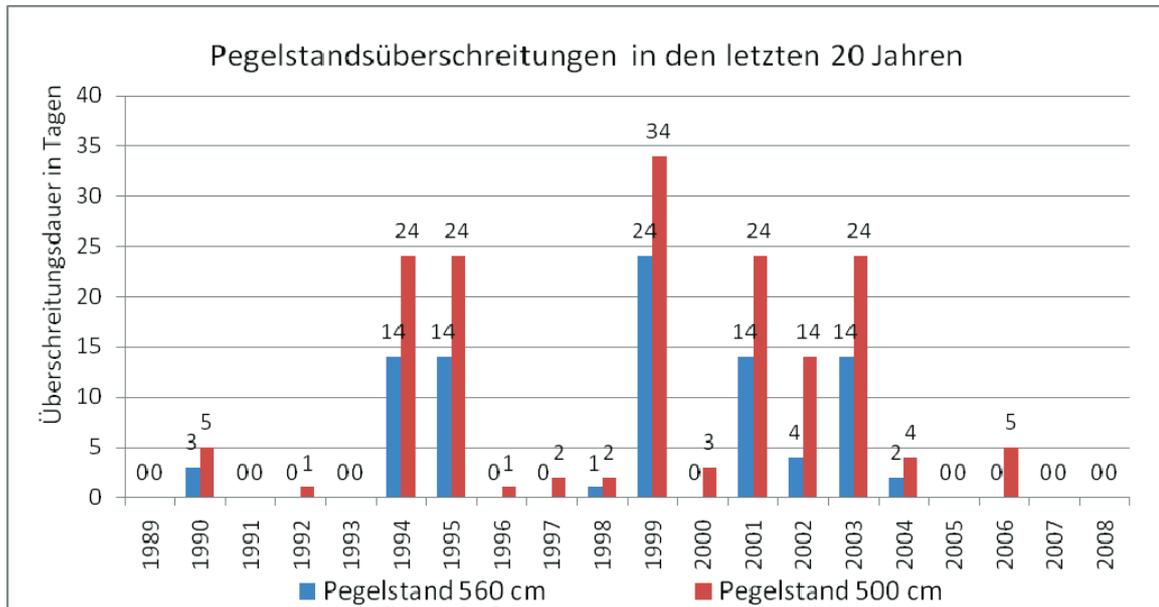


Abbildung 4: Pegelüberschreitungen Kaub (Quelle: eigene Darstellung auf Basis Daten des Wasser- und Schifffahrtsamts Bingen)

Angesichts des globalen Klimawandels wird insgesamt mit einer Zunahme von extremen Wetterereignissen, insb. Sturm und Starkregen, gerechnet. Weiterhin wird für Mitteleuropa aufgrund der steigenden Temperaturen mit einer Abnahme der Schneemengen in den Mittel- und Hochgebirgen gerechnet. Dieses kann für den Rhein Konsequenzen im Hinblick auf die Hoch- und Niedrigwassersituation haben.

Nach Angaben der Bundesanstalt für Gewässerkunde (telefonische Auskunft von Dr. Enno Nilson, Bundesanstalt für Gewässerkunde - Referat Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen), die im Rahmen des Forschungsprojektes „*KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen*“ die Entwicklung der Wasser- und Strömungsverhältnisse am Rhein mit Klimamodellen untersucht, sind belastbare Aussagen zur Entwicklung extremer Pegelüberschreitungen in den nächsten Jahrzehnten derzeit nicht möglich. Mit ersten genaueren Ergebnissen wird nicht vor Ende 2010 gerechnet.

Aufgrund allgemeiner Erkenntnisse zum Klimawandel (u.a. Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW 2006): Unser Klima verändert sich, Folgen – Ausmaß – Stra-

tegien, Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft in Süddeutschland) ist bezüglich der Hochwassersituation zu erwarten, dass die Anzahl der Hochwassertage tendenziell zunehmen wird. Allerdings ist aufgrund der erwarteten rückläufigen Schneemengen eine deutliche Veränderung der bisherigen Verteilung der Hochwasserspitzen des Rheines zu erwarten. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Hochwasserspitzen aufgrund der Schneeschmelze im Frühjahr langfristig eher weniger werden, so dass eine wesentliche Zunahme der Überschreitung des Pegels 560 cm in Kaub nicht zu erwarten ist. Hinsichtlich der Überschreitung des Pegels 500 cm ist für diese Untersuchung der Schluss zu ziehen, dass dadurch keine Unterschiede in der Beurteilung einer festen bzw. einer Fährverbindung ausgelöst werden, weil eine Unpassierbarkeit der B 42 alle denkbaren Varianten gleichmäßig betrifft.

Bezüglich der Niedrigwassersituation ist zu erwarten, dass die Anzahl der Niedrigwassertage aufgrund der zu erwartenden steigenden Sommertrockenheit als Folge des Klimawandels steigen wird. Dieses hat für eine Fährverbindung potenziell Einschränkungen zur Folge. Derzeit muss der Fährverkehr bei extremem Niedrigwasserstand eingestellt werden, weil die Fähre den Anleger nicht mehr anfahren kann. Allerdings lässt sich dieses Problem durch einen Umbau der Anleger mit Verlängerung zur Fahrrinne beheben. Dazu wären wasserrechtliche Belange zu prüfen, was allerdings nicht Gegenstand dieser Studie ist und worin keine grundsätzlichen Ausschlusskriterien erkennbar sind. Insofern hat eine Niedrigwassersituation keinen maßgeblichen Einfluss auf die hier vorzunehmende Bewertung der Unterschiede einer festen Verbindung zu einer Fährverbindung.

Eine Quantifizierung der ökonomischen Konsequenzen der Hochwassersituation kann zum Einen über erforderliche Umwege im Rahmen der Erreichbarkeitsanalyse (siehe auch Kapitel 6) bzw. zum Anderen über eine volkswirtschaftliche Bewertung der Ausfälle von Arbeitstagen erfolgen.

Eine Ermittlung der volkswirtschaftlichen Nachteile eines Fährausfalls kann in einer Annäherung über die Arbeitswege der Beschäftigten, Handwerker und Dienstleister erfolgen. Die Anteile der Wegezwecke Arbeit, Ausbildung und Beruf/Dienstweg betragen nach der MiD in der Summe etwa 25%. Daraus ergibt sich bezogen auf die etwa 7.000 prognostizierten Kfz auf der Brücke eine Anzahl betroffener Personen zu $7.000 \times 0,25 \times \frac{1}{2} = 875$ Personen, die ihren Arbeitsplatz an einem Tag ohne Fährbetrieb nicht oder nur eingeschränkt erreichen können.

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf, also die Summe aller Produkte und Leistungen, betrug 2008 nach Daten des Statistischen Bundesamtes ca. 44.700 \$, was nach dem Umrechnungskurs vom 31.12.2008 etwa 31.700 € entspricht. Pro Ausfallarbeitstag ergeben sich so $(31.700 \text{ €/a} \cdot \text{Person}) / (250 \text{ AT/a}) = 127 \text{ €/Pers.} \cdot \text{AT}$. Daraus ergeben sich bei den oben ermittelten durchschnittlich fünf Ausfalltagen pro Jahr volkswirtschaftliche Nachteile von etwa 634 €/Pers. Bei insgesamt 875 Personen ergeben sich so volkswirtschaftliche Nachteile von rund 0,5 Mio. € p.a. bei fünf Ausfalltagen.

Unter der Annahme, dass die Arbeitsleistung nicht ganz entfällt sondern Umwege über die nächst gelegenen Brücken in Koblenz bzw. Mainz/Wiesbaden in Kauf genommen werden ergibt sich nachfolgende Abschätzung. Der Umweg zur nächsten Brücke beträgt 2 x 45 km (siehe Ausgangslage, 90 km ohne Brücke, davon ½ Distanz). Die Fahrzeit für die erforderlichen 90 km Umweg kann bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 60 km/h auf der B 42 bzw. der B 9 zu 1,5 Stunden berechnet werden. Daraus ergibt sich, dass für die oben ermittelten 875 Personen bei einem Umweg von etwa 1,5 h und einem Zeitkostensatz von etwa 8 €/h (Standardisierte Bewertung: 7,50 €/h, EWS mit Preissteigerung von 3,5 %: 8,30 €/h) ca. 21.000 € pro Fähr-Ausfalltag und Person, also etwa 100.000 € pro Jahr bei fünf Ausfalltagen anfallen. Bei Berücksichtigung von durchschnittlichen Brutto-Lohnkosten von rund 50 € pro Stunde z.B. für Handwerker ergeben sich dort Nachteile von rund 0,33 Mio. € pro Jahr.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass betriebliche Einschränkungen einer Fährverbindung aufgrund von Hochwasser und dadurch begründeten Betriebseinstellungen gegenüber einer festen Verbindung volkswirtschaftliche Nachteile von 0,1 bis 0,5 Mio. € pro Jahr auslösen. Andere Aspekte wie Unfallgefahren oder technische Störungen weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Lösungsmöglichkeiten auf.

5. Akzeptanzunterschiede von festen Verbindungen zu Fähren

Zur Bewertung der Akzeptanz einer Fähre im Vergleich zu einer festen Verbindung in Form einer Brücke oder eines Tunnels ist zunächst darauf hinzuweisen, dass in der kulturhistorischen Entwicklung bei Vorliegen entsprechender Verkehrsnachfrage und ökonomischer Möglichkeiten vielerorts an ursprünglichen Furten zunächst Fährverbindungen und später Brücken entstanden. Viele der frühen Brücken werden heute selbst als Kulturdenkmäler oder gar Welterbe angesehen oder sind Teil eines solchen, z.B. die „Steinerne Brücke“ in Regensburg oder die „Alte Brücke“ in Heidelberg. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass Brücken zur Kulturgeschichte der Menschheit gehören und maßgeblich zur Bewältigung des kulturellen Austausches beitragen.

Detaillierte Untersuchungen zu Motiven für den Ersatz von Fährverbindungen durch Brücken oder die Benennung dezidierter Gründe sind in der Literatur nicht zu finden. Lediglich in Einzelfällen wird sowohl in der Historie als auch in der Neuzeit in der Begründung der Vorhaben darauf Bezug genommen, dass eine feste Verbindung als gefahrloser, zuverlässiger und dauerhafter als eine Fährverbindung beschrieben wird. Es werden Gefahren aus potenziellen Havarien im Schiffsverkehr ebenso vermieden wie Zuverlässigkeitseinschränkungen durch wechselnde Wasserstände oder Witterungseinschränkungen wie Nebel und Dunkelheit.

Im vorliegenden Fall sind aufgrund der heutigen Technik Witterungseinflüsse als Kriterien für eine Einschränkung der Akzeptanz nicht mehr gegeben. Bezüglich der wechselnden Wasserstände ist auf Kapitel 4 zu verweisen, in dem die betrieblichen Einschränkungen einer Fährverbindung dargelegt wurden (durchschnittlich 5 Ausfalltage pro Jahr). Bezüglich Havarien haben Recherchen bei der Wasser- und Schifffahrtsdirektion ergeben, dass tatsächlich keine höheren Gefährdungspotenziale vorliegen als im allgemeinen Straßenverkehr (die Anzahl der Schiffsunfälle bezogen auf die Einsatzstunden oder Verkehrsmengen ist nicht höher als im Straßenverkehr). Insofern verbleiben als tatsächliche Akzeptanzunterschiede neben den Zeitverlusten aus Erreichbarkeitsunterschieden und Wartezeiten (siehe dazu Kapitel 6) allenfalls psychologische Aspekte, zu denen jedoch in der Literatur keine weiteren Ausführungen zu finden waren und die sich insofern nicht weiter quantifizieren lassen.

Eine vertiefte Betrachtung der Akzeptanz verschiedener Möglichkeiten einer festen Verbindung (Brücke oder Tunnel) führt zu dem Ergebnis, dass hier sowohl Unterschiede in der tatsächlichen Nutzbarkeit als auch in der Wahrnehmung und damit Akzeptanz der Nutzer bestehen. Die tatsächliche Nutzbarkeit eines Tunnels ist für den Fußgänger- und Radverkehr eingeschränkt bzw. in dem vorliegenden Fall als nicht gegeben einzustufen.

Die geplante Tunnellänge von knapp 2 km sowie die bauliche Gestaltung lassen eine Parallelführung von Fuß- und Radwegen im Tunnel nicht zu. Grundsätzlich muss festgehalten werden, dass die Anlage eines Fuß- und Radweges bei einem Tunnel dieser Länge aus Gründen der Luftqualität und der Verkehrssicherheit ausscheidet. Insofern wäre eine zusätzliche Verbindung per Schiff (Personenfähre) oder ein Shuttlebus auf jeden Fall erforderlich, die zusätzliche Kosten verursachen.

Aus psychologischer Sicht ist festzuhalten, dass ein Tunnel gegenüber einer Brücke dadurch Akzeptanznachteile erfährt, dass seitens der Nutzer eine latente Gefahr durch Unfälle, eine schwierigere Evakuierungssituation, die Verrauchung und potenzielle Wassereinbrüche bestehen bzw. befürchtet werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass bei denkbaren festen Verbindungen eine Tunnel-Lösung gegenüber einer Brücken-Lösung nicht nur höhere Kosten verursacht (siehe Kapitel 3), sondern auch deutliche Nachteile in der Akzeptanz und Nutzbarkeit aufweist. Diese Nachteile sind neben den nicht quantifizierbaren psychologischen Aspekten vor allem darin zu sehen, dass bei einer Tunnel-Lösung zusätzlich eine Verbindung für Fußgänger und Radfahrer mittels Schiff oder Shuttlebus geschaffen werden muss, da diese aus lufthygienischen und Sicherheitsgründen nicht im Tunnel parallel zur Straße geführt werden können. Insofern wäre eine Brücken-Lösung einem Tunnel auf jeden Fall vorzuziehen.

Im Vergleich zwischen einer Brücke und einer Fährverbindung ist festzustellen, dass auch in diesem Fall psychologische kulturhistorische Gründe gegen eine Fähre sprechen, die sich aber mangels vorhandener Studien weder monetarisieren noch anderweitig quantifizieren lassen.

6. Veränderungen der Erreichbarkeit

Für die Beurteilung der unterschiedlichen Erreichbarkeitssituation wird ein Vergleich der Reisezeiten bei den oben beschriebenen drei Fährverbindungen (Boppard, St. Goar, Kaub) mit einer festen Verbindung im Bereich St. Goar angestellt. Da die Reisezeiten bei der Brücken- bzw. Tunnel-Lösung kaum unterschiedlich sind, wird dieser Unterschied nicht näher betrachtet. Die Betrachtung erfolgt auf der Grundlage der Straßennetze des Portals „openstreetmap.de“ sowie der dort hinterlegten Fahrzeiten. Dazu werden die in der „Richtlinie für die integrierte Netzplanung“ der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV, RIN Ausgabe 2009) angegebenen Zuschläge für Zugangs- und Parksuchzeiten je nach Ortsgröße addiert.

Die Betrachtung erfolgt auf der Basis der für die Brücke geplanten Verbindungsfunktion im Nahraum und betrachtet die nächstgelegenen Mittelzentren (Boppard und St. Goar / St. Goarshausen) sowie die nächstgelegenen Arbeitsplatzschwerpunkte an der A 61 bzw. östlich des Rheins (Emmelshausen und Nastätten) sowie Kamp-Bornhofen, Kaub und Oberwesel. Die sich ergebenden Werte sind in Tabelle 2 und in den Abbildungen 5 bis 6 dargestellt. Dabei ist die Wartezeit an der Fähre als Bestandteil der Reisezeit mit einem halben Takt angenommen und entsprechend der üblichen Vorgehensweise in der Verkehrsplanung mit dem Faktor 1,5 bewertet.

von		nach		Reisezeit Brücke	Reisezeit Fähre	Reisezeit- differenz	Reisezeit- differenz	Luftlinienge- schwindigkeit Brücke	Luftlinienge- schwindigkeit Fähre	Qualitäts- stufe nach RIN Brücke	Qualitäts- stufe nach RIN Fähre
	Kategorie		Kategorie	[min.]	[min.]	[min.]	[%]	[km/h]	[km/h]		
St. Goar	MZ	Kamp-Bornh.	G	17,3	23,0	5,7	24,8	37,5	28,2	A	A
St. Goar	MZ	Nastätten	GZ	24,3	29,0	4,7	16,2	28,4	23,8	A	B
St. Goar	MZ	St. Goarsh.	MZ	12,3	16,0	3,7	23,1	2,4	1,9	<5km	<5km
St. Goar	MZ	Kaub	G	20,3	23,0	2,7	11,7	23,5	20,7	A	A
Boppard	MZ	Kamp-Bornh.	G	25,3	35,0	9,7	27,7	5,0	3,6	<5km	<5km
Boppard	MZ	Nastätten	GZ	32,3	41,0	8,7	21,2	36,2	28,5	A	B
Boppard	MZ	St. Goarsh.	MZ	20,3	28,0	7,7	27,5	36,7	26,6	A	A
Boppard	MZ	Kaub	G	28,3	35,0	6,7	19,1	42,9	34,7	A	A
Emmelshausen	GZ	Kamp-Bornh.	G	31,3	37,0	5,7	15,4	17,6	14,9	C	D
Emmelshausen	GZ	Nastätten	GZ	38,3	45,0	6,7	14,9	34,5	29,4	A	B
Emmelshausen	GZ	St. Goarsh.	MZ	26,3	32,0	5,7	17,8	26,2	21,6	A	B
Emmelshausen	GZ	Kaub	G	34,3	39,0	4,7	12,1	29,2	25,7	A	B
Oberwesel	GZ	Kamp-Bornh.	G	23,3	32,0	8,7	27,2	39,8	29,0	A	A
Oberwesel	GZ	Nastätten	GZ	30,3	33,0	2,7	8,2	26,9	24,7	A	B
Oberwesel	GZ	St. Goarsh.	MZ	18,3	20,0	1,7	8,5	17,7	16,2	A	A
Oberwesel	GZ	Kaub	G	26,3	23,0	-3,3	-14,3	7,6	8,7	<5km	<5km

 Verbindungen < 5km in Karten nicht dargestellt

Tabelle 2: Reisezeiten und Verbindungsqualitäten im Untersuchungsraum
(Quelle: eigenen Berechnungen auf Basis openstreetmap)

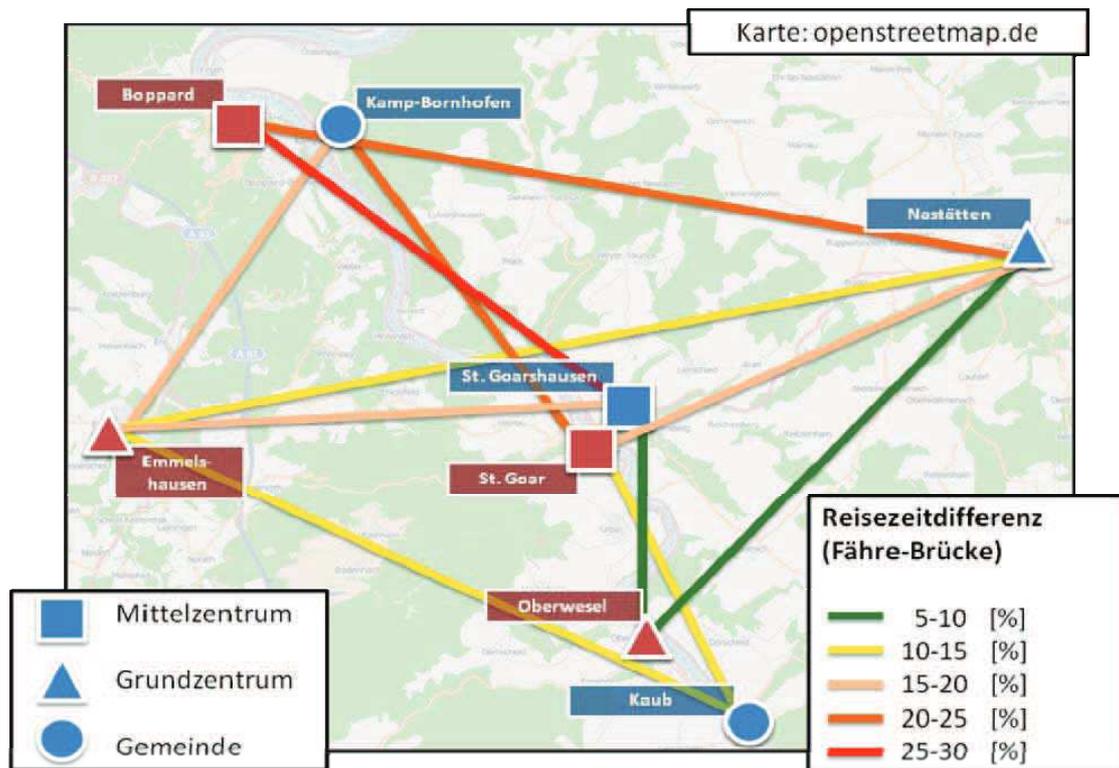


Abbildung 5: Reisezeitdifferenzen Fähre – Brücke
(Quelle: eigene Darstellung auf Basis openstreetmap)

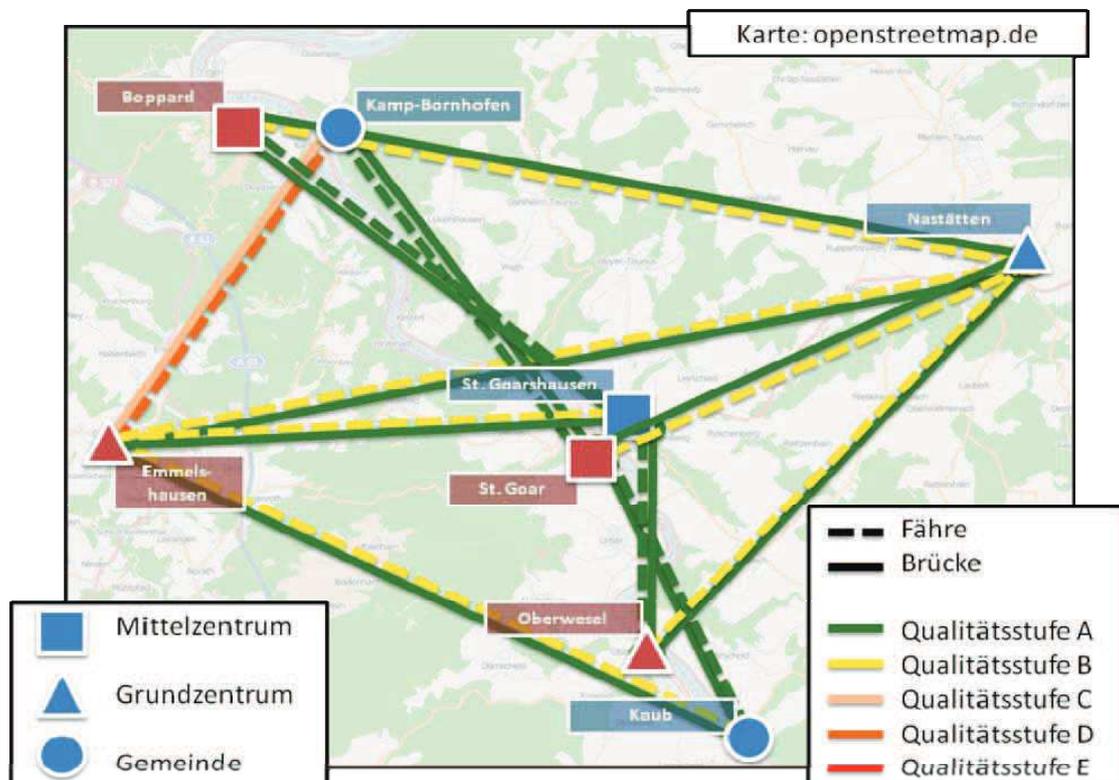


Abbildung 6: Verbindungsqualitätsstufen nach RIN
(Quelle: eigene Darstellung auf Basis openstreetmap)

Insgesamt ist festzustellen, dass trotz mehrerer Übergangsstellen und kürzerer Wege die Reisezeiten der Fährverbindungen aufgrund der längeren Übersetz- und insbesondere der Wartezeiten durchweg um 10% bis 30% höher liegen als bei einer festen Verbindung. Trotz dreier Fährverbindungen weisen diese durchweg eine um eine Stufe schlechtere Qualitätsbewertung auf als bei einer festen Verbindung (Brücke oder Tunnel). Die Qualitätsstufen entsprechend der Bewertung der RIN weisen sowohl für eine Fähre als auch für eine feste Verbindung bis auf die Verbindung Emmelshausen - Kamp-Bornhofen durchweg eine gute bis sehr gute Verbindungsqualität auf.

7. Besondere städtebauliche und verkehrliche Aspekte der Tunnellösung

Neben den bereits in Kapitel 3 dargestellten wirtschaftlichen Aspekten und der in Kapitel 5 dargestellten Akzeptanz und Nutzbarkeit eines Tunnels sowie den in der Umweltverträglichkeitsstudie zum „Neubau einer festen Rheinquerung am Mittelrhein“ der Cochet Consult vom Mai 2009 dargestellten Wirkungen auf die nach dem UVP Gesetz zu untersuchenden Schutzgüter sind aus städtebaulicher und verkehrlicher Sicht zusätzlich nachfolgende Aspekte für die Bewertung einer Tunnel-Lösung im Vergleich zu einer Brücken-Lösung oder der Variante „optimierter Fährbetrieb“ von besonderer Relevanz:

- Verkehrs-, Lärm- und Staubbelastung während der Bauzeit durch Abtransport der Ausbruchmassen,
- Lärm- und Abgasbelastungen an den Tunnelmündern während des Betriebs.

Die Machbarkeitsstudie einer festen Rheinquerung der GVS aus dem Jahr 2003 sieht einen Tunnel von 1900 m Länge mit zusätzlich zwei Fluchtstollen von knapp 700 m Länge am westlichen Ufer sowie knapp 900 m am östlichen Ufer vor. Bei einem Ausbruchquerschnitt von knapp 100 m² für den Straßentunnel sowie rund 15 m² für die beiden Fluchtstollen ergeben sich Ausbruchmassen von insgesamt knapp 210.000 m³.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Sicherheitsrichtlinien für Straßentunnel, die aufgrund der Unfälle in den Alpentunneln in den letzten Jahren sukzessive verschärft worden sind, ist festzustellen, dass die Fluchtstollen entsprechend der geltenden gesetzlichen Regelungen zwingend erforderlich sind, um eine Evakuierung der Menschen in Brandfällen zu ermöglichen. Der dafür vorgesehene Querschnitt entspricht den anerkannten Regeln der Technik für Entwurfsgrundlagen. Analoges gilt für den Querschnitt des Straßentunnels, der erforderlich ist, um eine Fahrbahnbreite von 7,5 m mit beidseitigen Schrammboden von je 1 m aufnehmen zu können.

Was die Tunnellängen angeht ist festzustellen, dass die in der Machbarkeitsstudie aus dem Jahr 2003 ermittelten Werte in einer vertiefenden Studie der BUNG Beratende Ingenieure im Jahr 2006 bestätigt wurden. Die Tunnellänge für die Fahrbahn ist auch bei den dort untersuchten Varianten ähnlich, die Fluchtstollen sind je nach Variante etwas kürzer. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass somit Ausbruchmassen von rund 200.000 m³ anfallen und abzufahren sind.

Je nach Lage der Tunnelportale und Transportart führt dieses während der Bauzeit zu unterschiedlichen lokalen Verkehrsbelastungen. Grundsätzlich sind für den Abtransport ein Lkw-Transport, ein Bahntransport und ein Schiffstransport denkbar. Allerdings sind in allen Fällen Lkw-Transporte von den Angriffspunkten und zukünftigen Tunnelportalen zur Umladestelle oder dem endgültigen Deponierungsort erforderlich. Damit ergeben sich aus dem Bau eines Tunnels auf jeden Fall deutliche Belastungen aus Verkehr und Emissionen im näheren Umfeld für mindestens 25 Anwesen (siehe weiter unten). Um die Bauzeit nicht zu lange werden zu lassen ist es erforderlich, den Tunnel von beiden Seiten aufzufahren, mindestens jedoch müssen die Fluchtstollen für sich aufgefahren werden. Daraus ergibt sich, dass in jedem Fall auf beiden Rheinufern Belastungen insbesondere im näheren Umfeld der zukünftigen Tunnelportale entstehen, die im Folgenden näher betrachtet werden.

Für den Abtransport von rund 200.000 m³ Erdmassen ist zunächst anzunehmen, dass dieser Abraum eine Masse von rund 400.000 t hat. Aufgrund der Auflockerung des Gesteins beim Ausbruch vergrößert sich das zu transportierende Volumen um das 1,5- bis 2-fache, so dass sich ein Volumen von 300.000 m³ bis 400.000 m³ ergibt. Unter Berücksichtigung einer Sattelzug-Flotte mit einem max. Gesamtgewicht 40 t, welches einer max. Zuladung von ca. 25 t bzw. 25 m³ entspricht, ergibt sich ein Fahrtenaufkommen von rund 16.000 Lkw-Fahrten. Beim Einsatz von 3-Seiten-Kippern mit einer Zuladung von 13 t bzw. 13 m³ ergeben sich rund 31.000 Lkw-Fahrten. Unter der Annahme einer Gleichverteilung auf das rechte und das linke Rheinufer ergibt das während einer in der Machbarkeitsstudie ermittelten 2-jährigen Bauzeit bei durchschnittlich 200 Arbeitstagen pro Jahr eine Fahrtenzahl von 20 Sattelzug-Fahrten pro Portal und Tag bzw. rund 40 Fahrten von 3-Seiten-Kippern pro Portal und Tag zuzüglich einer gleich großen Zahl an Leerfahrten. Hinzu kommen weitere Fahrten für den Antransport der Baustoffe und weiterer Materialien, die nicht näher quantifiziert werden können.

Was den Transport der Ausbruchmassen zu einem Deponierungsstandort und die endgültige Deponierung betrifft, lösen die unterschiedlichen denkbaren Varianten unterschiedliche Belastungen aus. Ein Lkw-Transport führt zu zusätzlichen Belastungen auf Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in verschiedenen Ortslagen. Für einen Bahntransport wäre z.B. eine Umladung an den Bahnhöfen St. Goar oder einer vorhandenen Überholungsstelle im Bereich Fellen bzw. an einer geeigneten Stelle auf dem rechten Rheinufer denkbar, erfordert aber die Einrichtung einer entsprechenden Infrastruktur. Für einen Schiffstransport ist eine Verladung z.B. im Hafen St. Goar denkbar, erfordert aber auch die Einrichtung einer entsprechenden Infrastruktur. Hinzu kommt, dass über die Lage eines Deponiestandortes bisher keine vertieften Erkenntnisse vorliegen, die eine Beurteilung zulassen. Eine Verfüllung von Steinbrüchen beispielsweise hätte geringere Wirkungen als die Neuanlage einer Deponie. Dieses zeigt, dass je nach Lösung die

Betroffenheiten und Wirkungen stark variieren, was im Rahmen dieser Studie nicht näher betrachtet werden kann.

Für die Beurteilung der Wirkungen der Verkehre im Tunnel sowie der bauzeitlichen Belastungen spielt die detaillierte städtebauliche Situation im engsten Umfeld eine maßgebliche Rolle. In den Machbarkeitsstudien der Cochet Consult aus 2003 sowie der BUNG Beratende Ingenieure aus 2006 sind verschiedene Varianten dargestellt, die die Portale an verschiedenen Stellen haben. Die zunächst verfolgte Lösung aus dem Jahr 2003 (Abbildung 7) hatte keine hochwassersicheren Zufahrten und musste aufgrund geänderter Richtlinien optimiert werden. Sie bot jedoch prinzipiell die Chance, unmittelbar an das umgebende Verkehrsnetz anzuschließen, ohne bewohnte Bereiche in größerem Umfang zu tangieren. Da sie wegen der Hochwassersituation jedoch als insgesamt nicht machbar eingestuft werden muss wird sie nicht weiter betrachtet.

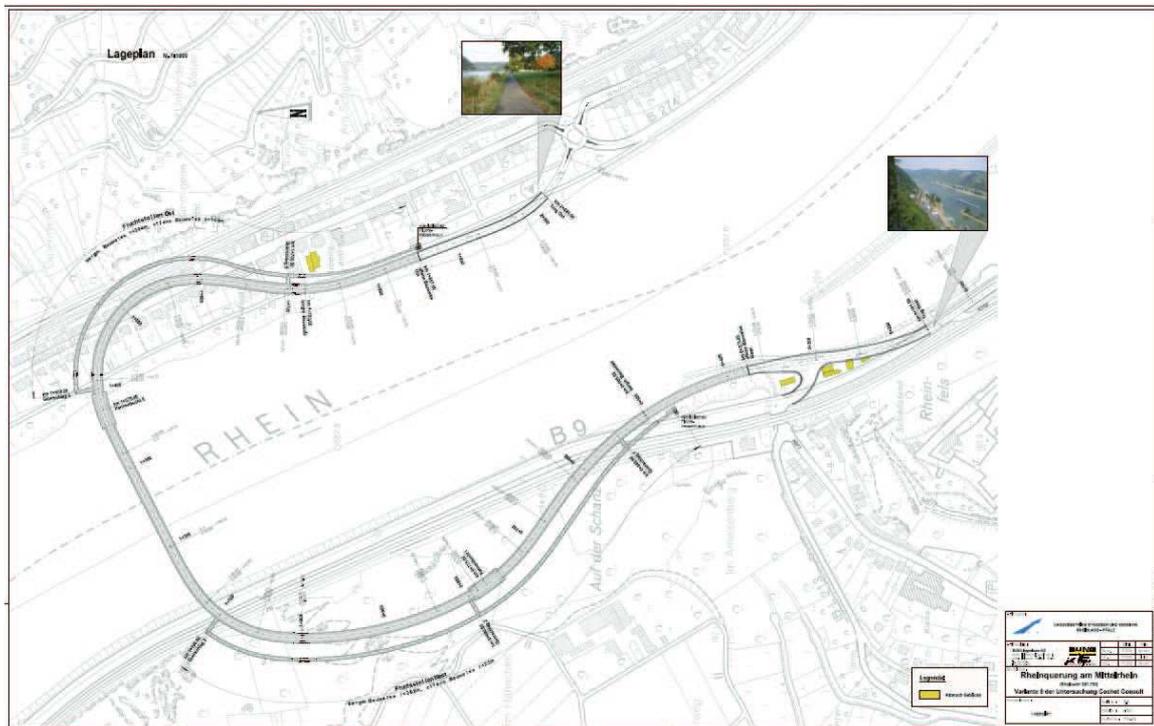


Abbildung 7: Tunnellösung Machbarkeitsstudie Cochet 2003 – Überarbeitung BUNG
(Machbarkeitsstudie der BUNG Beratende Ingenieure 2006)

Eine Weiterentwicklung und Optimierung erfolgte durch das Büro BUNG Beratende Ingenieure im Jahr 2006. Diese in Abbildung 8 dargestellt Lösung wurde später auch als „Variante 9“ in der Umweltverträglichkeitsstudie untersucht. Sie weist aufgrund der Anschlüsse an das umgebende Netz städtebauliche und verkehrliche Probleme auf, auf die im Folgenden näher eingegangen werden soll.



Abbildung 8: Tunnellösung Optimierung BUNG
(Quelle: Machbarkeitsstudie der BUNG Beratende Ingenieure 2006)

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass eine hochwassersichere Tunnellösung abseits des Ufers in Seitentälern angebunden werden muss, um eine ausreichende Höhenlage der Portale herstellen zu können. Dadurch entstehen andere Lagebedingungen als bei einer Brücke. Die im Mittelrheintal vorhandenen Seitentäler sind entweder nicht erschlossen oder erschlossen und besiedelt sowie mit Straßen auf die Hochlagen ausgestattet. Eine sinnvolle Lösung setzt insofern in erschlossenen und damit aber auch bebauten Seitentälern an, nicht zuletzt um keine Eingriffe in bislang unbesiedelte Bereiche des Welterbes zu verursachen.

Durch eine zu den Siedlungen zentralere Lage ist zu erwarten, dass höhere Verkehrsmengen als in dem bisher dargestellten Vergleich zwischen Fähre, Brücke und Tunnel zugrunde zu legen sind. In den vorliegenden Verkehrsuntersuchungen sind rund 10.000 Fahrten pro Tag benannt (s.o. Kapitel 2), von denen nun für die weiteren Betrachtungen ausgegangen wird. Abbildung 8 zeigt die Anbindung am östlichen (rechten) bzw. westlichen (linken) Rheinufer, die vertieft beschreiben und beurteilt werden. Zudem ist in der Verkehrsuntersuchung erkennbar, dass die den Tunnel nutzenden Fahrzeuge im Wesentlichen die Verknüpfung B 42 / B 9 suchen, was zum einen zur Folge hat, dass eine starke Belastung der Streckenabschnitte bis zu den Bundesstraßen im Rheintal erfolgt und zum Anderen nur geringe zusätzliche Belastungen der Zubringerstraßen auf die Hochlagen entstehen. Damit lässt sich auch nachweisen, dass es sich kaum um überre-

gionale Verkehre handelt, die eine zusätzliche Belastung des Welterbes darstellen würden, sondern im Wesentlichen um vorhandene oder zu erwartende interne Verkehre. Die weiteren Betrachtungen beschränken sich insofern auf die Portale sowie die Anschlussstrecken an die B 9 bzw. B 42, letzteres auch weil dann eine Verteilung auf vorhandene Strecken erfolgt, die keine weiteren Ausbauten und Änderungen erforderlich machen.

Das östliche Portal (rechte Rheinseite) befindet sich im Bereich der Ortslage St. Goarshausen und bindet an die B 274 an. Unmittelbar am Anschluss ist eine Verknüpfung erforderlich, die die Verkehrsmenge des Tunnels sowie der B 274 als Verflechtungsströme zu bewältigen hat. Dieses sind in der Summe rund 11.400 Fahrzeuge (7.400 aus dem Tunnel und 4.000 heute auf der B 274 – Verkehrsuntersuchung GVS 2009), die mit einem signalisierten Knoten oder einem voll ausgebauten Kreisverkehr (kein Mini-Kreisel) bewältigt werden kann. Die genauen Abmessungen sind in einer verkehrstechnischen Untersuchung zu klären.

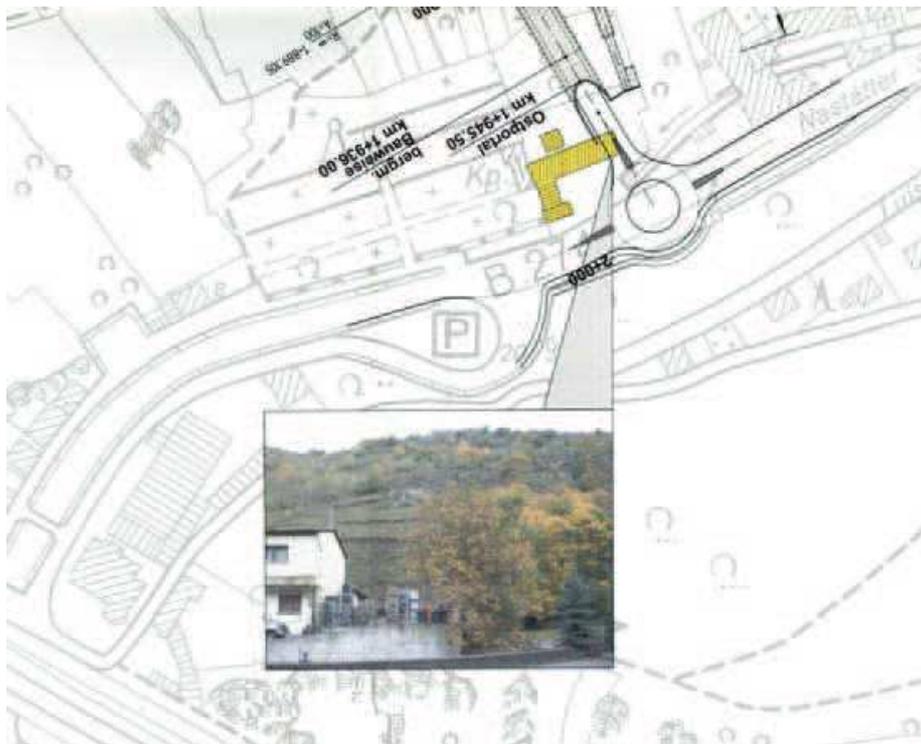


Abbildung 9: Ostportal – Lageplan

(Quelle: Machbarkeitsstudie der BUNG Beratende Ingenieure 2006)

Aus den Abbildungen 8 und 9 ist erkennbar, dass die Lage des Portals keine wesentlichen Wirkungen auf das Welterbe erwarten lässt, da das Portal ausreichend weit im Hinterland liegt. Ebenso ist erkennbar, dass ein Gebäude abgerissen werden muss (gel-

be Markierung in Abbildung 9), um das Portal und die Verknüpfung mit der B 274 herstellen zu können. Des Weiteren zeigt sich, dass bis zur Verknüpfung mit der B 42 rund 10 Gebäude zwischen dem Portal und der Bahnquerung sowie weitere 20 Gebäude im Rheintal zwischen der Bahnquerung und der Verknüpfung mit der B 42 durch den zusätzlichen Verkehr von 7.400 Fahrzeugen pro Tag und die dadurch ausgelösten Lärm- und Abgasemissionen betroffen sind. Besonders schwer wiegt an dieser Stelle, dass die 20 zusätzlich belasteten Gebäude zwischen der Bahnquerung und der Verknüpfung mit der B 42 diese zusätzliche Belastung auf ihrer Rückseite (Garten- und Wohnseite) erfahren und bereits auf der anderen Seite durch die Verkehre auf der B 42 belastet sind.

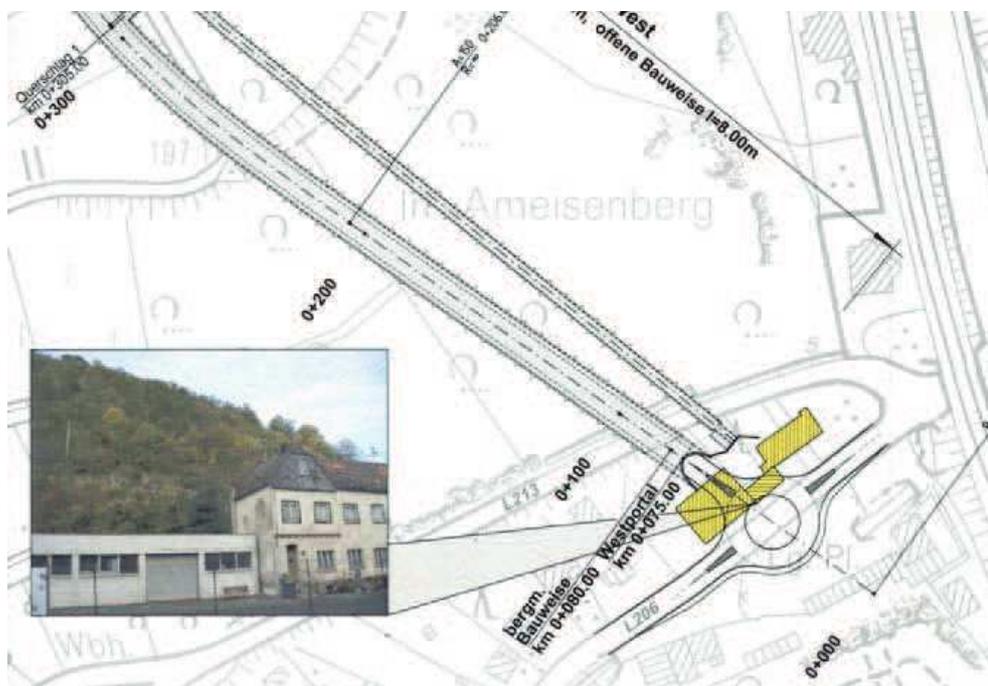


Abbildung 10: Westportal – Lageplan

(Quelle: Machbarkeitsstudie der BUNG Beratende Ingenieure 2006)

Das westliche Portal (linke Rheinseite) befindet sich im Bereich der Ortslage St. Goar unterhalb des Ameisenberges und bindet an die L 206 an. Der hier erforderliche Anschluss muss ebenso wie am östlichen Portal die die Verkehrsmenge des Tunnels sowie die der L 206 als Verflechtungsströme bewältigen. Dieses sind in der Summe rund 8.400 Fahrzeuge (7.400 aus dem Tunnel unter 1.000 heute auf der L 206). Dieses kann ebenso mit einem signalisierten Knoten oder einem voll ausgebauten Kreisverkehr (kein Mini-Kreis) bewältigt werden. Die genauen Abmessungen sind in einer verkehrstechnischen Untersuchung zu klären.

Für die Herstellung der Verknüpfung ist ein Gebäude abzurechen (siehe Abbildung 10, gelbe Markierung). Zudem sind 5 Gebäude bis zum Bahndurchlass von der vielfach erhöhten Verkehrsmenge betroffen, was aufgrund der sehr beengten Verhältnisse als äußerst problematisch einzustufen ist. Darüber hinaus zeigt Abbildung 11, dass der Querschnitt der L 206 kaum in der Lage ist, eine Verkehrsmenge von 8.400 Fahrzeugen zu bewältigen. Der Lageplan und eine Ortsbesichtigung lassen erkennen, dass zudem der vorhandene Bahndurchlass an der Zusammenführung mit der L 213 zu schmal ist, um die genannten Verkehrsmengen zu bewältigen. Hier sind also größere städtebauliche Eingriffe aus dem Tunnelportal, der erforderlichen Aufweitung der Anschlussstrecke bis zur Bahn und zur B 9 sowie dem Ausbau der L 206 erforderlich. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass der Anschlussknoten L 206 / B 9 unmittelbar im Rheintal liegt und dessen erforderliche Aufweitung Auswirkungen auf das Welterbe haben wird. Dieses können allerdings ohne einen detaillierten Knotenpunktsentwurf auf Basis einer verkehrstechnischen Untersuchung hier nicht näher beschrieben werden. Das Portal hat wegen seiner Lage in einem Seitental keine wesentlichen Wirkungen auf das Welterbe, jedoch stark nachteilige städtebauliche Wirkungen.



Abbildung 11: Westportal – Zufahrtssituation

(Quelle: Machbarkeitsstudie der BUNG Beratende Ingenieure 2006)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Belastungen aus dem Bau und dem Betrieb eines hochwassersicheren Tunnels aufgrund der verkehrlichen und städtebaulichen Situation der Anschlusspunkte und der Verknüpfungen mit dem an das vor-

handene Netz als gravierend einzustufen. Die Tunnelportale haben jedoch keine wesentlichen Wirkungen auf das Welterbe, die erforderlichen Ausbauten der Verknüpfungsstrecken könnten insoweit jedoch problematisch sein und müssten noch näher untersucht werden.

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Ausgehend von den erwünschten und zur Sicherung des Welterbes erforderlichen strukturellen Verbesserungen im Mittelrheintal lässt sich festhalten, dass zusätzliche anforderungsgerechte Querungen des Rheins erforderlich sind, um den dort lebenden Menschen einen zeitgemäßen Zugang zu den Aktivitätenebenen zu verschaffen. Dieses ist eine Grundvoraussetzung zur Stabilisierung des Zentralraums zwischen Boppard, St. Goar und Kaub. Die zur Strukturverbesserung für das Mittelrheintal geplante feste Verbindung ist zwar grundsätzlich durch eine Fährverbindung ersetzbar, eine solche weist jedoch einige spürbare Nachteile auf.

Hinsichtlich der Kapazitäten (Kapitel 2) ist festzustellen, dass die aufgrund der gewünschten und für den Erhalt des Welterbes erforderlichen Strukturverbesserungen zu erwartenden Verkehrsmengen nicht mit einer einzelnen Fährverbindung bewältigt werden können. Insofern sind im Fall einer Stärkung der Fährverbindung unterschiedliche Szenarien als Vergleichsfälle heranzuziehen, die den Betrieb mehrerer Fährstellen und den Einsatz von vier modernen Schiffen (zuzüglich ein Schiff als Reserve) zur Bewältigung der Spitzennachfrage zwingend erforderlich machen. Zumindest an einer Stelle ist ein 24-Stunden-Betrieb zur Sicherstellung der Verbindung erforderlich.

An allen Übergangsstellen sind beidseitig in der Spitzenstunde Aufstellräume mit je 120 m Länge und zwei Fahrstreifen erforderlich. Deren städtebauliche Einbindung kann als gegeben bzw. mit geringem Aufwand herstellbar betrachtet werden.

Der Betrieb mehrerer Fähren verursacht unterschiedliche finanzielle Aufwände, die zum Teil deutlich über den Annuitäten einer Brücken-Lösung liegen (Kapitel 3). Aufgrund der deutlich höheren Investitionskosten eines Tunnels entstehen bei einer solchen Variante naturgemäß ebenfalls höhere Annuitäten, die in der Größenordnung der Kosten einer optimierten Fährverbindung liegen.

Bezüglich betrieblicher Einschränkungen (Kapitel 4) ist festzuhalten, dass betriebliche Einschränkungen einer Fährverbindung aufgrund von Hochwasser und dadurch begründeten Betriebseinstellungen gegenüber einer festen Verbindung volkswirtschaftliche Nachteile von 0,1 bis 0,5 Mio. € pro Jahr auslösen. Andere Aspekte wie Unfallgefahren oder technische Störungen weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Lösungsmöglichkeiten auf.

Bezüglich der Akzeptanz (Kapitel 5) ist festzuhalten, dass bei denkbaren festen Verbindungen eine Tunnel-Lösung gegenüber einer Brücken-Lösung nicht nur höhere Kosten verursacht (siehe Kapitel 3), sondern auch deutliche Nachteile in der Akzeptanz und Nutzbarkeit aufweist. Diese Nachteile sind neben den kaum quantifizierbaren psychologischen Aspekten vor allem darin zu sehen, dass bei einer Tunnel-Lösung zusätzlich eine Verbindung für Fußgänger und Radfahrer mittels Schiff oder Shuttlebus geschaffen werden muss, da diese aus lufthygienischen und Sicherheitsgründen nicht im Tunnel parallel zur Straße geführt werden können. Insofern wäre eine Brücken-Lösung einem Tunnel auf jeden Fall vorzuziehen.

Im Vergleich zwischen einer Brücke und einer Fährverbindung ist festzustellen, dass auch in diesem Fall psychologische kulturhistorische Gründe gegen eine Fähre sprechen, die sich aber mangels vorhandener Studien weder monetarisieren noch anderweitig quantifizieren lassen.

Bezüglich der Erreichbarkeit (Kapitel 6) ist festzuhalten, dass trotz mehrerer Übergangsstellen und kürzerer Wege die Reisezeiten der Fährverbindungen aufgrund der längeren Übersetz- und insbesondere der Wartezeiten durchweg um 10% bis 30% höher liegen als bei einer festen Verbindung. Trotz dreier Fährverbindungen in Boppard, St. Goar und Kaub weisen diese durchweg eine um eine Stufe schlechtere Qualitätsbewertung auf als bei einer festen Verbindung (Brücke oder Tunnel). Die Qualitätsstufen entsprechend der Bewertung der RIN weisen sowohl für eine Fähre als auch für eine feste Verbindung bis auf die Verbindung Emmelshausen – Kamp-Bornhofen durchweg eine gute bis sehr gute Verbindungsqualität auf.

Bezüglich der verkehrlichen und städtebaulichen Einbindung eines Tunnels ist festzustellen, dass die Belastungen aus dem Bau und dem Betrieb eines hochwassersicheren Tunnels aufgrund der verkehrlichen und städtebaulichen Situation der Anschlusspunkte an das vorhandene Netz als wesentlich und gravierend einzustufen sind. Die Tunnelportale haben keine wesentlichen Wirkungen auf das Welterbe, die erforderlichen Ausbauten der Verknüpfungstrecken möglicherweise sehr wohl.

Insgesamt ist festzustellen, dass eine Optimierung der Fährverbindungen zwar grundsätzlich machbar ist, jedoch Einschränkungen in der Zuverlässigkeit und Nutzbarkeit sowie Akzeptanznachteile aufweist. Zudem verursacht sie deutlich höhere laufende Kosten als eine Brücken-Lösung. Insofern ist fraglich, ob sie in der Lage ist die erwünschten

strukturellen Verbesserungen auszulösen und von den Menschen als eine zeitgemäße Verbindung angesehen wird.

Eine **Tunnel-Lösung** verursacht in etwa gleich hohe Kosten wie eine Fährverbindung und deutlich höhere Kosten als eine Brücken-Lösung. Zudem bedarf sie einer zusätzlichen Lösung für Fußgänger und Radfahrer mittels Shuttlebus oder Personenfähre, was die Akzeptanz und Nutzbarkeit einschränkt. Sie ist straßenverkehrlich als annähernd gleichwertig einer Brücken-Lösung einzustufen, verursacht jedoch an den Portalen und den Zubringerstrecken zwischen den Portalen und der B 9 bzw. der B 42 in einem engen und bestehenden städtebaulichen Umfeld gravierende Belastungen, für die keine Ausgleichsmöglichkeiten außer passivem Schallschutz erkennbar sind.

Eine **Brücke** stellt die wirtschaftlich günstigste Lösung dar. Sie verbessert die Erreichbarkeit für alle Verkehrsteilnehmer am besten und weist als einzige denkbare Lösung keine Einschränkungen in der Akzeptanz und der Nutzbarkeit auf. Damit ist sie am ehesten geeignet, eine Grundlage für eine zeitgemäße Verbesserung der strukturellen Situation im Mittelrheintal bei St. Goar darzustellen. Die durch sie verursachten visuellen Wirkungen im Welterbe-Gebiet werden in einer zeitgleich bei Prof. Wachten bearbeiteten Untersuchung behandelt.

Anlagen

Anlage 1:

Kostenermittlung Variante 2

Anlage 2:

Kostenermittlung Variante 4

Anlage 3:

Berechnung des Aufstellraumes an einer Verbindung mit zwei Fähren

Anlage 4:

Berechnung des Aufstellraumes an einer Verbindung mit einer Fähre

Anlage 5:

Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in St. Goar; Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de

Anlage 6:

Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in St. Goarshausen; Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de

Anlage 7:

Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Boppard; Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de

Anlage 8:

Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Kamp-Bornhofen; Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de

Anlage 9:

Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Kaub; Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de

Anlage 10:

Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Langenscheid; Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de

Anlage 1: Kostenermittlung Variante 2

Gesamtkosten Variante 2

1 Verbindung mit 2 Fahren (24 + 18 h/d) und 2 Verbindungen mit je 1 Fähre (18 h/d)

Schiffskosten		Personalkosten		Anlegerkosten	
Schiffstypen:	Schiffstyp 1	Allgemeines:		Anlegertypen:	Anlegertyp 1
	Schiffstyp 2	Arbeitstage pro Jahr:	250 d/a		Anlegertyp 2
	Schiffstyp 3	Urlaubstage pro Jahr:	25 d/a		Anlegertyp 3
		Krankheitstage pro Jahr:	7 d/a	Anzahl Anlegertyp 1:	6
		Sonstige Ausfälle pro Jahr:	3 d/a	Anzahl Anlegertyp 2:	0
				Anzahl Anlegertyp 3:	0
Schiff 1		Arbeitstage mit Anwesenheit:	215 d/a	Annuitäten Typ 1:	54.606,63 €/a
Typ:	Schiffstyp 1	tägliche Arbeitszeit:	8 h/d	Annuitäten Typ 2:	0,00 €/a
tägliche Betriebsstunden:	24,0 h	Zur Verfügung stehende Arbeitsstunden pro Mitarbeiter und Jahr:	1.720 h/a	Annuitäten Typ 3:	0,00 €/a
Betriebstage pro Jahr:	365,00 d/a	Summe der jährlichen Schiffsbetriebsstunden:	28.470 h/a	Unterhaltskosten Typ 1:	30.000,00 €/a
Annuität Baukosten:	182.022,11 €/a	Benötigte Stellenzahl bei einmal pro Schicht benötigter Stelle:	16,55	Unterhaltskosten Typ 2:	0,00 €/a
Betriebskosten:	434.440,00 €/a	gerundet:	17	Unterhaltskosten Typ 3:	0,00 €/a
Schiff 2				Gesamtannuitäten:	54.606,63 €/a
Typ:	Schiffstyp 1	Schiffspersonal:		Gesamtunterhaltskosten:	30.000,00 €/a
tägliche Betriebsstunden:	18,0 h	benötigte Schiffsführer pro Schicht:	1	Gesamtkosten Anleger:	84.606,63 €/a
Betriebstage pro Jahr:	365,00 d/a	benötigte Maschinisten pro Schicht:	0		
Annuität Baukosten:	182.022,11 €/a	benötigte weitere Mitarbeiter pro Schicht:	1		
Betriebskosten:	332.080,00 €/a	benötigte Schiffsführer:	17		
Schiff 3		benötigte Maschinisten:	0		
Typ:	Schiffstyp 1	benötigte weitere Mitarbeiter:	17		
tägliche Betriebsstunden:	18,0 h	Personalkosten für die Schiffsführer:	628.320,00 €/a		
Betriebstage pro Jahr:	365,00 d/a	Personalkosten für die Maschinisten:	0,00 €/a		
Annuität Baukosten:	182.022,11 €/a	Personalkosten für die weiteren Mitarbeiter:	493.680,00 €/a		
Betriebskosten:	332.080,00 €/a	Gesamtschiffspersonalkosten:	1.122.000,00 €/a		
Schiff 4		Landpersonal:			
Typ:	Schiffstyp 1	benötigte Verwaltung 1:	0		
tägliche Betriebsstunden:	18,0 h	benötigte Verwaltung 2:	0		
Betriebstage pro Jahr:	365,00 d/a	benötigte Kassierer:	6		
Annuität Baukosten:	182.022,11 €/a	Personalkosten für Verwaltungsangestellte 1:	0,00 €/a		
Betriebskosten:	332.080,00 €/a	Personalkosten für Verwaltungsangestellte 2:	0,00 €/a		
Schiff 5		Personalkosten für Kassierer:	174.240,00 €/a		
Typ:	Schiffstyp 1	Gesamtlandpersonalkosten:	174.240,00 €/a		
tägliche Betriebsstunden:	0,0 h	GESAMTPERSONALKOSTEN:			
Betriebstage pro Jahr:	365,00 d/a	GESAMTPERSONALKOSTEN:	1.296.240,00 €/a		
Annuität Baukosten:	0,00 €/a				
Betriebskosten:	0,00 €/a				
Schiff 6					
Typ:	Schiffstyp 1				
tägliche Betriebsstunden:	0,0 h				
Betriebstage pro Jahr:	365,00 d/a				
Annuität Baukosten:	0,00 €/a				
Betriebskosten:	0,00 €/a				
Schiff 7					
Typ:	Schiffstyp 1				
tägliche Betriebsstunden:	0,0 h				
Betriebstage pro Jahr:	365,00 d/a				
Annuität Baukosten:	0,00 €/a				
Betriebskosten:	0,00 €/a				
Schiff 8					
Typ:	Schiffstyp 1				
tägliche Betriebsstunden:	0,0 h				
Betriebstage pro Jahr:	365,00 d/a				
Annuität Baukosten:	0,00 €/a				
Betriebskosten:	0,00 €/a				
Gesamtschiffskosten					
Annuitäten Baukosten:	728.088,42 €/a				
Betriebskosten:	1.430.680,00 €/a				
SUMME:	2.158.768,42 €/a				
GESAMTKOSTEN					
Schiffskosten:	2.158.768,42 €/a				
Personalkosten:	1.296.240,00 €/a				
Anlegerkosten:	84.606,63 €/a				
GESAMTKOSTEN:	3.539.615,06 €/a				

Anlage 2: Kostenermittlung Variante 4

Gesamtkosten Variante 4

2 Verbindung mit je 2 Fähren (24 + 18 h/d)

Schiffskosten		Personalkosten		Anlegerkosten	
Schiffstypen:	Schiffstyp 1 Schiffstyp 2 Schiffstyp 3	Allgemeines:		Anlegertypen:	Anlegertyp 1 Anlegertyp 2 Anlegertyp 3
Schiff 1	Typ: Schiffstyp 1 tägliche Betriebsstunden: 24,0 h Betriebstage pro Jahr: 365,00 d/a Annuität Baukosten: 182.022,11 €/a Betriebskosten: 434.440,00 €/a	Arbeitstage pro Jahr: 250 d/a Urlaubstage pro Jahr: 25 d/a Krankheitstage pro Jahr: 7 d/a Sonstige Ausfälle pro Jahr: 3 d/a		Anzahl Anlegertyp 1: 4 Anzahl Anlegertyp 2: 0 Anzahl Anlegertyp 3: 0	
Schiff 2	Typ: Schiffstyp 1 tägliche Betriebsstunden: 18,0 h Betriebstage pro Jahr: 365,00 d/a Annuität Baukosten: 182.022,11 €/a Betriebskosten: 332.080,00 €/a	Arbeitstage mit Anwesenheit: 215 d/a tägliche Arbeitszeit: 8 h/d Zur Verfügung stehende Arbeitsstunden pro Mitarbeiter und Jahr: 1.720 h/a Summe der jährlichen Schiffsbetriebsstunden: 30.660 h/a		Annuitäten Typ 1: 36.404,42 €/a Annuitäten Typ 2: 0,00 €/a Annuitäten Typ 3: 0,00 €/a	
Schiff 3	Typ: Schiffstyp 1 tägliche Betriebsstunden: 24,0 h Betriebstage pro Jahr: 365,00 d/a Annuität Baukosten: 182.022,11 €/a Betriebskosten: 434.440,00 €/a	Benötigte Stellenzahl bei einmal pro Schicht benötigter Stelle: gerundet: 18		Unterhaltskosten Typ 1: 20.000,00 €/a Unterhaltskosten Typ 2: 0,00 €/a Unterhaltskosten Typ 3: 0,00 €/a Gesamtannuitäten: 36.404,42 €/a Gesamtunterhaltskosten: 20.000,00 €/a Gesamtkosten Anleger: 56.404,42 €/a	
Schiff 4	Typ: Schiffstyp 1 tägliche Betriebsstunden: 18,0 h Betriebstage pro Jahr: 365,00 d/a Annuität Baukosten: 182.022,11 €/a Betriebskosten: 332.080,00 €/a	Schiffspersonal: benötigte Schiffsführer pro Schicht: 1 benötigte Maschinisten pro Schicht: 0 benötigte weitere Mitarbeiter pro Schicht: 1 benötigte Schiffsführer: 18 benötigte Maschinisten: 0 benötigte weitere Mitarbeiter: 18 Personalkosten für die Schiffsführer: 665.280,00 €/a Personalkosten für die Maschinisten: 0,00 €/a Personalkosten für die weiteren Mitarbeiter: 522.720,00 €/a Gesamtschiffspersonalkosten: 1.188.000,00 €/a			
Schiff 5	Typ: Schiffstyp 1 tägliche Betriebsstunden: 0,0 h Betriebstage pro Jahr: 365,00 d/a Annuität Baukosten: 0,00 €/a Betriebskosten: 0,00 €/a	Landpersonal: benötigte Verwaltung 1: 0 benötigte Verwaltung 2: 0 benötigte Kassierer: 6 Personalkosten für Verwaltungsangestellte 1: 0,00 €/a Personalkosten für Verwaltungsangestellte 2: 0,00 €/a Personalkosten für Kassierer: 174.240,00 €/a Gesamtlandpersonalkosten: 174.240,00 €/a			
Schiff 6	Typ: Schiffstyp 1 tägliche Betriebsstunden: 0,0 h Betriebstage pro Jahr: 365,00 d/a Annuität Baukosten: 0,00 €/a Betriebskosten: 0,00 €/a	GESAMTPERSONALKOSTEN: GESAMTPERSONALKOSTEN: 1.362.240,00 €/a			
Schiff 7	Typ: Schiffstyp 1 tägliche Betriebsstunden: 0,0 h Betriebstage pro Jahr: 365,00 d/a Annuität Baukosten: 0,00 €/a Betriebskosten: 0,00 €/a				
Schiff 8	Typ: Schiffstyp 1 tägliche Betriebsstunden: 0,0 h Betriebstage pro Jahr: 365,00 d/a Annuität Baukosten: 0,00 €/a Betriebskosten: 0,00 €/a				
Gesamtschiffskosten	Annuitäten Baukosten: 728.088,42 €/a Betriebskosten: 1.533.040,00 €/a SUMME: 2.261.128,42 €/a				
GESAMTKOSTEN	Schiffskosten: 2.261.128,42 €/a Personalkosten: 1.362.240,00 €/a Anlegerkosten: 56.404,42 €/a GESAMTKOSTEN: 3.679.772,85 €/a				

Anlage 3: Berechnung des Aufstellraumes an einer Verbindung mit zwei Fähren

Berechnung Stauraum an einer Anlegestelle bei 2 Fähren (jede im 15'-Takt)

t _S	360	s	Zeit, in der kein Fahrzeug auf die Fähre fahren kann, äquivalent Sperrzeit t
q	180	Kfz/h	eintreffender Fahrzeugstrom
q _{Fähre}	200	Kfz/h	von den Fähren auf einer Verbindung transportierte Fahrzeuge
β	0,90		Sättigungsgrad
n _F	8	f/h	Anzahl Fährfahrten pro Stunde
m	22,5		im Mittel eintreffende Fahrzeuge pro Fährfahrt
N _{GE_65}	0		
N _{GE_90}	2,43902439		
N _{GE_100}			
N _{GE_maßg}	2,43902439		
m _R	18	Kfz	während der Zeit, in der keiner auf die Fähre auffahren darf, eintreffende Fahrzeuge

$$N = (e^{0,022 \cdot 360} - 1) \cdot (180 - 200) \cdot (18 + 2,43902439) \cdot (18 + 2,43902439) = 26,82 \text{ Kfz}$$

LKW-Anteil	0,08
Pkw-Anteil	0,92

N _{Pkw}	(gerundet)	25	Pkw
N _{LKW}	(gerundet)	3	LKW

Länge _{Pkw}	6	m
Länge _{LKW}	15	m

Länge Aufstellraum			195	m Fahrstreifen
	verteilt auf	1 Fahrstreifen	195	m
		2 Fahrstreifen	97,5	m
		3 Fahrstreifen	65	m
		4 Fahrstreifen	48,75	m

Anlage 4: Berechnung des Aufstellraumes an einer Verbindung mit einer Fähre

Berechnung Stauraum an einer Anlegestelle bei 1 Fähre im 15'-Takt

t_S	<input type="text" value="780"/>	s	Zeit, in der der kein Fahrzeug auf die Fähre fahren kann, äquivalent Sperrzeit
q	<input type="text" value="90"/>	Kfz/h	eintreffender Fahrzeugstrom
q_Fähre	<input type="text" value="100"/>	Kfz/h	von den Fähren auf einer Verbindung transportierte Fahrzeuge
g	<input type="text" value="0,90"/>		Sättigungsgrad
n_F	<input type="text" value="4"/>	[-]/h	Anzahl Fährfahrten pro Stunde
m	<input type="text" value="22,5"/>		Im Mittel eintreffende Fahrzeuge pro Fährfahrt
N_GE_65	<input type="text" value="0"/>		
N_GE_90	<input type="text" value="2,43902439"/>		
N_GE_100	<input type="text" value=""/>		
N_GE_maßg	<input type="text" value="2,43902439"/>		
m_R	<input type="text" value="19,5"/>	Kfz	während der Zeit, in der keiner auf die Fähre auffahren darf, eintreffende Fahrzeuge

$$N = [e^{-(0,022 \cdot \frac{S}{q})} - 1] \cdot (m_R + N_{GE})^{-1} \cdot (m_R + N_{GE}) = 28,55 \text{ Kfz}$$

LKW-Anteil	<input type="text" value="0,08"/>
Pkw-Anteil	<input type="text" value="0,92"/>

N_Pkw	(gerundet)	<input type="text" value="27"/>	Pkw
N_LKW	(gerundet)	<input type="text" value="3"/>	LKW

Länge_Pkw	<input type="text" value="6"/>	m
Länge_LKW	<input type="text" value="15"/>	m

Länge Aufstellraum	verteilt auf	1 Fahrstreifen	<input type="text" value="207"/>	m Fahrstreifen
		2 Fahrstreifen	<input type="text" value="207"/>	m
		3 Fahrstreifen	<input type="text" value="103,5"/>	m
		4 Fahrstreifen	<input type="text" value="69"/>	m
			<input type="text" value="51,75"/>	m

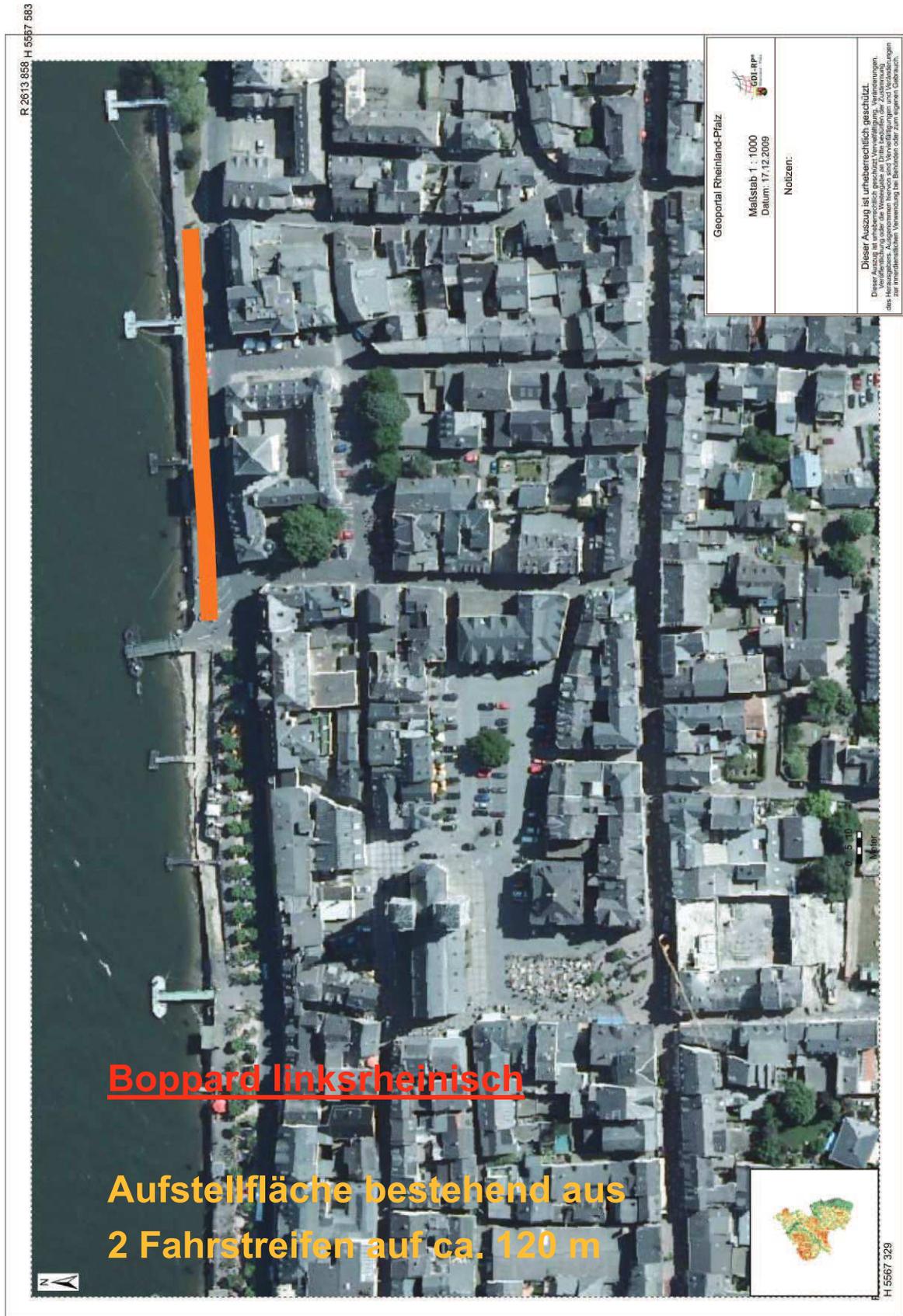
Anlage 5: Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in St. Goar (unmaßstäblich)
(Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de)



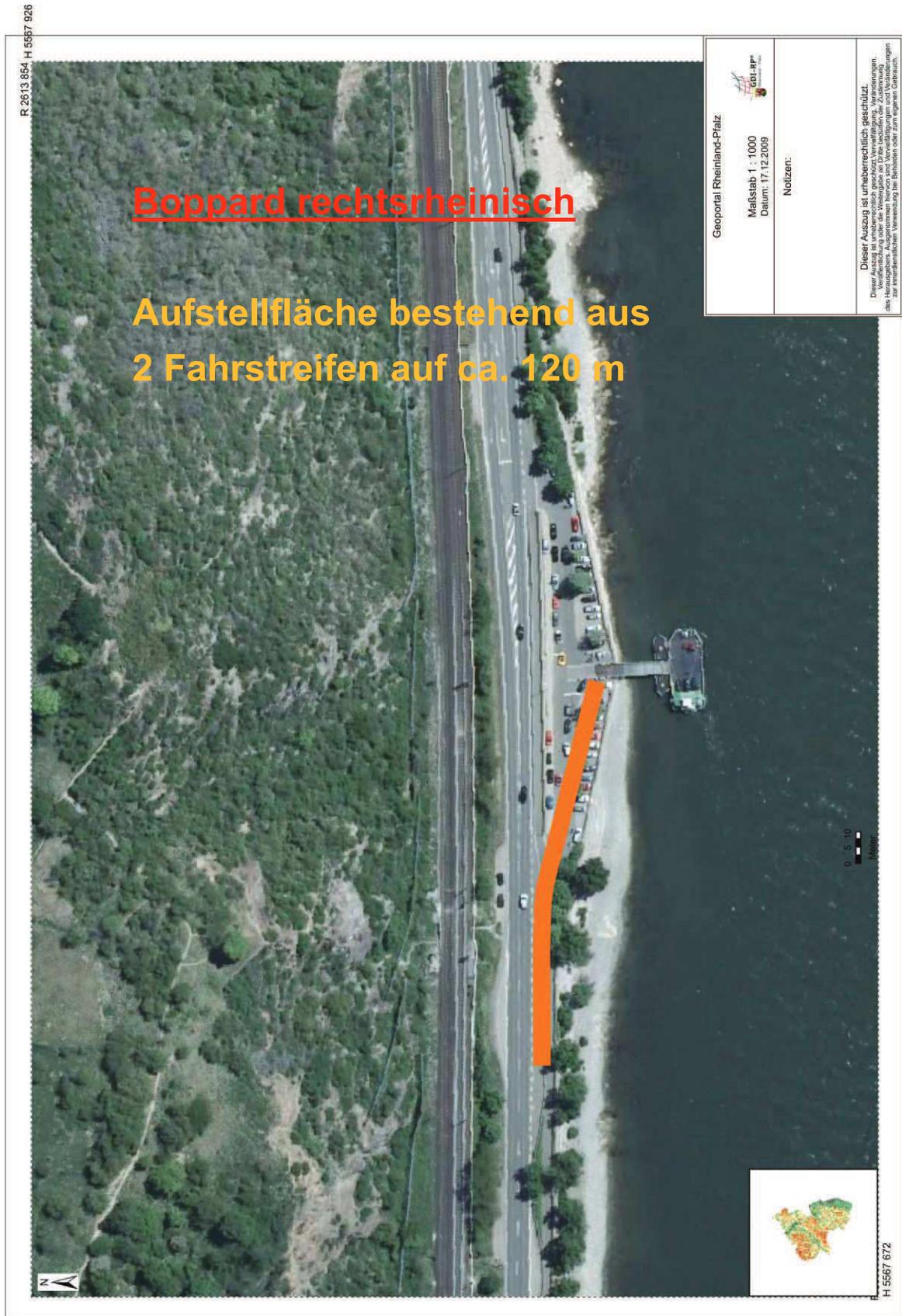
Anlage 6: Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in St. Goarshausen (unmaßstäblich) (Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de)



Anlage 7: Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Boppard
(unmaßstäblich) (Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de)



Anlage 8: Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Kamp-Bornhofen (unmaßstäblich) (Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de)



Anlage 9: Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Kaub
(unmaßstäblich) (Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de)



Anlage 10 Darstellung des Aufstellraumes für zwei Fahrstreifen in Langenscheid
(unmaßstäblich) (Quelle des Luftbildes: www.geoportal.rlp.de)

