



---

## **Kostenentwicklung im Autobahnbau am Beispiel der Schweiz, Deutschland und den U.S.A**

**Silvan Wampfler; Daniel Ottinger**

**Betreuung:**

**Prof. Dr. K.W. Axhausen, IVT, ETH Zürich**

**Veronika Killer, IVT, ETH Zürich**

**Basil Vitins, IVT, ETH Zürich**

**Bachelorarbeit ETH Zürich**

**Verkehrs- und Raumplanung**

**Juni 2013**

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## **Danksagung**

Wir möchten uns bei folgenden Personen für die uns entgegengebrachte Unterstützung bedanken:

Herrn Professor K.W. Axhausen, Veronika Killer und Basil Vitins vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich

Ausserdem bedanken wir uns bei Alain Cuche und Jean-Bernard Duchoud vom ASTRA für Ihre tatkräftige Unterstützung und die Bereitstellung der Daten über die Projektkosten in der Schweiz.

Ebenfalls bedanken wir uns bei Alain Jeanneret vom ASTRA für die Zusammenstellung der Daten über die Brückenlängen der Schweiz.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
2. Grundlagen.....	3
2.1 Methoden	3
2.2 Inflationsraten	5
2.3 Entwicklung und Finanzierung der Autobahnnetze	6
2.4 Datengrundlage	9
3. Historische Vergleiche .....	13
3.1 Schweiz	13
3.2 Deutschland	16
3.3 Vereinigte Staaten von Amerika	18
4. Geographische Vergleiche.....	21
4.1 Vergleich der untersuchten Gebiete	21
4.2 Ländervergleich	25
4.3 Fallbeispiel	26
5. Entwicklung der Projektkosten in der Schweiz .....	28
5.1 Projektierungsverfahren des ASTRA	28
5.2 Projektuntersuchungen	30
6. Fazit .....	33
7. Literaturverzeichnis .....	34
Anhang A.....	1

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Einnahmen aus Gebühren der Verkehrsteilnehmer.....	7
Tabelle 2	Vergleich der Mineralölsteuern gemäss OECD (2012) .....	7
Tabelle 3	Kostenentwicklung im Schweizer Autobahnbau .....	9
Tabelle 4	Kostenentwicklung im Schweizer Nationalstrassenbau .....	13
Tabelle 5	Anteil der Kunstbauten auf dem Nationalstrassennetz.....	15
Tabelle 6	Unterhaltskosten der Bundesstaaten mit grossen Schwankungen .....	19
Tabelle 7	Unterhaltskosten der U.S.A. nach regierender Partei.....	19
Tabelle 8	Unterhaltskosten markanter Bundesstaaten nach regierender Partei .....	20
Tabelle 9	Einteilung der U.S.-Bundesstaaten nach Flächenurbanisierungsgrad .....	26
Tabelle 10	Übersicht der gruppierten Unterhaltskosten [Dollar/Meile].....	27
Tabelle 11	Projektphasen und Planungsgenauigkeiten .....	28
Tabelle 12	Genehmigungsverfahren für Ausbauprojekte .....	29
Tabelle 13	Genehmigungsverfahren Unterhaltsprojekte .....	29
Tabelle 14	Kostenvergleich der untersuchten Abschnitte .....	32

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Entwicklung der anrechenbaren Einnahmen von 1995-2010 .....	1
Abbildung 2	Illustration der Berechnung des gleitenden Durchschnittes (Mitte) .....	4
Abbildung 3	Illustration der Berechnung des gleitenden Durchschnittes (Randzone) 4	
Abbildung 4	Inflation gemessen am allgemeinen Konsumentenpreisindex (Basis 2010) 5	
Abbildung 5	Netzlänge der Schweizer Nationalstrassen.....	10
Abbildung 6	kumulierte Tunnel und Brückenlänge auf dem Nationalstrassennetz .	10
Abbildung 7	Entwicklung der Netzlänge der deutschen Bundesautobahnen.....	11
Abbildung 8	Entwicklung der State Highway Netzlänge .....	12
Abbildung 9	Entwicklung der Nationalstrassen-Neubaukosten .....	13
Abbildung 10	Entwicklung der Neubaukosten der Nationalstrasse im gleitenden Durchschnitt, Vergleich mit Gätzi (2004) .....	14
Abbildung 11	Anteil Kunstbauten an den Neubaukilometern des Nationalstrassennetzes .....	14
Abbildung 12	Jährliche Unterhaltskosten der Kantons- und Nationalstrassen.....	15
Abbildung 13	Unterhaltskosten pro Kilometer der Kantons- und Nationalstrassen 16	
Abbildung 14	Entwicklung der Autobahnbauposten in Deutschland .....	17
Abbildung 15	Unterhaltskosten für die deutschen Autobahnen .....	17
Abbildung 16	Entwicklung der Unterhaltskosten der State Highways.....	18
Abbildung 17	Entwicklung der Unterhaltskosten der Interstate Highways .....	18
Abbildung 18	Entwicklung der Unterhaltskosten mit den grössten Schwankungen 20	
Abbildung 19	Bevölkerungsdichte der Schweiz .....	22
Abbildung 20	Bevölkerungsdichte U.S.A. ....	24
Abbildung 21	Ländervergleich der Unterhaltskosten .....	25
Abbildung 22	Ländervergleich der Neubaukosten.....	25
Abbildung 23	Unterhaltskosten Gruppe 1 .....	27
Abbildung 24	Planungsgenauigkeit nach Projektphasen .....	29
Abbildung 25	Kostenanteile des Projekts Nordumfahrung Zürich .....	30
Abbildung 26	Unterhaltskosten Gruppe 1 .....	1
Abbildung 27	Unterhaltskosten Gruppe 2 .....	1
Abbildung 28	Unterhaltskosten Gruppe 3 .....	2
Abbildung 29	Unterhaltskosten Gruppe 4 .....	2
Abbildung 30	Unterhaltskosten Gruppe 5 .....	3
Abbildung 31	Unterhaltskosten Gruppe 6 .....	3

Bachelorarbeit Verkehrs- und Raumplanung

## **Kostenentwicklung im Autobahnbau**

Silvan Wampfler  
Kasernenstrasse 35  
3013 Bern

Daniel Ottinger  
Neudorfstrasse 53  
8820 Wädenswil

079 / 813 53 14

079 / 515 20 46

wasilvan@ethz.ch

odani@ethz.ch

Mai 2013

## **Kurzfassung**

Trotz sinkenden Einnahmen aus dem Strassenverkehr, sind die Kosten für den Unterhalt und Ausbau der Strassennetze bisher wenig dokumentiert. Mit dieser Arbeit werden in erster Linie die nötigen Datensätze zu den Kosten und Netzlängen der Jahre 1970-2010 für die Schweiz, Deutschland und die U.S.A. zusammengetragen und in einem zweiten Schritt analysiert.

## **Schlagworte**

Schweiz, Deutschland, Vereinigte Staaten von Amerika, Kostenentwicklung, Nationalstrassen, Bundesautobahnen, Interstate Highways, State Highways, Neubau, Unterhalt

## **Zitierungsvertrag**

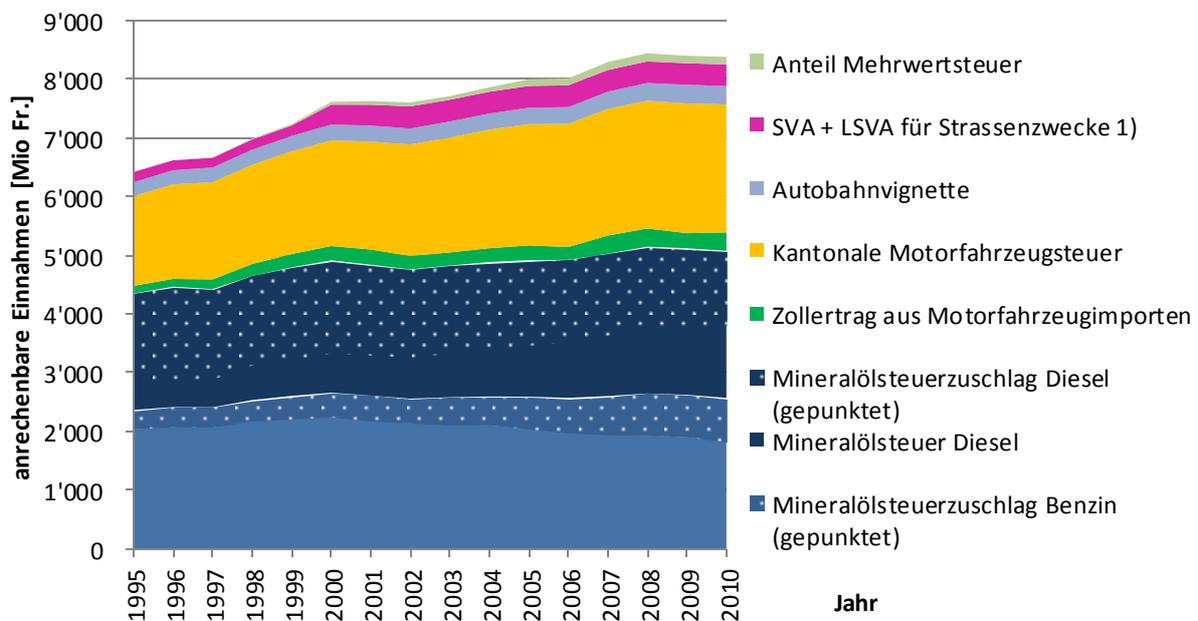
Wampfler Silvan und Ottinger Daniel (2013) Kostenentwicklung im Autobahnbau  
*Bachelorarbeit IVT ETH Zürich*

# 1. Einleitung

Die gute Infrastruktur der Schweiz bewirkt die grosse wirtschaftliche Attraktivität des Landes. Die Finanzierung des Infrastrukturnetzes sorgt aber seit jeher für heftige Diskussionen.

Hauptträger der Investitions- und Baukosten für die Strasseninfrastruktur ist in der Schweiz die Kraftstoffabgabe in Form einer Mineralölsteuer. Treibstoffeinsparungen führen deshalb zu einer kleineren effektiven Steuer. Durch die zunehmende Diskussion über Nachhaltigkeit von Wirtschaft und Verkehr in Medien und Politik wurde die Bevölkerung für Umweltfragen sensibilisiert. Der stetig steigende Treibstoffpreis und das veränderte Umweltbewusstsein bewegt die Gesellschaft immer mehr zum Energiesparen. Neue Techniken im Autobau wie Hybrid-, Elektrofahrzeuge oder effizientere Motoren ermöglichen immer tiefere Verbrauchswerte. So ist seit einigen Jahren die Einkunft aus der Mineralölsteuer trotz starkem Verkehrswachstum rückläufig (Abbildung 1). Die langjährige Selbstregulierung von Verkehr und Mineralölsteuer funktioniert somit nicht mehr. Da die Einkünfte aus der leistungsorientierten Schwerverkehrsabgabe (LSVA) grösstenteils in den öffentlichen Verkehr fliessen lässt sich dieses Defizit nicht kompensieren. So geht zum Beispiel das Schweizer Bundesamt für Strassen davon aus, dass kurz- bis mittelfristig die Rückstellungen für den Bau und Unterhalt des Nationalstrassennetzes aufgebraucht sein werden.

Abbildung 1 Entwicklung der anrechenbaren Einnahmen von 1995-2010



Quelle: Bundesamt für Statistik, Tabelle je-d-11.02.02.01

Schon heute ist das Autobahnnetz an manchen Stellen überlastet. Für die nächsten Jahre wird mit einer weiteren Zunahme im privaten motorisierten Verkehr gerechnet. Da die Autobahnen einen grossen Teil davon aufnehmen, muss das Nationalstrassennetz, um eine Überlastung zu verhindern, langfristig erweitert werden. Es liegt daher nahe, dass sich die Strasseninfrastruktur wegen weiterem Ausbau und den steigenden Unterhaltskosten mit dem jetzigen Finanzierungssystem nicht mehr unterhalten lässt. Aus diesem Grund plant das ASTRA eine Erhöhung des Mineralölzuschlags von 30 auf 36 Rappen pro Liter bis 2022, da der Mineralölzuschlag seit 1974 der Teuerung nicht mehr angepasst worden ist. Ein weiterer Ansatz des Bundes sieht eine grundsätzliche Anpassung des Finanzierungssystems vor. Mit dem Mobility Pricing sollen Nutzer künftig für die effektive Fahrleistung bezahlen. Es würde also verursachergerecht eine Grundgebühr pro Kilometer erhoben. Dafür würde im Gegenzug die Autobahnvignette wegfallen und die Treibstoffsteuer reduziert (Neue Zürcher Zeitung, 2012).

Für eine Anpassung der Finanzierung der Strasseninfrastruktur ist es wichtig die Kostenentwicklung der Autobahnen bezüglich des Baus und Unterhalts zu verstehen. Dafür wird der Fokus auf die hochrangigen Strassennetze der Schweiz, Deutschlands und der Vereinigten Staaten gelegt. Im Abschnitt 2 wird die bestehende Finanzierung dieser Staaten betrachtet. Während in den folgenden Abschnitten die Kostenentwicklung im Bau und im Unterhalt der hochrangigen Strassennetze ermittelt wird.

## **2. Grundlagen**

### **2.1 Methoden**

#### ***2.1.1 Grundsätzliche Kostenermittlung***

Um die Kosten für den Autobahnbau und –unterhalt zu ermitteln und zu vergleichen, wird ein statistischer Ansatz verwendet. Die Kosten werden aus Jahrbüchern und Abrechnungen der einzelnen Staaten gewonnen und dann auf das jeweils ganze Strassennetz heruntergerechnet. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Kosten sehr grossflächig ermittelt werden und somit Ausreisser bei einzelnen Projekten nicht ins Gewicht fallen.

Ein grosser Nachteil dieser Methode ist, dass sie nichts über den Unterhaltszyklus oder den Zustand der betrachteten Autobahnen aussagt. Effektiv zeigen die Daten also nur auf, wie viel die zuständige Regierungsbehörde bereit ist, für den Unterhalt ihrer Strassen aufzuwenden. Vergleichen wir also nun zwei Staaten miteinander, sind für die Kostenunterschiede nicht nur die Effizienz und Kosteneinflussfaktoren (Materialkosten, Lohnansätze, usw.) entscheidend, sondern auch die Ausgabefreudigkeit der verantwortlichen Behörde.

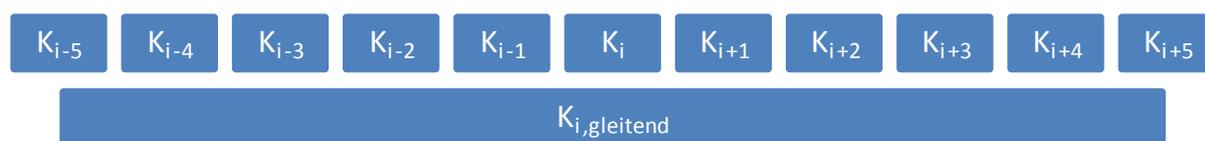
#### ***2.1.2 Berechnung des gleitenden Durchschnittes***

Für die meisten Datenreihen dieser Arbeit macht es Sinn diese im gleitenden Durchschnitt zu betrachten. Dadurch werden zum Beispiel Verzerrungen vermindert, die entstehen, wenn eine neuer Strassenabschnitt in einem Jahr gebaut und eröffnet, aber erst im nächsten Jahr buchhalterisch abgerechnet wird. In der Mitte des Datensatzes rechnen wir hier immer über einen Zeitraum von zehn Jahren. Damit das betrachtete Jahr  $i$  immer im Zentrum steht, rechnen wir mit der untenstehenden Formel für den gleitenden Durchschnitt. Veranschaulicht wird diese in

Abbildung 2.

$$K_{i,gleitend} = \frac{\frac{K_{-5} + K_5}{2} + \sum_{i=-4}^4 K_i}{10}$$

Abbildung 2 Illustration der Berechnung des gleitenden Durchschnittes (Mitte)

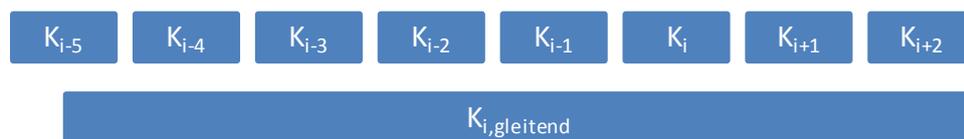


Quelle: Eigene Darstellung

An den Randzonen der Datenreihen wird die Ausdehnung des untersuchten Bereichs reduziert. Wenn zum Beispiel das Jahr  $i+2$  das letzte Jahr der Datenreihe ist, wird  $K_{i,gleitend}$  wie folgt berechnet (Illustration in Abbildung 3):

$$K_{i,gleitend} = \frac{K_{-5} + \sum_{i=-4}^2 K_i}{6.5}$$

Abbildung 3 Illustration der Berechnung des gleitenden Durchschnittes (Randzone)

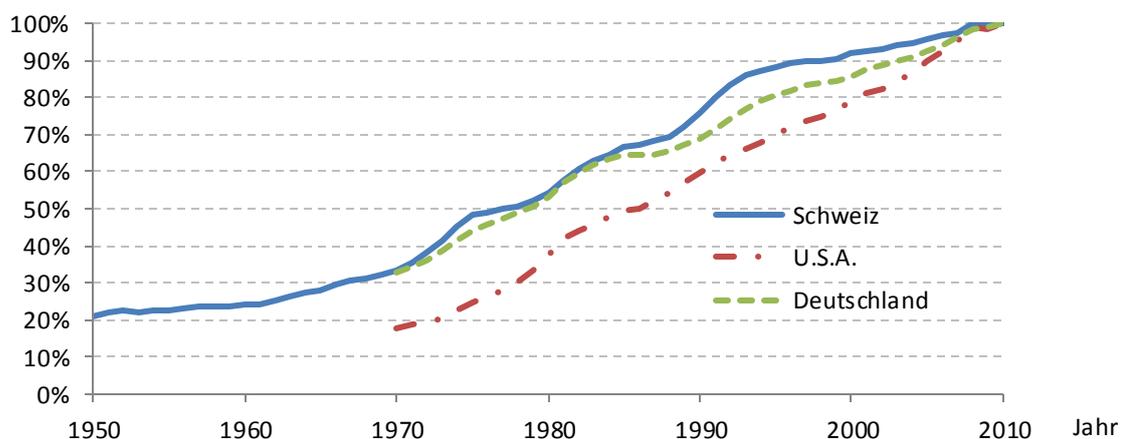


Quelle: Eigene Darstellung

## 2.2 Inflationsraten

Alle Grafiken und Tabellen dieser Arbeit sind inflationsbereinigt. Dafür wurden jeweils die Konsumentenpreisindizes der einzelnen Staaten verwendet. Die angewendeten Inflationswerte werden in der Abbildung 4 dargestellt und haben als Basis jeweils das Jahr 2010. Die numerischen Werte dazu findet man im, zur Arbeit gehörenden, Excel-File „Daten Schweiz“.

Abbildung 4 Inflation gemessen am allgemeinen Konsumentenpreisindex (Basis 2010)



Quelle: Schweizer Bundesamt für Statistik, U.S. Census Bureau, Statistisches Bundesamt Deutschland (eigene Darstellung)

## **2.3 Entwicklung und Finanzierung der Autobahnnetze**

### **2.3.1 Schweiz**

Nach dem zweiten Weltkrieg stieg der Wohlstand in der Schweiz enorm schnell an. Viele Bürger konnten sich plötzlich ein Auto leisten. Dies führte innerhalb von wenigen Jahren zu einer Vervielfachung des motorisierten Privatverkehrs. Die Folgen waren Engpässe auf den Schweizer Strassen, welche das Bedürfnis nach einer Autobahn weckten.

Bis ins Jahr 1960 lag die Verantwortung für den Strassenbau und –unterhalt in der Schweiz allein bei den Kantonen. 1958 wurde der Gegenentwurf zur Volksinitiative „Verbesserung des Strassennetzes“ durch das Schweizer Volk deutlich angenommen, und damit der Grundstein für das Schweizer Nationalstrassennetz gelegt. Mit dem Gegenentwurf wollte man die bestehenden Strassen entlasten und die grossen beziehungsweise die mittleren Städte sowie die verschiedenen Landesteile besser verbinden. Weiter wollte man mit Nord-Süd Achsen durch die Alpen eine Umfahrung der Schweiz verhindern und die Anschlüsse an die umliegenden Länder gewährleisten.

Im Jahr 1960 folgte das Bundesgesetz über die Nationalstrassen. Darin wurden neben den Klassierungskriterien auch die Abläufe für den Bau und Unterhalt der Nationalstrassen festgelegt. So muss zum Beispiel eine Nationalstrasse 1. Klasse über mindestens vier richtungstrennte Fahrspuren verfügen und darf nicht höhengleich gekreuzt werden. Darüber hinaus wurde im Bundesbeschluss über das Nationalstrassennetz dessen Umfang festgelegt. 1962 wurde mit der Grauholzautobahn der erste Abschnitt der heutigen A1 und damit auch des Nationalstrassennetzes eröffnet. Das 7.5 Kilometer lange Teilstück führte von Bern Wankdorf bis nach Bern Schönbühl. Es folgten zahlreiche, teils sehr aufwändige Projekte. Ein Beispiel ist die Nord-Süd Achse A2 von Basel nach Chiasso. Mit dem Gotthardtunnel und zahllosen Viadukten besteht diese Autobahn weitgehend aus Kunstbauten.

Heute, rund 50 Jahre später ist der Grossteil des beschlossenen Autobahnnetzes gebaut und in Betrieb. Die noch ausstehenden Projekte sind Abschnitte der A5, A8, A9 sowie der A16. Bis 2020 sollen diese Projekte abgeschlossen sein und das Autobahnnetz komplettieren. Mehr als ein Drittel des gegenwärtigen gesamten Strassenverkehrsaufkommens führt über das Nationalstrassennetz. In den letzten Jahrzehnten haben sich die Prioritäten des Bundes durch Umweltphänomene wie das Waldsterben, Luftverschmutzung und Klimaveränderungen in Richtung öffentlichen Verkehr verlagert. Ein Grossteil der Infrastrukturinvestitionen floss deshalb in grosse Eisenbahnprojekte. Dabei wäre ein Ausbau des vorhandenen Strassennetzes zwingend nötig, da schon heute ein grosser Teil der Autobahnen überlastet sind (Koller, Zukünftige Entwicklung der Strasseninfrastruktur, 2010).

Tabelle 1 Einnahmen aus Gebühren der Verkehrsteilnehmer

	Einnahmen 2010 [Mio Fr.]	Verwendung
Mineralölsteuer auf Treibstoff	3'050	50 % für die Bundeskasse und 50 % zweckgebunden für Aufgaben im Zusammenhang mit dem Strassen-/Luftverkehr
Mineralölsteuerzuschlag auf Treibstoff	2'021	100 % zweckgebunden für Aufgaben im Zusammenhang mit dem Strassen-/Luftverkehr
Autobahnvignette	315	
SVA + LSVA	369	33% geht an die Kantone, der Rest wird für ÖV-Grossprojekte verwendet

Quelle: Eidgenössische Zollverwaltung (2012)

Wichtigste Einnahmequelle im Strasseninfrastrukturwesen ist die Besteuerung von Kraftstoffen in Form der Mineralölsteuer und des Mineralölsteuerzuschlages. Pro Liter unverbleites Benzin zahlt der Verbraucher rund 73 Rappen. Für einen Liter Dieselöl beträgt die Mineralölsteuer sogar 77 Rappen (Tabelle 2). Diese Steuer ist in der Schweiz im Vergleich zu andern Ländern wie zum Beispiel den U.S.A erheblich höher, im europäischen Vergleich aber eher klein. Die Hälfte der Einkünfte aus der Mineralölsteuer kommt dem Strassenwesen respektive dem Luftverkehr zu. Die andere Hälfte fliesst in die Bundeskasse (Tabelle 1). 2012 brachte die Besteuerung von Kraftstoffen rund fünf Milliarden Schweizer Franken ein, was acht Prozent der gesamten Bundeseinnahmen ausmacht (Eidgenössische Zollverwaltung, 2012).

Tabelle 2 Vergleich der Mineralölsteuern gemäss OECD (2012)

	U.S.A	Deutschland	Schweiz
Diesel [CHF/Liter]	0.122	0.586	0.774
Bleifreies Benzin [CHF/Liter]	0.106	0.817	0.735

Quelle: OECD (2012)

Seit 1985 gibt es für die Benutzung des Nationalstrassennetzes zudem eine Maut. Für den Privatverkehr gibt es seitdem eine Autobahnvignette, welche die Benutzung sämtlicher Autobahnen des Landes erlaubt. Sie kostet 40 Schweizer Franken und ist für 14 Monate gültig. Für den Schwerverkehr wurde eine LKW-Maut eingeführt. 2001 passte man die Abgabe an. Die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe kurz LSVA wird im Gegensatz zur alten LKW-Maut für alle Strassen fällig und beschränkt sich nicht nur auf Autobahnen.

Der Grossteil der Erträge der LSVA wird für die Finanzierung von ÖV-Grossprojekten verwendet und nur ein Drittel wird den Kantonen ausgeschüttet, welche die Gelder für den Strassenunterhalt einsetzen (Koller, 2010a).

### **2.3.2 Deutschland**

Die Anfänge der deutschen Autobahn gehen bis in die 20er Jahre zurück. Durch die Verbreitung des Autos veränderte sich das Verkehrsverhalten der Bevölkerung. 1927 wurde mit der HaFraBa<sup>1</sup> eine erste Autobahn durch Deutschland entworfen. Das Projekt wurde während dem Nationalsozialismus dann als Teil des Grossprojektes Reichsautobahn umgesetzt. Mit dem Beschluss 1933 über das Projekt Reichsautobahn begann der Bau des Autobahnnetzes in Deutschland. Breits 1936 erreichte man den tausendsten Kilometer Autobahn. Bis 1938 wuchs das deutsche Autobahnnetz auf rund 4000 Kilometer an. (Noßke, 2007) Nach dem Krieg wurde der Autobahnbau in den 60er Jahren wieder aufgenommen. Vor allem die BRD forcierte die Netzentwicklung. Das Netz der damaligen DDR war im Vergleich zur BRD deutlich weniger dicht. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands 1991 konnten diese Lücken aber ergänzt werden. In der Zeit nach der Wende wurde das Autobahnnetz um rund 2'300 Kilometer ausgebaut. Ein Grossteil dieser Erweiterung wurde im Rahmen des Verkehrsprojekts „Deutsche Einheit“ in den neuen Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen realisiert. Bis heute wurde das deutsche Autobahnnetz bis auf 12'845 Kilometer ausgebaut und zählt damit zu einem der dichtesten Netzte weltweit. Rund die Hälfte des heutigen deutschen Privatverkehrs wird auf den Autobahnen abgewickelt. Nach dem 2004 in Kraft getretenen Bedarfsplan soll das Autobahnnetz weiter um 1900 Kilometer ausgebaut werden. Ausserdem sollen 2'200 Kilometer auf sechs oder mehr Spuren erweitert werden (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2013).

Grundsätzlich wird die Finanzierung hauptsächlich über eine Kraftstoffabgabe bestritten. Zudem fliessen seit 2005 ungefähr fünf Milliarden Euro pro Jahr durch eine LKW-Maut ins Budget. Anders als in der Schweiz kommen sämtliche Gebühren der Instandhaltung und dem Neubau zu.

### **2.3.3 Vereinigte Staaten von Amerika**

Das Strassensystem der U.S.A. ist hierarchisch gegliedert. Die oberste Hierarchiestufe stellen die Interstate Highways dar. Sie werden vom Staat finanziert und bewirtschaftet aber von den einzelnen Bundesstaaten unterhalten. In den frühen 1930er wurde unter Präsident Franklin D.

---

<sup>1</sup> Hansestädte-Frankfurt-Basel

Roosevelt bereits ein erstes Konzept für ein nationales Highway System erarbeitet, um die Arbeitslosigkeit zu bekämpfen. Dies sah jeweils drei Nord-Süd und Ost-West Highways vor. Durch politische Uneinigkeiten wurde dies jedoch lange nicht realisiert. Erst als Dwight D. Eisenhower im Jahr 1953 ins Weisse Haus einzog, kam wieder Bewegung in die Angelegenheit. Präsident Eisenhower hatte im zweiten Weltkrieg erkannt, welche Vorteile Deutschland aus seinem Autobahnsystem ziehen konnte, und wie die Mobilität der alliierten Truppen erhöht wurde, sobald sie in Deutschland waren. Er wurde zum grossen Förderer des Interstate Systems, dass im Zuge der politischen Entwicklung in „National System of Interstate and Defense Highways“ umbenannt wurde. Nach langen Verhandlungen im Senat und dem Kongress, vor allem über die Verteilung von Bundesgeldern und den Anteil des Staates an den Kosten, wurde im Jahr 1956 der „Federal-Aid Highway Act of 1956“ angenommen. Somit war die juristische Grundlage für das Interstate System gelegt. Obwohl man geplant hatte das ganze System innert 13 Jahren fertigzustellen, wurde das ursprüngliche System erst 1992 als fertig ausgebaut erklärt (Weingroff, 2011).

## 2.4 Datengrundlage

### 2.4.1 Schweiz

Bereits im Jahr 2004 hat sich Gätzi in seiner Diplomarbeit mit der Kostenentwicklung des Autobahnbaus in der Schweiz beschäftigt. Er berücksichtigt dabei die Zeitperiode von 1950 bis 2000 und kommt zum Schluss, dass die Kosten in drei Perioden aufgeteilt werden können. (Tabelle 3). Diese Zeitreihe wird hier fortgeführt, überprüft und präzisiert.

Tabelle 3 Kostenentwicklung im Schweizer Autobahnbau

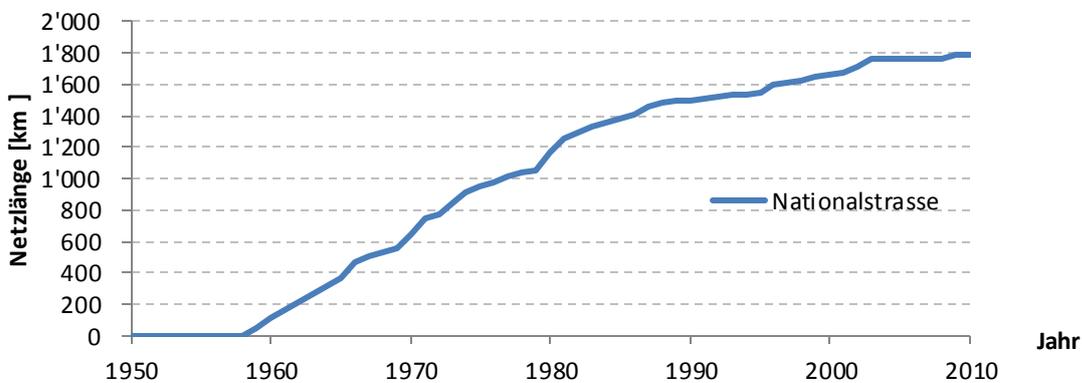
Periode	Von	Bis	Kosten [Mio SFr.]	$\Delta$ Länge [km]	Kosten / km [Mio SFr./km]
A	1959	1961	1'526	167	9.1
B	1961	1989	60'346	1'328	45.4
C	1989	2000	1'953	147	132.8

Quelle: Gätzi (2004)

In der Schweiz wird seit dem Beginn des Nationalstrassenbaus Buch geführt über die Anzahl eröffneter Kilometer Strassennetz (Abbildung 5). In diesen Datensets werden aber Kunstbauten nicht ausgeschieden. Vor allem in der Schweiz mit ihrer alpinen Landschaft dominieren allerdings Kunstbauten die Kosten der einzelnen Strassenabschnitte. Somit ist es dringend nötig zwischen normalen Nationalstrassen und Kunstbauten zu unterscheiden. Im Jahr 2005 hat das ASTRA eine Tabelle veröffentlicht, in der es alle bestehenden und im Bau

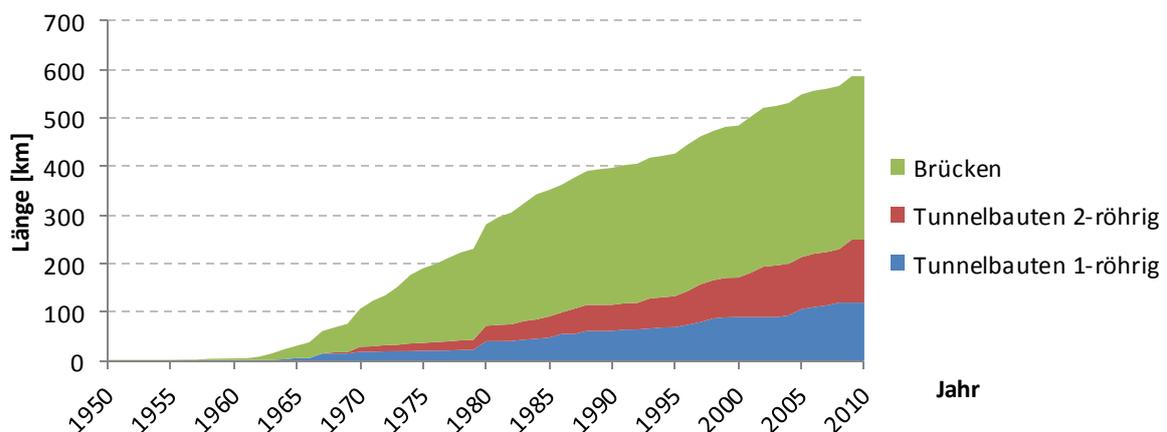
befindlichen Tunnelbauten auf dem Nationalstrassennetz auflistet. Für die Jahre 2005 bis 2010 konnten auf Daten der Fachgruppe für Untertagbau zugegriffen werden. Per Ende 2010 verlaufen etwa 14 % der Schweizer Nationalstrassen untertage. Auch die anderen Kunstbauten, also vornehmlich Brücken, machen einen grossen Anteil am Nationalstrassennetz aus. Per Ende 2010 waren etwa 336 km Brücken und Überführungen Teil des Nationalstrassennetzes (Abbildung 6). Davon sind aber einige km doppelt gezählt, da in der ASTRA-Datenbank für jede Kunstbaute ein einzelner Eintrag besteht. Das heisst, dass bei einer Zwillingenbrücke beide Fahrtrichtungen einen Eintrag erhalten und somit die Länge doppelt gezählt wird.

Abbildung 5 Netzlänge der Schweizer Nationalstrassen



Quelle: Bundesamt für Statistik (2013)

Abbildung 6 kumulierte Tunnel und Brückenlänge auf dem Nationalstrassennetz



Quelle: Fachgruppe für Untertagbau (2013), ASTRA (2005)

Auch die Bau- sowie Unterhaltskosten werden jährlich in der Strassenrechnung zusammengefasst. Während die Neubaukosten für die Nationalstrassen immer separat

ausgewiesen werden, sind die Unterhaltskosten bis 1993 mit denjenigen der Kantonsstrassen zusammengefasst. Erst seit 1994 sind deshalb konkrete Zahlen für den Nationalstrassenunterhalt vorhanden. Um auch über die Zeit davor eine Aussage treffen zu können, mussten die Daten mittels einer Regressionsanalyse geschätzt werden (siehe 3.1.2).

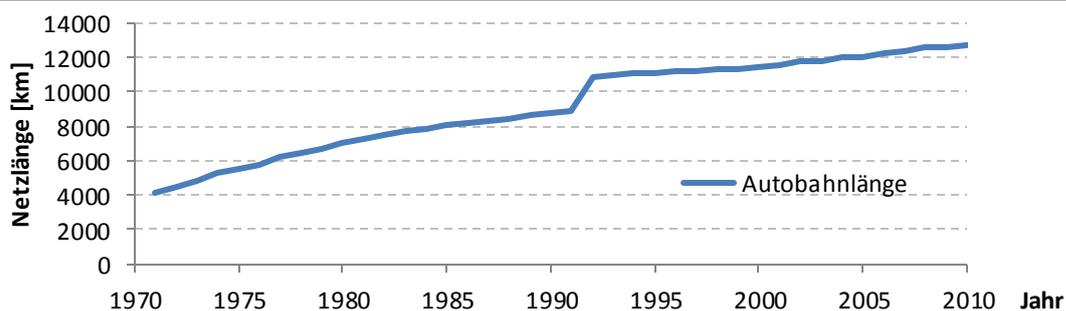
### 2.4.2 Deutschland

Die Fachserien 14.1 Reihe 3.1 des deutschen Statistischen Bundesamtes enthalten zwar alle Angaben über Unterhaltskosten und Baumassnahmen, wurden aber vor 1995 nur inkonsistent geführt. Genauer sind die Serien nur in den Archiven deutscher Universitäten zu finden gewesen. Auf eine Zusammenstellung dieser Daten wird deshalb in dieser Arbeit verzichtet.

Die Zahlen aus den Jahrbüchern stimmen zum Teil nicht mit den Daten aus den Fachserien überein. Sie weichen bis zu zehn Prozent voneinander ab. Dafür waren die Daten der Jahrbücher über die gewünschte Zeitperiode konsistent vorhanden. Eine genauere Aufteilung der Baukosten auf die Bundesländer war selbst nach 1995 mit den Fachserien nicht möglich, da die Bundesautobahnen hauptsächlich vom Bund selbst finanziert werden. Die Bundesländer steuern wenn überhaupt nur einen sehr kleinen Teil bei.

In den 80er Jahren wurden einige Autobahnen zu Bundesstrassen abgestuft. Weiter wurden nach 1991 die Autobahnen der DDR zum Netz der BRD addiert (vergleiche Sprung Abbildung 7).

Abbildung 7 Entwicklung der Netzlänge der deutschen Bundesautobahnen



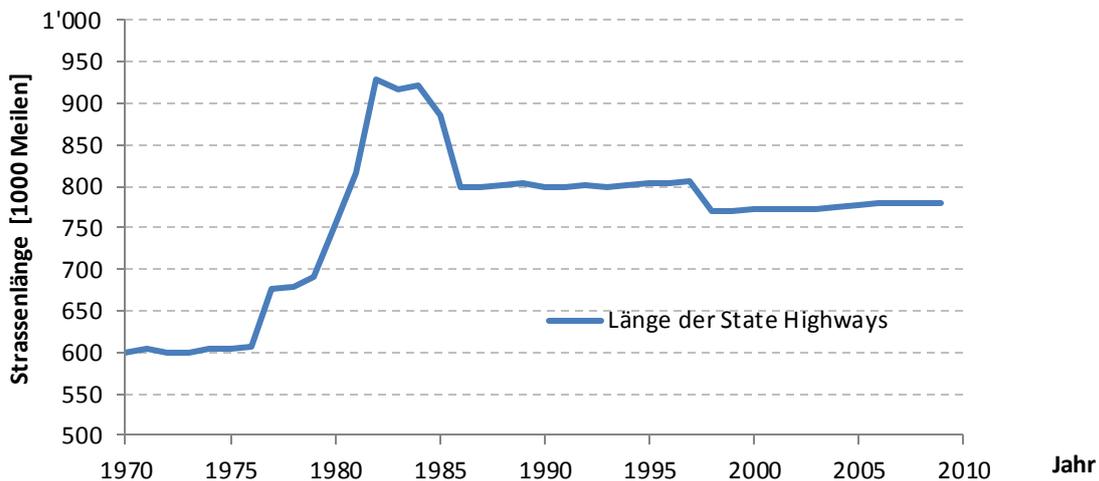
Quelle: (Statistisches Bundesamt, 1970-2010)

### 2.4.3 Vereinigte Staaten von Amerika

Für die U.S.A. konnte nur auf sehr wenig Literatur zurückgegriffen werden. Als zuverlässige Datenquelle für alle Bundesstaaten erwies sich einzig die „Highway Statistics Series“ der

Federal Highway Administration. Aufgrund der wechselnden Zusammenstellung dieser Serien, waren aber auch hier die Datenreihen inkonsistent. So besteht zum Beispiel die Statistik für die Länge neu eröffneter State Highway Abschnitte nur in den Jahren 1970-1977. Nebst dem Zuwachs durch Neubau, wurden auch immer wieder Streckenabschnitte umklassiert, was zu einer Verlängerung beziehungsweise Verkürzung des Systems führte, ohne dass dabei Baukosten entstanden. Ebenfalls trifft man in diesen statistischen Serien immer wieder auf unerklärliche Sprünge der Daten. Am Beispiel der Strassenlänge der State Highways erkennt man in Abbildung 8 die diversen Sprünge. So kommt es zum Beispiel zwischen den Jahren 1997 und 1998 zu einem Sprung von ungefähr 34'000 Meilen, dies obwohl die Daten aus derselben Serie (Highway Statistics Series 1997 bzw. 1998, Tabelle HM-10) stammen. Ähnliches gilt auch für die Interstate Highways. So ist es, ohne Angabe zu den tatsächlichen Neubaustrecken schwierig die Baukosten pro Streckenlänge zu errechnen.

Abbildung 8 Entwicklung der State Highway Netzlänge



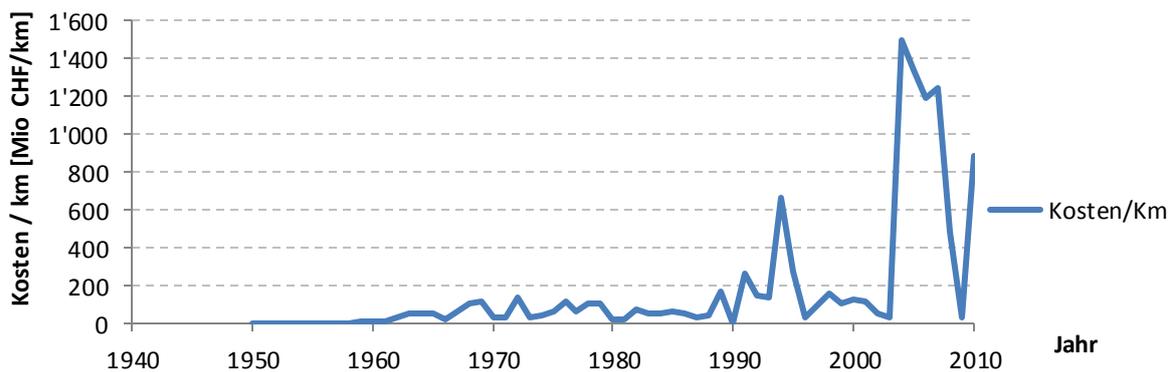
Quelle: Federal Highway Administration, Highway Statistics Series (eigene Darstellung)

### 3. Historische Vergleiche

#### 3.1 Schweiz

##### 3.1.1 Neubaukosten

Abbildung 9 Entwicklung der Nationalstrassen-Neubaukosten



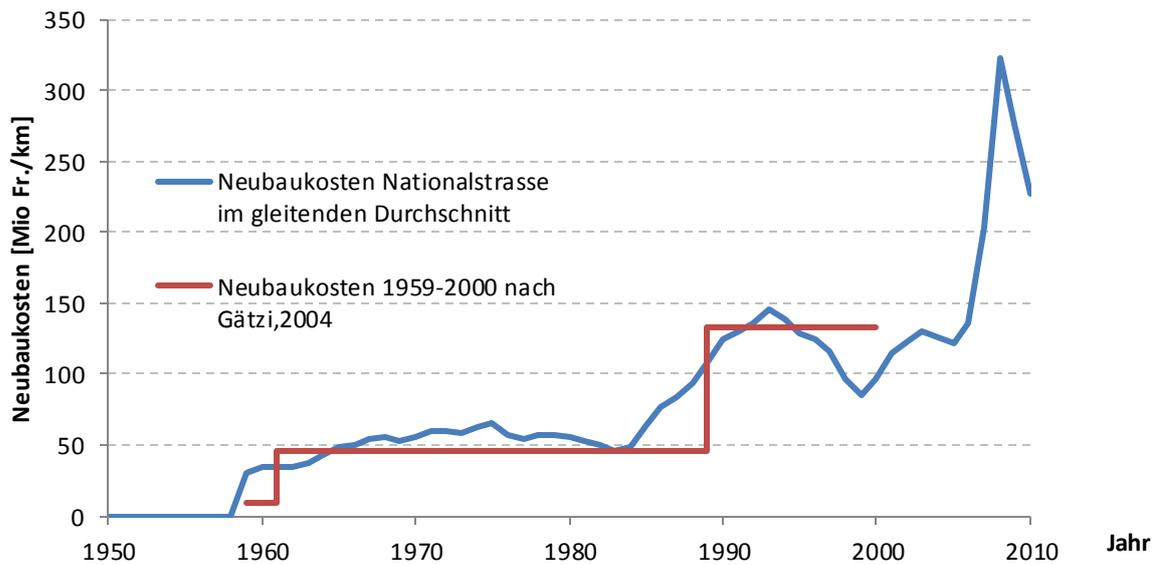
Quelle: Bundesamt für Statistik, Baukosten der Nationalstrassen (eigene Darstellung)

Da die Kosten eines neuen Autobahnabschnittes nicht immer in seinem Eröffnungsjahr abgerechnet werden, entsteht ein sehr ungleichmässiges Profil für die Kosten pro Kilometer. Um dem entgegen zu wirken, betrachten wir den gleitenden Durchschnitt der Kosten über zehn Jahre. Dies führt zu einem deutlich homogeneren Abbild, das zwar an Exaktheit einbüsst, aber deutlich einfacher zu interpretieren ist (Abbildung 10). Während Gätzi (2004) lediglich drei Perioden unterscheidet, scheint es nach detaillierterer Analyse der Daten sinnvoller zu sein, vier Perioden abzugrenzen. In Abbildung 10 kann man grob die vier Perioden gemäss Tabelle 4 unterscheiden.

Tabelle 4 Kostenentwicklung im Schweizer Nationalstrassenbau

Periode	Von	Bis	Kosten [Mio SFr.]	$\Delta$ Länge [km]	Kosten / km [Mio SFr./km]
A	1959	1964	8'579	321.3	26.7
B	1965	1984	51'313	1'038.1	49.4
C	1985	1990	9'181	135.5	67.8
D	1991	2010	34'049	295.2	115.3

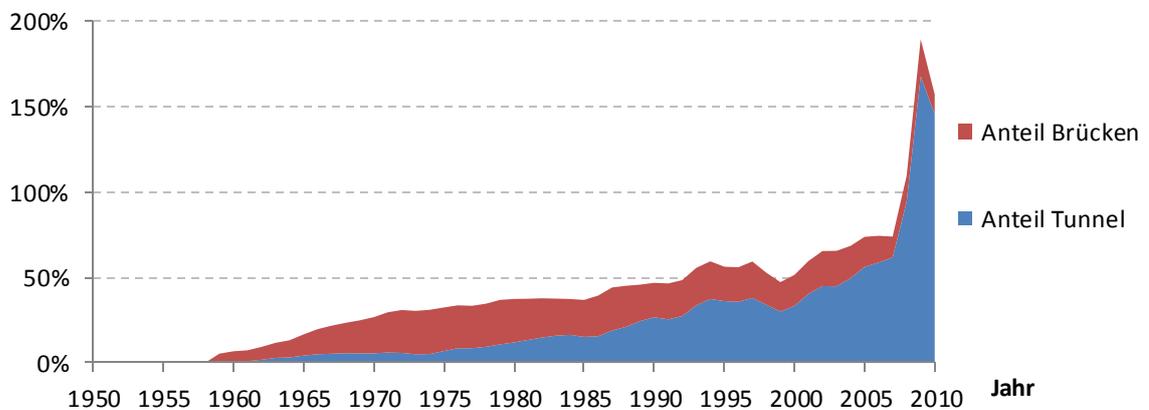
Abbildung 10 Entwicklung der Neubaukosten der Nationalstrasse im gleitenden Durchschnitt, Vergleich mit Gätzi (2004)



Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 10 lässt sich ein klarer Anstieg der Neubaukosten seit 1970 erkennen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist der Anteil der Kunstbauten an den Neubaustrecken. Während zu Beginn des Nationalstrassenbaus vor allem einfache und günstige Streckenabschnitte gebaut wurden, müssen heute zur Komplettierung des Netzes immer mehr und teurere Kunstbauten errichtet werden. So hat seit dem Beginn des Nationalstrassenbaus der Anteil an Tunnels kontinuierlich zugenommen (Abbildung 11). Im Jahr 2009 übersteigt er sogar die 100%-Marke, was praktisch überhaupt nicht möglich ist. Dies liegt daran, dass die Daten zu den Eröffnungen der Nationalstrassenabschnitte und der Tunnels nicht ganz konsistent sind.

Abbildung 11 Anteil Kunstbauten an den Neubaukilometern des Nationalstrassennetzes



Quelle: Fachgruppe für Untertagbau, ASTRA (eigene Darstellung)

Betrachtet man die Anteile der Kunstbauten an den Nationalstrassen für die in Tabelle 4 definierten Perioden, so erhält man auch eine gute Erklärung für die Gründe dieser Kostenentwicklung. In jeder Periode war der Anteil der Kunstbauten höher als in der vorangegangenen (Tabelle 5). Da Kunstbauten deutlich teurer sind, ist auch klar weshalb die Baukosten so enorm anstiegen.

Tabelle 5 Anteil der Kunstbauten auf dem Nationalstrassennetz

Periode	Von	Bis	Anteil Tunnel	Anteil Brücken	Anteil total
A	1959	1964	0.83%	5.64%	6.47%
B	1965	1984	7.90%	22.83%	30.73%
C	1985	1990	22.13%	17.94%	40.07%
D	1991	2010	45.43%	18.47%	63.90%

Quelle: Fachgruppe für Untertagbau, ASTRA (eigene Darstellung)

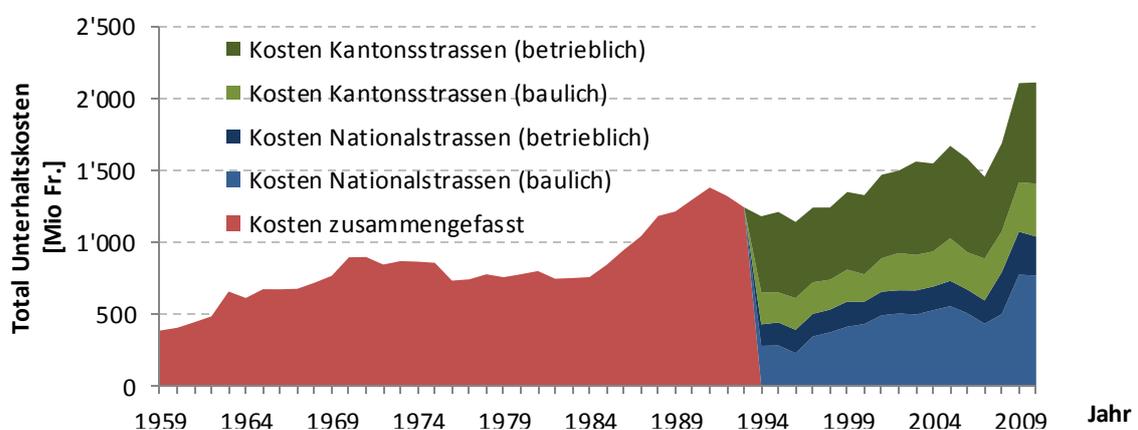
### 3.1.2 Unterhaltskosten

Wie in Abschnitt 2.4.1 bereits erwähnt, sind die Unterhaltskosten für die Nationalstrassen der Schweiz nur ab 1994 separat ausgewiesen. Aufgrund der Daten der Jahre 1994 bis 2010, konnte die folgende Gleichung ermittelt werden, um die Jahre 1959 bis 1993 zu schätzen:

$$K_{\text{Unterhalt, Jahr } i} = 2 * 10^{-36} * e^{0.0477 * i}$$

In Abbildung 12 sind die gesamten Unterhaltskosten für die betreffenden Netze abgebildet.

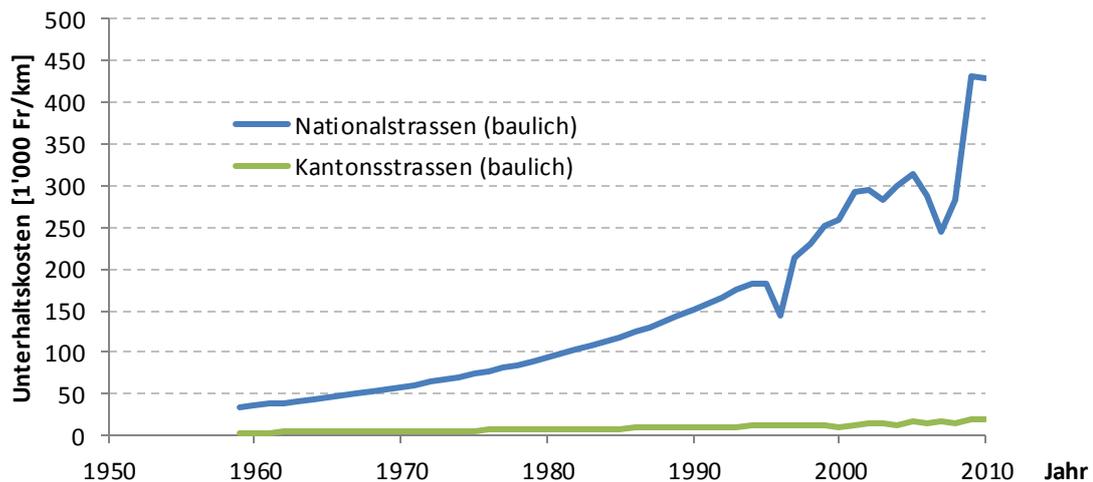
Abbildung 12 Jährliche Unterhaltskosten der Kantons- und Nationalstrassen



Quelle: Bundesamt für Statistik

Bricht man diese Kosten nun auf die Netzlänge herunter entsteht die Zeitreihe in Abbildung 13. Daraus geht deutlich hervor, dass die Kosten für den Nationalstrassenunterhalt deutlich stärker steigen als jene der Kantonsstrassen. Diese Entwicklung kann zum einen dadurch erklärt werden, dass nur wenige Teile der Nationalstrassen vor 1990 baulichen Unterhalt benötigten, da sie noch relativ neu waren. Zum anderen sind die Nationalstrassen deutlich mehr Verkehr ausgesetzt.

Abbildung 13 Unterhaltskosten pro Kilometer der Kantons- und Nationalstrassen



Quelle: Bundesamt für Statistik (eigene Darstellung)

Gemäss ASTRA wurden ungefähr 45% der Brücken auf dem Schweizer Nationalstrassennetz in den Jahren 1966 bis 1975 gebaut. Ein Grossteil dieser Brücken muss also in den nächsten Jahren erneuert werden, oder wurde bereits in der vergangenen Dekade saniert. Ein weiterer Anstieg der Unterhaltskosten scheint unausweichlich.

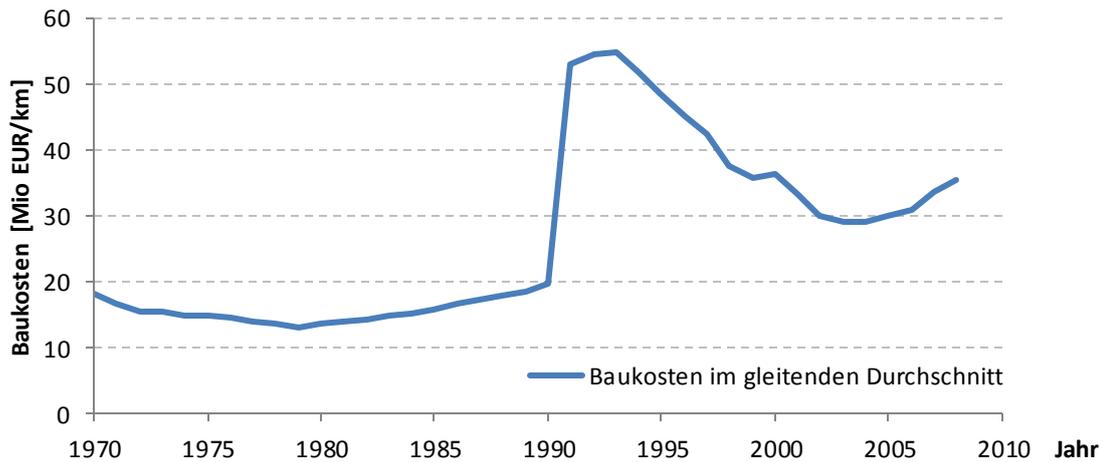
### 3.2 Deutschland

Auch für Deutschland empfiehlt es sich mit dem gleitenden Schritt zu arbeiten. In Abbildung 14 sind die Baukosten für einen Kilometer Autobahn in Deutschland dargestellt. Die Kosten pro Kilometer betragen aufgrund des niedrigeren Urbanisierungsgrads in den besiedelten Gebieten und des geringen Anteils an Kunstbauten weniger als die Hälfte der Neubaukosten in der Schweiz.

Bemerkenswert ist der Sprung zwischen 1990 und 1991. Sehr wahrscheinlich hat dieser mit der Wiedervereinigung Deutschlands vom 3. Oktober 1990 zu tun. Es wäre möglich, dass in dieser Periode Probleme und Unklarheiten mit Abrechnungen entstanden sind. Ein weiterer Grund könnten falsche Daten über die neugebauten Streckenlängen sein. Laut dem

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) fand nach der Wende eine „beeindruckende Netzentwicklung“ statt. Dies kann mit den vorhandenen Daten nicht belegt werden. Nach diesen entwickelte sich das Autobahnnetz nach dem Zusammenschluss gleich schnell oder langsamer als in der Vergangenheit (Abbildung 7, Seite 11).

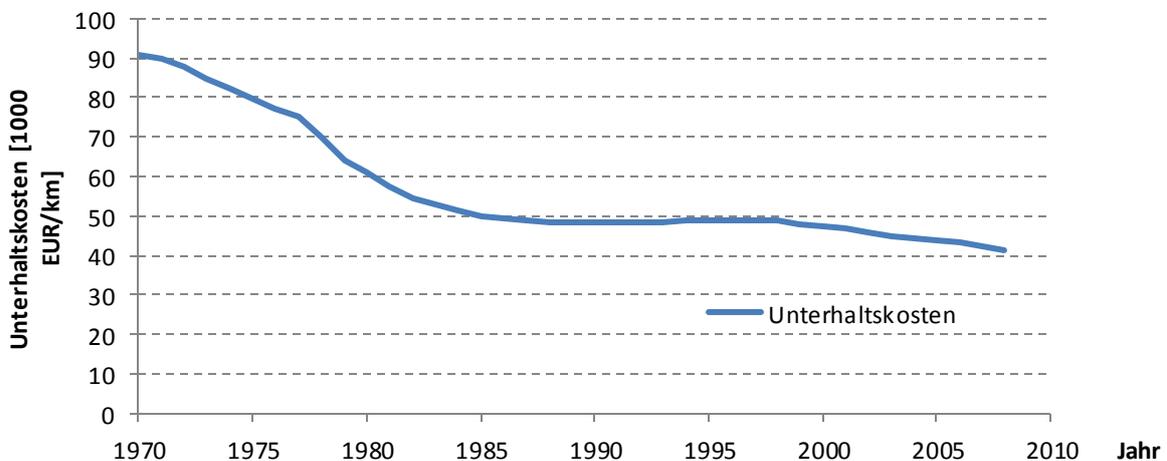
Abbildung 14 Entwicklung der Autobahnbaukosten in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt Deutschland (eigene Darstellung)

Die Ausgaben für den Unterhalt nehmen in Deutschland seit den 1970er konstant ab. So ist der Wert von ungefähr 90'000 EUR auf ca. 40'000 EUR gesunken (Abbildung 15). Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass Deutschland Sparmassnahmen im Strassenunterhalt angesetzt hat. Eine Anfrage an das zuständige Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Klärung dieses Sachverhalts blieb trotz Nachhakens unbeantwortet.

Abbildung 15 Unterhaltskosten für die deutschen Autobahnen



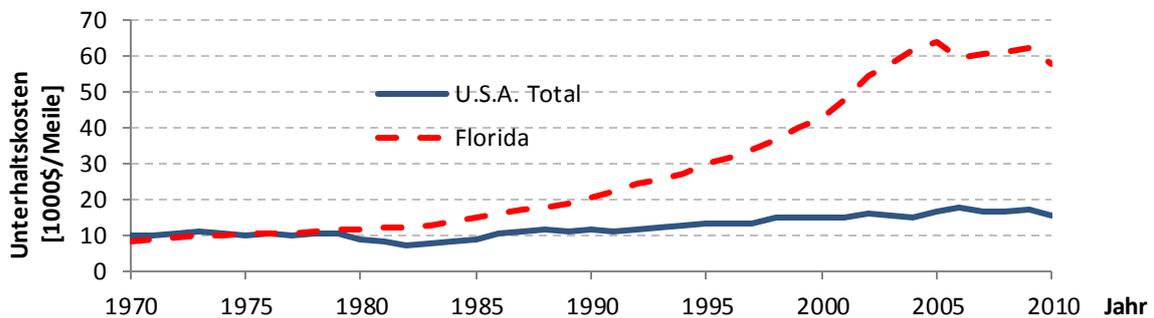
Quelle: Statistisches Bundesamt Deutschland (eigene Darstellung)

### 3.3 Vereinigte Staaten von Amerika

Die Kosten in den USA können hier nur für den Unterhalt beurteilt werden. Da für eine Beurteilung der Neubaukosten, die Längen der Neubaustrecken bekannt sein müssten. Diese sind gemäss Federal Highway Agency aber nach 1977 nicht mehr erhoben worden.

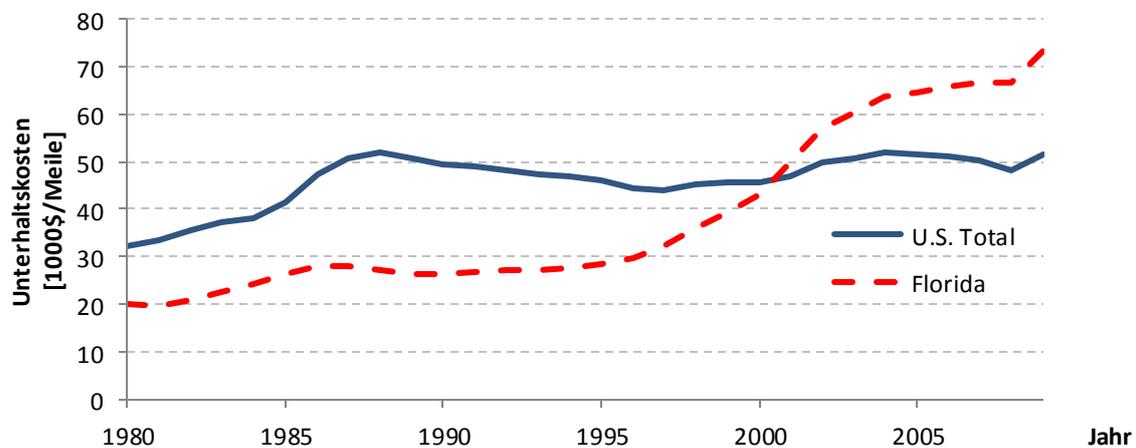
Ähnlich wie in der Schweiz steigen auch in den U.S.A die Unterhaltskosten an. In den letzten Jahren war ein realer Anstieg um mehr als 50% zu beobachten. Dies gilt sowohl für die State als auch die Interstate Highways, allerdings nur auf die gesamten Vereinigten Staaten von Amerika bezogen. Betrachtet man die einzelnen Bundesstaaten streuen diese Kostenänderungen ziemlich breit. Während einige einen sehr konstanten Verlauf haben, steigen bei anderen die Unterhaltskosten rasant an. So hat als Extrembeispiel Florida für den Unterhalt seiner State Highways im Jahr 2010 das Siebenfache vom Jahr 1970 ausgegeben (Abbildung 16). Auch die Unterhaltskosten der Interstate Highways haben um das 3,5-fache zugenommen (Abbildung 17). Die Zeitreihen für die einzelnen Bundesstaaten befinden sich in Abbildung 26 bis Abbildung 31 in Anhang A.

Abbildung 16 Entwicklung der Unterhaltskosten der State Highways



Quelle: Federal Highway Administration (eigene Darstellung)

Abbildung 17 Entwicklung der Unterhaltskosten der Interstate Highways



Quelle: Federal Highway Administration (eigene Darstellung)

### 3.3.1 Politischer Vergleich

Eine interessante Vergleichsmöglichkeit ergibt sich auch in politischer Hinsicht. So lässt sich mit den gesammelten Daten auch gut überprüfen, wie sich die Kosten unter der Führung von republikanischen oder demokratischen Gouverneuren verhielten. Dazu werden an dieser Stelle die Staaten mit den grössten Schwankungen in den Unterhaltsausgaben auf Ihre politische Führung hin verglichen (Tabelle 6).

Tabelle 6 Unterhaltskosten der Bundesstaaten mit grossen Schwankungen

Bundesstaat	Max [Dollar/Meile]	Jahr	Min [Dollar/Meile]	Jahr	Faktor
Washington	48'560	2010	5'134	1985	9.46
West Virginia	39'187	1972	4'651	2010	8.42
Florida	63'546	2005	8'295	1970	7.66
Colorado	28'198	2002	4'859	1970	5.80
North Carolina	26'270	1970	4'764	1981	5.51
Virginia	38'894	1975	8'619	1984	4.51

Während die U.S.A. unter republikanischen Präsidenten weniger Geld für den Strassenunterhalt ausgeben (Tabelle 7), scheinen die Staaten mit demokratischen Gouverneuren sparsamer gewesen zu sein. (Tabelle 8). Umso bemerkenswerter ist die Tatsache, dass alle Trendwenden hin zu niedrigeren Ausgaben für den Unterhalt in republikanischen Amtsperioden stattgefunden haben (Abbildung 18, ausgezogene Linien).

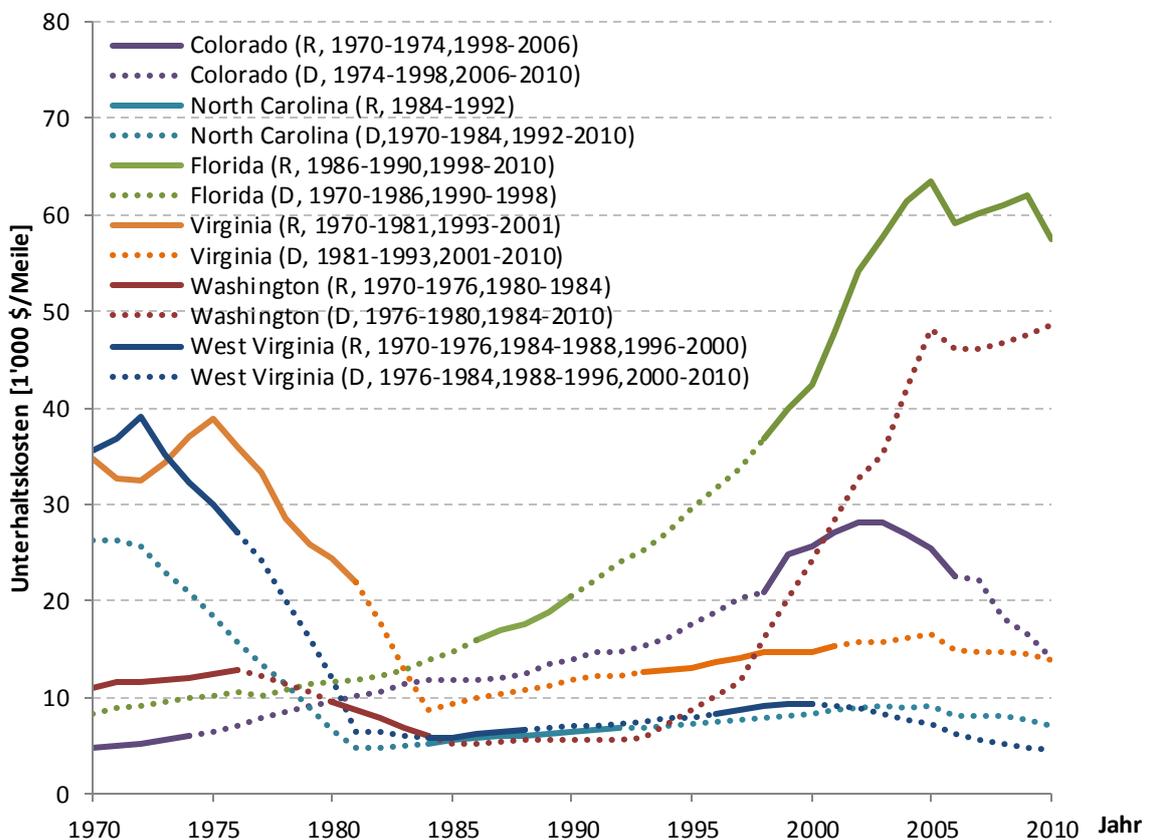
Tabelle 7 Unterhaltskosten der U.S.A. nach regierender Partei

Gebiet	Regierung	Kosten [\$/km Jahr]	Verhältnis
USA	Demokratisch	12'879	100.00%
	Republikanisch	11'733	91.10%

Tabelle 8 Unterhaltskosten markanter Bundesstaaten nach regierender Partei

Bundesstaat	Regierung		Verhältnis Rep/Dem
	Demokratisch	Republikanisch	
Colorado	13'497	18122	1.34
Florida	17'250	44031	2.55
North Carolina	10'940	6191	0.57
Virginia	13'190	24692	1.87
Washington	20'434	10251	0.50
West Virginia	8'663	19844	2.29
Durchschnitt	13966	20522	1.47

Abbildung 18 Entwicklung der Unterhaltskosten mit den grössten Schwankungen



## 4. Geographische Vergleiche

### 4.1 Vergleich der untersuchten Gebiete

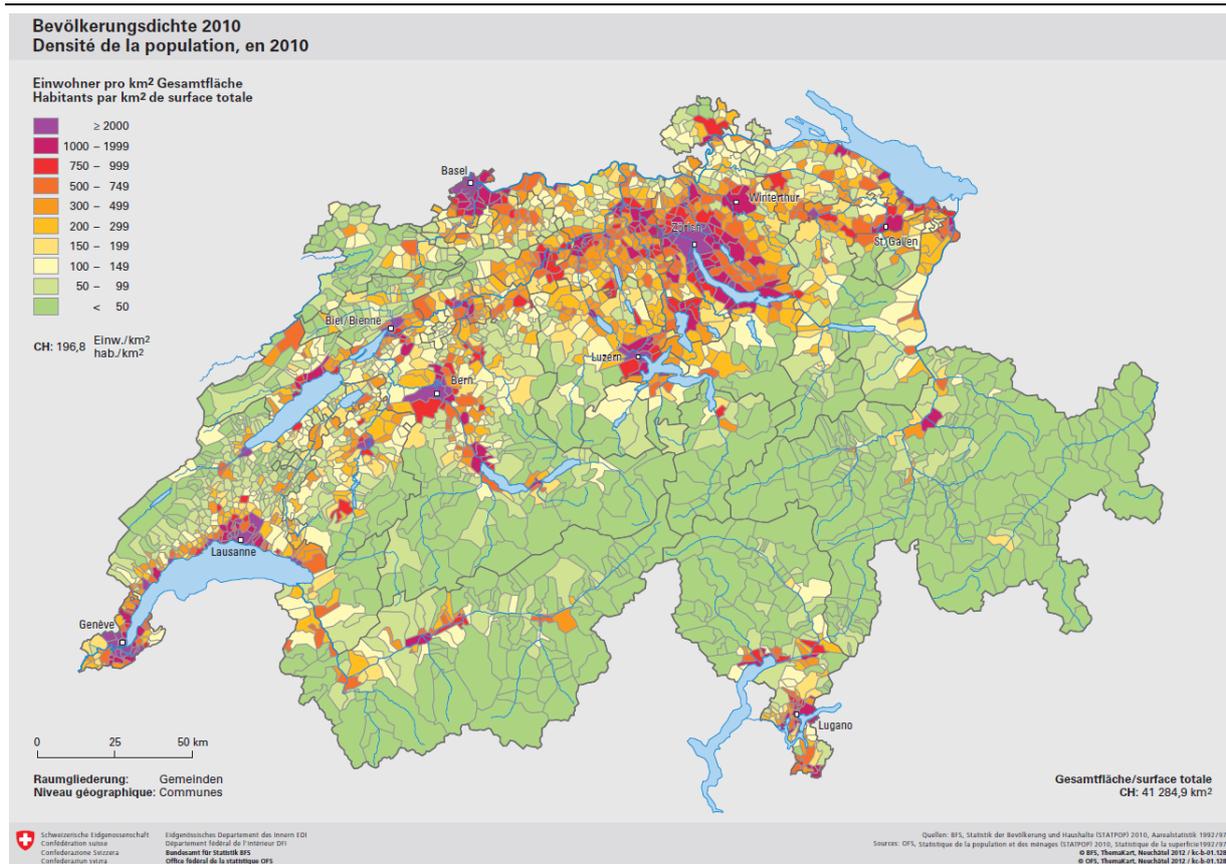
#### 4.1.1 Schweiz

Durch die zentrale Lage in Europa spielt die Schweiz verkehrstechnisch eine wichtige Rolle. Die meisten Nord-Süd Achsen für den internationalen Verkehr führen durch die Schweiz. Der Lötschberg- und der Gotthardtunnel ermöglichen eine schnelle Durchquerung der Alpen. Mit der Neuen Eisenbahn Alpentransversale NEAT baut die Schweiz an einer weiteren Verbesserung des Transitverkehrs (Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten, 2013).

Die Fläche der Schweiz beträgt 41'285 km<sup>2</sup>, ohne Gewässer nur rund 31'000 km<sup>2</sup>. Auf diesem kleinen Raum bietet die Schweiz grosse landschaftliche Vielfalt. Das Relief beziehungsweise der grosse Alpenanteil von 60% erschwerte die Erstellung einer Strasseninfrastruktur erheblich. Zahlreiche Viadukte, Brücken und Tunnel mussten für den Bau der Infrastruktur erstellt werden.

Mit einer Bevölkerung von 8 Millionen Menschen ist die Schweiz trotz dem grossen Alpenanteil sehr dicht besiedelt. Über die ganze Fläche kommt die Schweiz auf eine Bevölkerungsdichte von 193 Einwohner pro Quadratkilometer. Zieht man den Alpen- und Gewässeranteil ab, so erhält man eine Besiedlungsdichte von 472 Einwohner pro Quadratkilometer. Dies entspricht einer der höchsten Bevölkerungsdichten weltweit. Die Einwohner sind sehr ungleichmässig verteilt. Jeder dritte Schweizer lebt in den fünf grössten Ballungsräumen Zürich, Basel, Genf, Bern und Lausanne (Bundesamt für Statistik, 2010). Vergleiche dazu Abbildung 19.

Abbildung 19 Bevölkerungsdichte der Schweiz



Quelle: Bundesamt für Statistik (2011)

Ähnliches ist bei der Strassennetzdichte zu beobachten. Über die ganze Fläche von 41'285 km<sup>2</sup> beträgt die Dichte der öffentlichen Strassen 1.73 km/km<sup>2</sup>. Ohne den Anteil an unbebaubaren Flächen kommt die Schweiz sogar auf eine Netzichte von 3 km/km<sup>2</sup>.

Die Alpen spielen auch hinsichtlich des Klimas eine wichtige Rolle. Durch diese Wetterschranke unterscheidet sich das südliche Klima deutlich vom nördlichen. Während im Süden die durchschnittliche Niederschlagsmenge bei 2000 mm/Jahr liegt, beträgt sie im Wallis und Engadin nur gerade 500-700 mm/Jahr. Im Flachland kommt es während einem Jahr zu 1000-1500 mm Niederschlag. Rund ein Drittel dieser Niederschlagsmengen sind im Winter als Schnee zu erwarten. Auch die Temperaturen weisen grosse regionale und zeitliche Schwankungen auf. Im Januar liegt der Temperaturdurchschnitt im Flachland nur bei 1°C, im Juli bei 17°C. Auf 1500 Metern über Meer beträgt die Temperatur im Januar durchschnittlich -5 °C, im Juli 11 °C (MeteoSchweiz, 2008). Durch diese grossen regionalen und zeitlichen Temperaturunterschiede und die teilweise sehr hohe Niederschlagsmengen werden die Strassen stark beansprucht. Vor allem die Streusalz- und Frostschäden im Winter führen zu

einem teureren Strassenunterhalt. Weiter werden im Gebirge Steinschlagsicherungen und Lawinenverbauungen nötig, was diese Strecken erheblich verteuert.

#### **4.1.2 Deutschland**

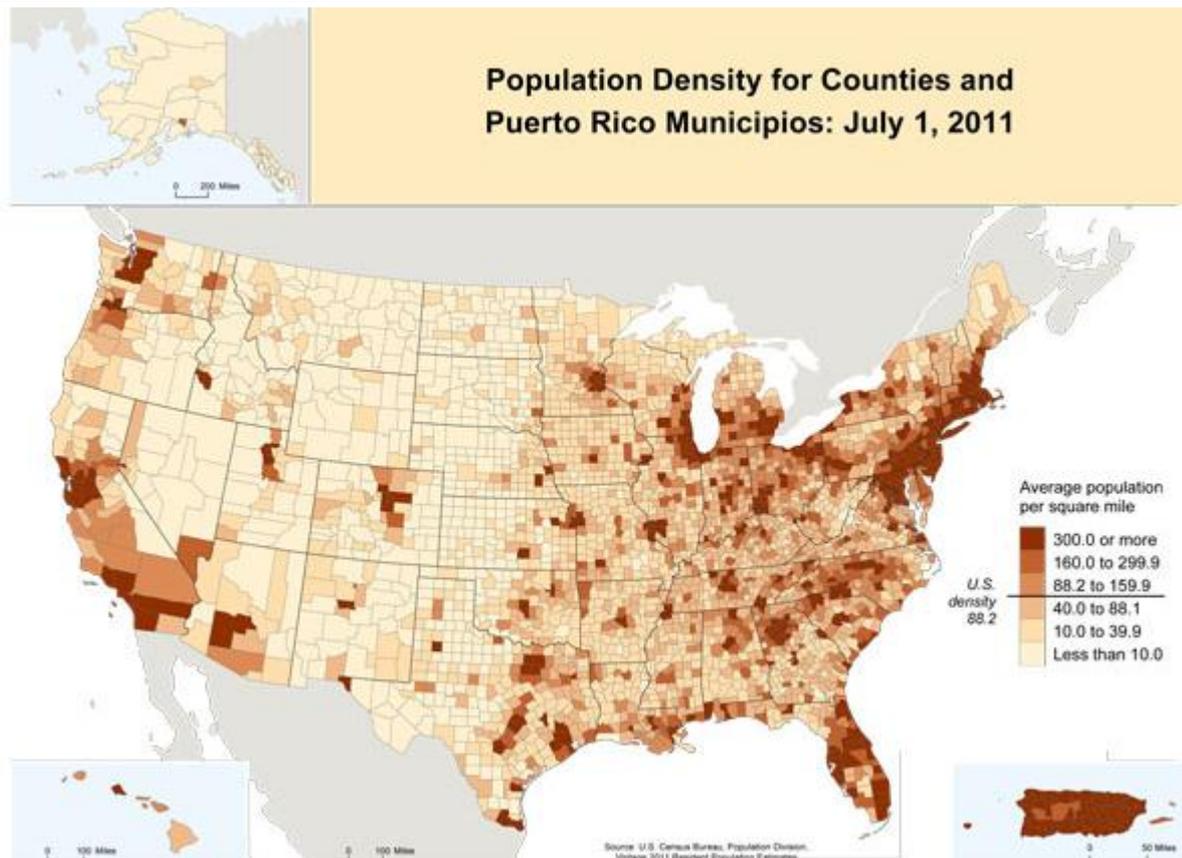
Als wirtschaftlich starkes Land ist Deutschland auf eine gute Infrastruktur angewiesen. Die Deutschen verfügen mit 1.8 km Strasse pro km<sup>2</sup> Fläche über eines der dichtesten Strassennetze der Welt (Statista, 2013). Durch die zentrale Lage in Europa ist Deutschland ähnlich wie die Schweiz ein wichtiges Transitland. Auf einer Fläche von 357'121 km<sup>2</sup> leben rund 82 Millionen Menschen. Somit ist Deutschland das bevölkerungsreichste Land Europas und liegt mit einer Bevölkerungsdichte von 229 pro km<sup>2</sup> über dem europaweiten Durchschnitt. Deutschland ist über die totale Fläche auch dichter besiedelt als die Schweiz und die Vereinigten Staaten von Amerika. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands fand eine Abwanderung aus den neuen Bundesländern statt. Mittlerweile hat sich diese Ost-West Verschiebung stabilisiert. Rund 74 Prozent der deutschen Bevölkerung lebt in Städten. Dabei ist der Westen dichter besiedelt als der Osten (Statista, 2013).

Insgesamt ist Deutschland zum warmgemässigten Regenklima der mittleren Breiten zu zählen. Durch Westwinde wird das deutsche Gebiet übers ganze Jahr mit feuchter Luft vom Atlantik versorgt. Diese Winde sorgen in Deutschland für milde Winter und nicht zu heisse Sommer. Der Einfluss dieses Westwindes nimmt von Westen nach Osten ab. Die Temperaturen sind weitgehend nur von der Höhe abhängig (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2013). Deutschland ist ausserhalb der Alpen weitestgehend flach. Für die Erstellung der Strasseninfrastruktur sind deshalb deutlich kleinere Kosten als in der Schweiz zu erwarten. Aufgrund des Klimas und den geringeren Anteil an hochgelegenen Strassen sollte auch der Unterhalt pro Kilometer der deutschen Strasseninfrastruktur also günstiger ausfallen als derjenige der Schweiz. Dies wird im Ländervergleich auch bestätigt (4.2).

#### **4.1.3 Vereinigte Staaten von Amerika**

Die Vereinigten Staaten von Amerika sind gebietsmässig der drittgrösste Staat der Welt. Von den 9'629'101 km<sup>2</sup> Fläche sind rund 500'000 km<sup>2</sup> Binnengewässer. Über das ganze Gebiet weisen die USA eine durchschnittliche Bevölkerungsdichte von rund 32 Einwohner pro Quadratkilometer auf. Allerdings schwankt dieser Wert enorm über das ganze Land betrachtet (Abbildung 20). So reicht er von über 25'000 Personen pro km<sup>2</sup> in den urbanen Gebieten bis hin zu weniger als 0.4 Personen pro km<sup>2</sup> in einigen Countys im mittleren Westen. Total weisen die U.S.A. eine Einwohnerzahl von aktuell 314'907'000 Personen auf (United States Census Bureau, 2013).

Abbildung 20 Bevölkerungsdichte U.S.A.



Quelle: U.S. Census Bureau, 2000

Die Vereinigten Staaten von Amerika verfügen mit 6'545'326 Kilometer über das längste Strassennetz der Welt. Durch die geringere Bevölkerungsdichte benötigt das U.S. Amerikanisch Strassensystem weniger Verästelungen. So liegt die totale Strassendichte bei 0.68 Strassenkilometer pro Quadratkilometer und beträgt damit nur ungefähr ein Drittel der deutschen Strassendichte.

Aufgrund der enorm grossen Fläche der USA und den verschiedenen Landschaftsformen ist das Klima sehr verschieden. Da es in ganz Nordamerika kein Ost-Westgebirge gibt können Tief und Hochdruckgebiete durch den ganzen Kontinent ziehen. Selbst im Süden gibt es deshalb im Winter Kaltfronten. Das entgegengesetzte Beispiel stellen Grossstädte im Norden dar. In der sonst kühlen Region kann es im Sommer durch ein Hochdruckgebiet sehr warm werden. Alaska wird dagegen von arktischem Klima bestimmt. Aufgrund der tiefen Temperaturen sind in Alaska höhere Frost- und Streusalzschäden und somit ein teurerer Strassenunterhalt als in anderen Staaten zu erwarten. Dies bewahrheitet sich allerdings nicht (Abbildung 31, Anhang A Seite 3). Erklärt werden kann dies durch den geringeren Anteil von qualitativ hochwertigen Strassen.

## 4.2 Ländervergleich

Sollen die drei betrachteten Staaten miteinander verglichen werden, müssen zuerst die Datensätze angeglichen werden. Für den Vergleich werden nur die Daten der hochrangigsten Netze verwendet. Das heisst die Nationalstrassen für die Schweiz, die Bundesautobahnen für Deutschland und die Interstate Highways für die Vereinigten Staaten. Um mit konsistenten Einheiten zu rechnen werden alle Kosten in CHF/km umgerechnet. Dafür wird der EUR/CHF-Wechselkurs vom 31.12.2010 von 1.25 CHF/EUR verwendet. (Europäische Zentralbank, 2013). Für die USA wird der Dollar mit CHF/USD 0.966 gerechnet (Google, 2013) und eine Meile sind 1.60934 km.

Abbildung 21 Ländervergleich der Unterhaltskosten

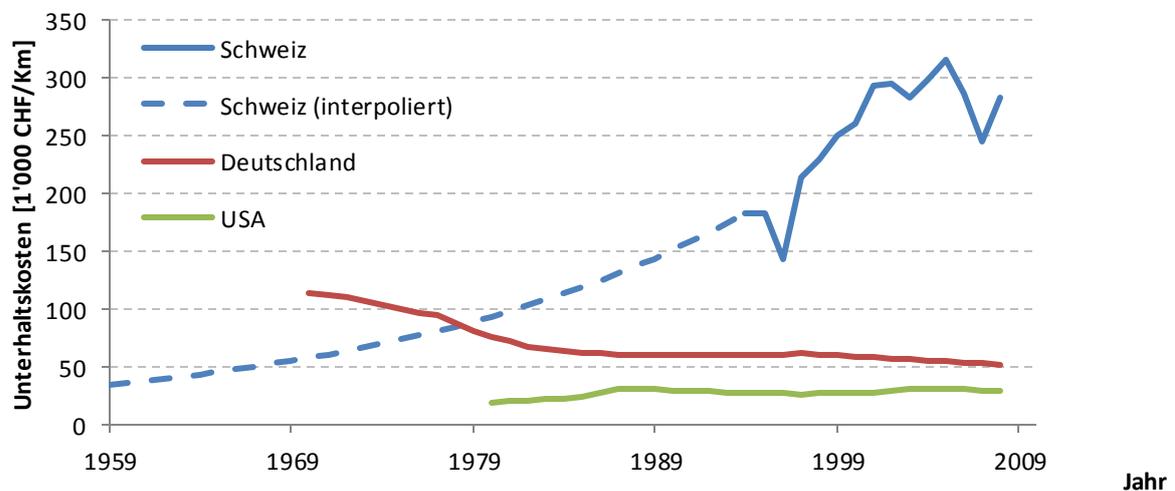
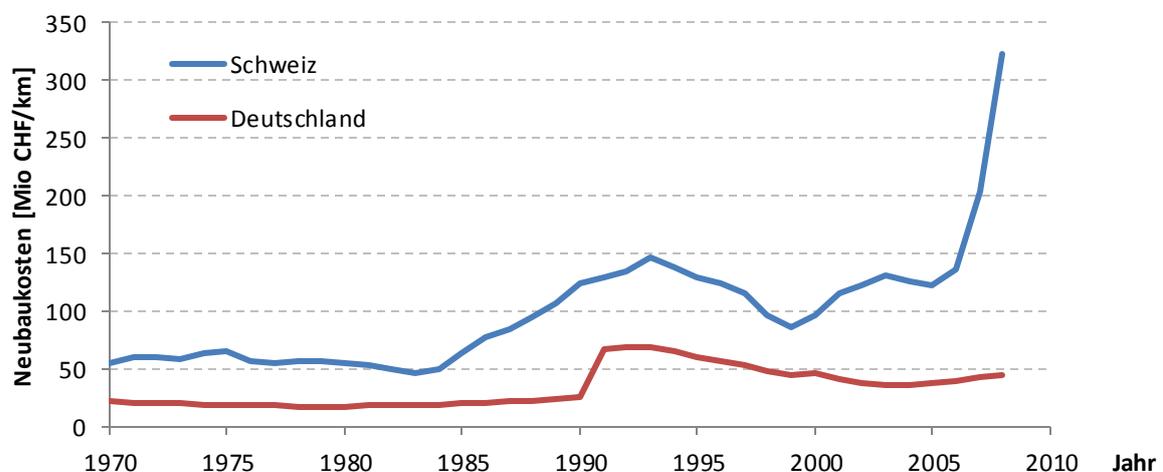


Abbildung 22 Ländervergleich der Neubaukosten



So ergibt sich die aufgrund der geo- und demographischen Verhältnisse erwartete Reihenfolge. Die Schweiz steht sowohl im Unterhalt als auch beim Neubau als teuerster Staat da. Dann folgen Deutschland und die Vereinigten Staaten. Überraschend ist allerdings, dass die Schweiz im Unterhalt um etwa das sechsfache kostspieliger ist als Deutschland und sogar das zehnfache der Vereinigten Staaten (Abbildung 21). Auch im Neubau sind die Schweizer Kosten um etwa den Faktor 2.5 grösser als diejenigen Deutschlands (Abbildung 22). Während sich der Unterschied bei den Neubaukosten mit den vielen Kunstbauten in der Schweiz erklären lässt, scheint die Differenz im Unterhalt fast zu gross um lediglich auf die Kunstbauten zurückgeführt zu werden.

### 4.3 Fallbeispiel

Anhand der Unterhaltskosten des State Highway Systems der U.S.A. lassen sich die geographischen Unterschiede innerhalb der U.S.A. sehr gut aufzeigen.

Ein Versuch zur Kategorisierung der Unterhaltskosten soll über den Verstädterungsgrad der einzelnen Bundesstaaten erfolgen. Dazu werden die Bundesstaaten in sechs ungefähr gleich grosse Gruppen eingeteilt, die jeweils einen Bereich in der Verteilung des Flächenurbanisierungsgrades umfassen (Tabelle 9).

Tabelle 9 Einteilung der U.S.-Bundesstaaten nach Flächenurbanisierungsgrad

Gruppe	Urbanisierungsgrad	Zugehörige Bundesstaaten
1	>20%	Connecticut, Delaware, District of Columbia, Maryland, Massachusetts, New Jersey, Rhode Island
2	20% bis 7%	Florida, Georgia, Illinois, Indiana, New Hampshire, New York, North Carolina, Ohio, Pennsylvania, South Carolina Tennessee
3	7% bis 4%	Alabama, California, Hawaii, Louisiana, Michigan, Virginia
4	4% bis 2%	Arkansas, Kentucky, Minnesota, Mississippi, Missouri, Texas, Washington, West Virginia, Wisconsin
5	2% bis 1%	Arizona, Colorado, Iowa, Kansas, Maine, Oklahoma, Oregon, Utah, Vermont
6	<1%	Alaska, Idaho, Montana, Nebraska, Nevada, New Mexico, North Dakota, South Dakota, Wyoming

Quelle: U.S. Census Bureau (2013) (eigene Darstellung)

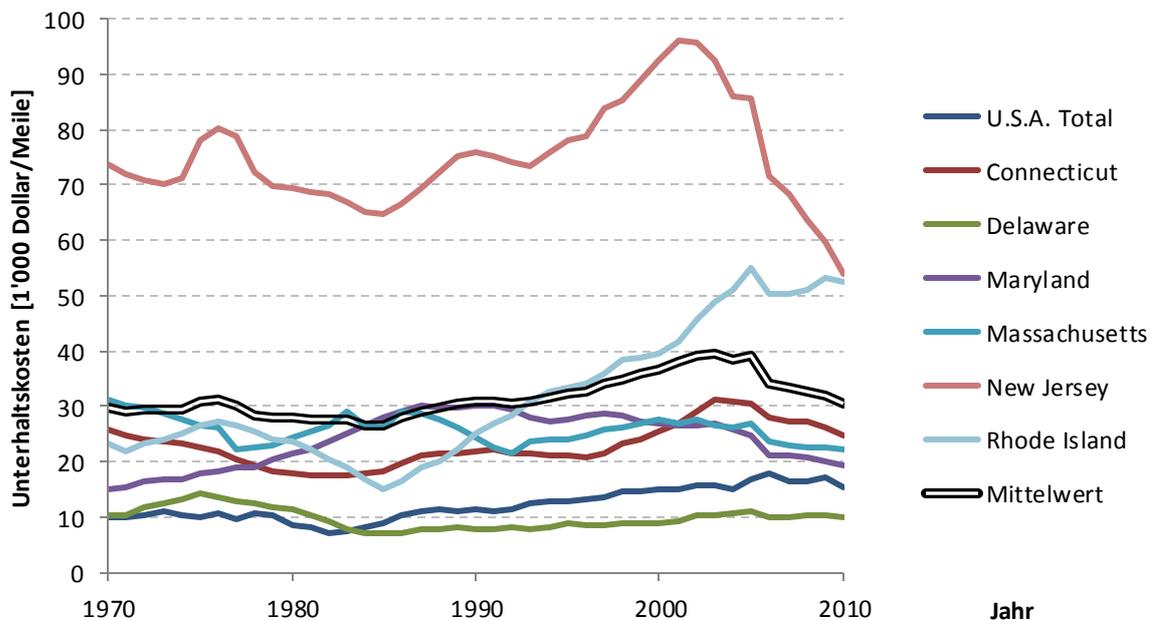
Betrachtet man nun die Unterhaltskosten in diesen Gruppen, so ergibt sich die Zusammenstellung in der Tabelle 10. Die enorm hohe Standardabweichung für die Gruppe eins kommt davon, dass New Jersey als Ausreisser mehr als den siebenfachen Betrag ausgibt als zum Beispiel Delaware. Umso erstaunlicher ist dies, weil es sich um Nachbarstaaten handelt, die ein ähnliches Klima vorweisen. Mögliche Erklärungsansätze sind die höhere Bevölkerungsdichte in New Jersey und der beinahe doppelt so grosse Verstärterungsgrad. So weisen Rhode Island und New Jersey, welche sich in diesen Kriterien und auch geographisch sehr ähnlich sind, im Jahr 2010 fast gleich hohe Unterhaltskosten aus.

Exemplarisch sei hier lediglich die Gruppe 1 dargestellt (Abbildung 23). Die Abbildungen aller Gruppen sind in Anhang A (Abbildung 26 bis Abbildung 31) zu finden.

Tabelle 10 Übersicht der gruppierten Unterhaltskosten [Dollar/Meile]

Gruppe	Mittelwert	Standart-Abw.	Mittelwert	Standart-Abw.
Periode	2010	2010	1970-2010	1970-2010
1	31'562	21'195	16'648	21'195
2	20'039	14'926	16'701	8'159
3	17'329	5'408	17'630	7'176
4	13'992	13'250	10'580	5'591
5	14'246	4'172	11'530	3'013
6	8'069	3'653	7'214	2'521

Abbildung 23 Unterhaltskosten Gruppe 1



Quelle: Federal Highway Administration (1970-2010) (eigene Darstellung)

## 5. Entwicklung der Projektkosten in der Schweiz

### 5.1 Projektierungsverfahren des ASTRA

Um die historische Kostenentwicklung des Schweizer Autobahnbau nachzuvollziehen ist es essentiell die Kostenentwicklung eines Autobahnprojektes vom Kostenvoranschlag (KV) über die Bewilligung bis zum Betrieb zu verstehen.

Das Bundesamt für Strassen und Verkehr (ASTRA) unterscheidet grundsätzlich zwischen Unterhaltsprojekten und Ausbauprojekten. Vom Globalen Erhaltungskonzept beziehungsweise dem Generellen Projekt werden die Projekte mit der Zeit präzisiert. So können die Projektkosten immer genauer geschätzt werden (Tabelle 11).

Tabelle 11 Projektphasen und Planungsgenauigkeiten

Unterhaltsprojekte	Ausbauprojekte	Planungsgenauigkeit
Globales Erhaltungskonzept (EK)	Generelles Projekt (GP)	+/- 20%
Massnahmenkonzept (MK)	Ausführungsprojekt (AP)	+/- 15%
Massnahmenprojekt (MP)	Detailprojekt (DP)	+/-10%

Quelle: Weisung für Kostenvoranschläge ASTRA (Seite 3)

Grosse Projektänderungen müssen im Rahmen eines Projektanpassungs-genehmigungsverfahren von der Genehmigungsbehörde bewilligt werden. Die Gesetzesgrundlage ist für Kostenvoranschläge in der Nationalstrassenverordnung Artikel 11 Absatz 4 geregelt:

„Wird bei der Erarbeitung des Ausführungsprojekts festgestellt, dass dessen Kosten jene des generellen Projekts um mehr als 10 % ohne Berücksichtigung der Teuerung überschreiten, so sind die Kostensteigerungen dem Bundesrat zum Entscheid vorzulegen. Bei Projekten unter 100 Millionen Franken sind die Kostensteigerungen von über 10 Millionen Franken (ohne Teuerung) vom Bundesrat zu genehmigen.“

Während die Genehmigung der Ausbauprojekte über drei verschiedene Hierarchiestufen geht, nämlich vom Bundesrat über das UVEK bis zum ASTRA (Tabelle 12), ist die einzige Genehmigungsstelle für Unterhaltsprojekte das ASTRA selbst (Tabelle 13).

Tabelle 12 Genehmigungsverfahren für Ausbauprojekte

Phase des Projekts	Anzahl und Art der Genehmigung	Genehmigungsbehörde
Generelles Projekt, GP	1 Entscheid	Bundesrat
Ausführungsprojekt, AP	1 Plangenehmigungsverfügungen	UVEK
Detailprojekt, DP	In der Regel 1 Genehmigung pro Inventarobjekt	ASTRA

Quelle: Weisung für Kostenvoranschläge ASTRA (Seite 3)

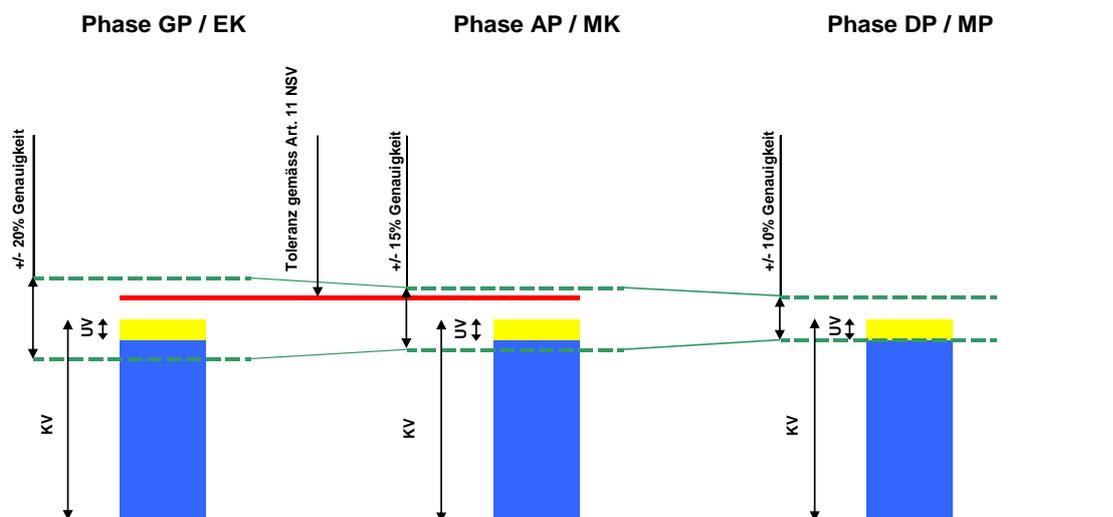
Tabelle 13 Genehmigungsverfahren Unterhaltsprojekte

Phase des Projekts	Anzahl Bewilligung	Genehmigungsbehörde
Globales Erhaltungskonzept	1 Genehmigung	ASTRA
Massnahmenkonzept	1 Genehmigung	ASTRA
Massnahmenprojekt	In der Regel 1 Genehmigung pro Inventarobjekt	ASTRA

Quelle: Weisung für Kostenvoranschläge ASTRA (Seite 3)

Die Kostenvoranschläge (KV) bestehen aus den Teilen Projektierung, Landerwerb, Realisierung, Unvorhergesehenes/Diverses (UV) und der Mehrwertsteuer. Der Teil UV macht 10% des KV aus und beinhaltet Vergabeerfolge oder Misserfolge sowie Kosten infolge technischer Probleme zum Beispiel geologische Probleme. Grosse Projektanpassungen in einer Phase gehören nicht dazu (Abbildung 24).

Abbildung 24 Planungsgenauigkeit nach Projektphasen



Quelle: (ASTRA, 2010)

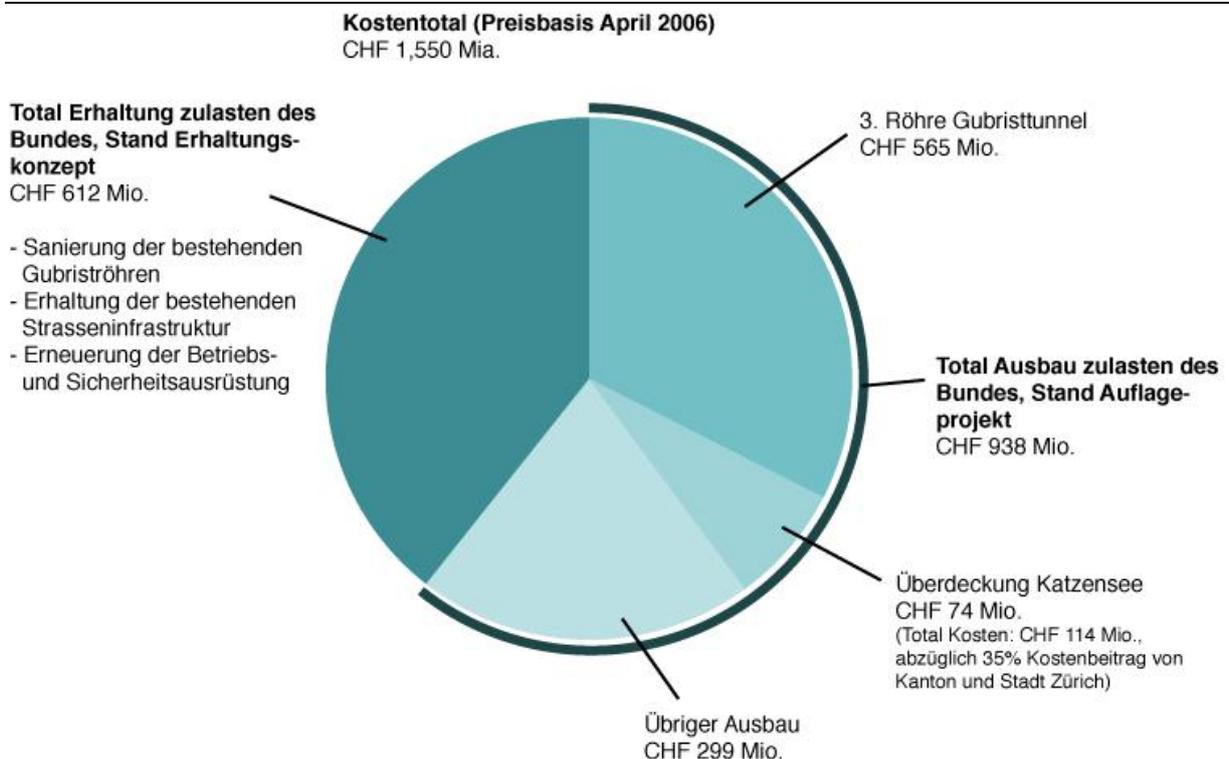
## 5.2 Projektuntersuchungen

Um die Neubaukosten der Schweiz zu verifizieren, ist es interessant die Kosten pro Kilometer einiger Autobahnprojekte mit unseren Daten für den Neubau zu vergleichen. So hat zum Beispiel auf dem neuen Autobahnabschnitt der A4 im Knonaueramt ein Kilometer ungefähr 82 Millionen gekostet. Spannend wäre hier der Vergleich mit weiteren Projekten gewesen, allerdings konnte das ASTRA nur beschränkt solche Daten vorlegen. So ist es nur an wenigen Beispielen möglich zu überprüfen ob die Kostenschranken des Projektierungsverfahrens des ASTRA in den einzelnen Projektphasen eingehalten werden.

### 5.2.1 Nordumfahrung Zürich

Die Nordumfahrung zählt mit 100'000 Fahrzeugen pro Tag zu einem der dichtest befahrenen Autobahnstücke der Schweiz. Schon heute ist dieser Teil an manchen Stunden überlastet. Um diesen Engpass zu beseitigen wird neben einem Erhaltungsprojekt ein Ausbau der Autobahn realisiert. Das Ausbauprojekt besteht zum einen Teil aus optimierten Anschlüssen in Weiningen und Zürich-Affoltern. Kern des Ausbaus ist die Erweiterung auf drei Spuren. Dafür wird ein dritter Tunnel durch den Gubrist realisiert. Den grössten Anteil der Kosten machen mit rund einem Drittel die Erhaltungsmassnahmen aus (ASTRA, 2013).

Abbildung 25 Kostenanteile des Projekts Nordumfahrung Zürich



Quelle: ASTRA (2009)

### **5.2.2 Autobahnabschnitt Härkingen-Wiggertal**

Der neun Kilometer lange Autobahnteil zwischen Härkingen und Wiggertal stösst an seine Kapazitätsgrenze. Der Schnittpunkt von A1 und A2 macht diesen Autobahnteil zu einem wichtigen Knoten im schweizerischen Nationalstrassennetz. Um den Verkehrsfluss weiter zu garantieren wird die Kapazität des Teilstücks von heute 80'000 Fahrzeugen pro Tag auf 120'000 Fahrzeugen pro Tag ausgebaut. Somit kann der prognostizierte Verkehr bis 2030 aufgenommen werden. Neben dem Ausbau wird ein Erhaltungsprojekt sowie eine Anpassung an heutige Umwelt- und Sicherheitsnormen realisiert (ASTRA, 2013).

### **5.2.3 Autobahnabschnitt Fildern-Knonau**

Im November 2009 wurde das letzte Stück der A4 durch das Knonaueramt zwischen Fildern und Knonau in Betrieb genommen. Die A4 verbindet nun lückenlos die Zentralschweiz mit Zürich. Das 15.9 Kilometer lange Teilstück konnte nach 8 Jahren Bauzeit fertiggestellt werden und entlastet nun das Sihltal und das Knonaueramt vom Transitverkehr. Zum Schutz der anliegenden Bevölkerung vor Lärmemissionen wurde die Trasse auf weiten Teilen vertieft. Als weitere Massnahme gegen Emissionen wurde der rund 5 Kilometer lange Islisbergtunnel realisiert. Dieser macht mit 617 Millionen Franken mehr als die Hälfte der gesamten Projektkosten aus. Ein weiterer Kunstbau ist die 290 Meter lange Zwillingsbrücke über das Jonental. Auch diese wurde mit Lärmschutzwänden versehen. Der totale Kunstbauanteil liegt somit bei 33% (Neue Zürcher Zeitung, 2009).

### **5.2.4 Vergleich der untersuchten Abschnitte**

In Tabelle 1 Tabelle 14 sind die Kostenschätzungen und deren Entwicklung für die einzelnen Projekte zusammengefasst. Bei den Abschnitten Nordumfahrung Zürich und Fildern-Knonau, befindet sich die teuerungsbereinigte Differenz im vorgegebenen Rahmen von +/- 20%. Das Projekt Härkingen-Wiggertal ist mit einer Differenz von +44% deutlich teurer als im generellen Projekt geschätzt. Dies ist auf diverse Projektänderungen zurückzuführen.

Mit Kosten von 82.4 Millionen Franken pro Kilometer befindet sich der Abschnitt Fildern-Knonau im erwarteten Bereich. Mit einem Kunstbautenanteil von rund 33% weist diese Neubaustrecke vergleichsweise wenig Tunnel und Brücken für heutige Neubauprojekte auf. Somit sind die circa 40% geringeren Kosten gegenüber dem statistischen Wert von 115 Mio Franken pro Kilometer erklärbar.

Tabelle 14 Kostenvergleich der untersuchten Abschnitte

Projekt	Generelles Projekt	Ausführungsprojekt	Detailprojekt	Differenz
Nordumfahrung Zürich	1.526 Mia	1.419 Mia	1.538 Mia	+1%
Härkingen- Wiggertal	146.6 Mio	169.3 Mio	211 Mio	+44%
Fildern-Knonau	1.285 Mia	1.141 Mia	1.105 Mia	-14%

Quelle: Daten von Astra (eigene Darstellung)

## 6. Fazit

Vergleicht man die Kosten der Schweiz, Deutschlands und der U.S.A., so sieht man, dass das dichtest besiedelte Land - die Schweiz - mit den grössten Terrain-Unterschieden sowohl im Neubau als auch im Unterhalt die höchsten Kosten zu tragen hat. Dies liegt daran, dass seine geo- und demographischen Eigenschaften viele Kunstbauten nötig machen. Vor allem im Bereich von Stadtumfahrungen besteht häufig eine Massierung von Kunstbauten. Nebst Tunnel und Brücken müssen in Städten und auch anderen dicht besiedelten Gebieten wie dem Mittelland teure Lärmschutzmassnahmen realisiert werden.

Der gewählte statistische Ansatz hat sich im Verlauf der Arbeit aus zwei Gründen als nicht optimal erwiesen um die effektiv entstehenden Kosten pro Kilometer Autobahn zu berechnen. Zum einen fehlen für die Betrachtung längerer Zeiträume oft die Daten als Grundlage. Und zum anderen sind die ermittelten Kosten auch immer von finanzpolitischen Entscheiden abhängig. So sind tiefe Unterhaltskosten nicht zwingend die Folge guter Planung oder eines effizienten Neubaus, sondern können auch auf Grund von straffen Budgets der Regierungen entstehen und schlecht unterhaltene Systeme zur Folge haben. Um die effektiven Kosten für Neubauten und den Unterhalt zu finden, ist eine projektbezogene Analyse sicher präziser. Dafür werden allerdings Angaben, wie Unterhaltszyklus und totale Projektkosten, benötigt, die nur in eingeschränktem Rahmen zur Verfügung stehen.

Als Vorteil dieser Methode kann sicher betrachtet werden, dass die Kosten mit deutlich geringerem Aufwand abgeschätzt werden können, als mit einer projektorientierten Methode. Durch die Zusammenfassung aller Projekte in eine Jahresabrechnung entsteht automatisch ein Durchschnittswert über alle Projekte des abgelaufenen Jahres. So dass man über mehrere Jahre hinweg vergleichbare Daten erhält.

## 7. Literaturverzeichnis

ASTRA (2005) Internetliste aller Tunnels

[http://www.astra.admin.ch/themen/nationalstrassen/00530/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,Inp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDdH92gmym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn63Dde%26download%3DNHzLpZeg7t%2CInp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDdH92gmym16](http://www.astra.admin.ch/themen/nationalstrassen/00530/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,Inp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDdH92gmym162epYbg2c_JjKbNoKSn63Dde%26download%3DNHzLpZeg7t%2CInp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDdH92gmym16), Bundesamt für Strassen, Bern.

ASTRA (2009) A1 Nordumfahrung Zürich. Abgerufen am 4. Juni 2013 von Ausbauprojekt:

<http://www.nordumfahrung.ch/ausbauprojekt/kostenrahmen/>, Bundesamt für Strassen, Bern.

ASTRA (2010) Umgang mit den Kostenvoranschlägen in den Projektphasen, Bundesamt für Strassen, Bern.

ASTR. (2013) Ein Engpass wird beseitigt, [http://www.a1-haerkingen-wiggertal.ch/in\\_k%C3%BCrze](http://www.a1-haerkingen-wiggertal.ch/in_k%C3%BCrze), Bundesamt für Strassen, Bern.

ASTRA (2013) A1 Nordumfahrung Zürich – Projektübersicht,

<http://www.astra.admin.ch/autobahnschweiz/01150/01483/01486/02093/index.html?lang=de>, Bundesamt für Strassen, Bern.

Bau- Verkehrs- und Energiedirektion Kanton Bern (2008) ZMB Bern Gesamtsynthese,

[http://www.bve.be.ch/bve/de/index/mobilitaet/mobilitaet\\_verkehr/mobilitaet/agglomerationsverkehr/verkehrstraegeruebergreifendegrossprojekte.assetref/content/dam/documents/BVE/GS/de/Abteilung-Gesamtmobilit%C3%A4t\\_ZMB-Bern-Gesamtsynthese-schlussbericht.pdf](http://www.bve.be.ch/bve/de/index/mobilitaet/mobilitaet_verkehr/mobilitaet/agglomerationsverkehr/verkehrstraegeruebergreifendegrossprojekte.assetref/content/dam/documents/BVE/GS/de/Abteilung-Gesamtmobilit%C3%A4t_ZMB-Bern-Gesamtsynthese-schlussbericht.pdf), Bau- Verkehrs- und Energiedirektion, Bern.

BfS (2010) Räumliche Verteilung: Agglomerationen, Stadt und Land,

[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/key/raeumliche\\_verteilung/agglomerationen.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/key/raeumliche_verteilung/agglomerationen.html), Bundesamt für Statistik, Bern.

BfS (2013) Nationalstrassen nach Kanton: Gesamtlänge nach Strassentypen,

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/lexikon/lex/0.Document.21279.xls>, Bundesamt für Statistik, Bern.

BfS (2013) Kartengalerie Schweiz – Bevölkerungsstand,

[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/thematische\\_karten/maps/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/0/bevoelkerungsstand.parsys.9788.PhotogalleryDownloadFile1.tmp/kcb01.128.pdf](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/thematische_karten/maps/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/0/bevoelkerungsstand.parsys.9788.PhotogalleryDownloadFile1.tmp/kcb01.128.pdf), Bundesamt für Statistik, Bern.

UVEK (2011) Medienmitteilung,

<http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=37312>, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern.

BMVBS (2013) Das Klima von Deutschland,

[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_klima\\_umwelt\\_ueberwachung\\_deutschland&\\_state=maximized&\\_windowLabel=T38600134241169726338086](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_ueberwachung_deutschland&_state=maximized&_windowLabel=T38600134241169726338086), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.

BMVBS (2013) Entwicklung der Autobahnen in Deutschland seit der Wiedervereinigung.

<http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/entwicklung-der-autobahnen-in>

- deutschland-seit-der-wiedervereinigung.html, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.
- BMVBS (2013) Investitionen in die Bundesfernstrassen, <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/investitionen-in-die-bundesfernstrassen.html?nn=36118>, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.
- Duchoud, J.-B. (2013), Bereichsleiter Investitionscontrolling, Bereich Strasseninfrastruktur, ASTRA (S. Wampfler, Interviewer).
- Eidegnössische Zollverwaltung (2012) Mineralölsteuer, [http://www.ezv.admin.ch/zollinfo\\_firmen/04020/04256/04263/index.html?lang=de](http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/04020/04256/04263/index.html?lang=de), Eidgenössische Zollverwaltung, Bern
- EDA (2013) Geografie der Schweiz, [www.swissworld.org](http://www.swissworld.org), Eidgenössisches Departement für Äusseres, Bern.
- EZB (2013) Swiss Franc, <http://www.ecb.int/stats/exchange/eurofxref/html/eurofxref-graph-chf.en.html>, Europäische Zentralbank, Frankfurt
- Fachgruppe für Untertagbau (2013) Tunneldatenbank, <http://www.swisstunnel.ch/Tunneldatenbank.68.0.html?&L=class%3Dactive>, Fachgruppe für Untertagbau, Esslingen
- FHWA (1970-2010) Highway Statistics Series, <http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics.cfm>, Federal Highway Administration, Washington
- Gätzi, M. (2004) Raumstruktur und Erreichbarkeit, *Diplomarbeit*, IVT ETH Zürich.
- Google (2013) Google Finance Swiss Franc / USD, <http://www.google.com/finance?q=CURRENCY%3ACHF&sq=swiss%20franc&sp=1&ei=3s2tUdiLOMaPwAO4Xw>
- Koller, H. (2010a) Finanzierung der Strasseninfrastrukturen, *Strassenverkehr 4/2010*, 37-40.
- Koller, H. (2010b) Zukünftige Entwicklung der Strasseninfrastruktur, [http://www.strasseschweiz.ch/dcs/users/2/Kuenftige\\_Entwicklung\\_Strasseninfrastruktur.pdf](http://www.strasseschweiz.ch/dcs/users/2/Kuenftige_Entwicklung_Strasseninfrastruktur.pdf)
- MeteoSchweiz. (2008). Das Klima der Schweiz - eine kurze Übersicht, [http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima\\_schweiz/klima\\_schweiz\\_uebersicht.html](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/klima_schweiz_uebersicht.html)
- National Climatic Data Center (2013) National Climatic Data Center, <http://www.ncdc.noaa.gov/>
- Neue Zürcher Zeitung. (2009) A4 im Knonaueramt mit Festakt eröffnet, <http://www.nzz.ch/aktuell/startseite/a4-im-knonaueramt-mit-festakt-eroeffnet-1.4011961>.
- Neue Zürcher Zeitung (2012) Leuthard plant Strassenfonds mit Steuererhöhung, <http://www.nzz.ch/aktuell/schweiz/leuthard-plant-strassenfonds-mit-steuererhoehung-1.17863872>
- Noßke, T. (2007) Autobahnbau in Deutschland, [http://www.hs-merseburg.de/~nosske/Epochell/va/e2v\\_rab1.html](http://www.hs-merseburg.de/~nosske/Epochell/va/e2v_rab1.html)

OECD (2012) Taxation of mineral oils,

[https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.oecd.org%2Ftax%2Ftax-policy%2FTable%25205.4%2520Taxation%2520of%2520mineral%2520oils.xls&ei=2ZusUcu8L6i34ATGmYDQCg&usq=AFQjCNH8RdFaVKB\\_8jc\\_RtFtKb2qGVzc8A&bvm](https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.oecd.org%2Ftax%2Ftax-policy%2FTable%25205.4%2520Taxation%2520of%2520mineral%2520oils.xls&ei=2ZusUcu8L6i34ATGmYDQCg&usq=AFQjCNH8RdFaVKB_8jc_RtFtKb2qGVzc8A&bvm)

Schweizerische Bundeskanzlei (1960) Bundesgesetz vom 8. März 1960 über die Nationalstrassen, Bern

Schweizerische Bundeskanzlei (2013) Eidgenössische Volksinitiative 'Verbesserung des Strassennetzes', Bern

Statista (2013) Statistiken zu den Straßen in Deutschland,

<http://de.statista.com/themen/1199/strassen-in-deutschland/>

Statista (2013) Bevölkerung in Deutschland,

<http://de.statista.com/statistik/faktenbuch/338/a/laender/deutschland/bevoelkerung-in-deutschland/>

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2012) Gebiet und Bevölkerung,

[http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de\\_jb01\\_jahrtab1.asp](http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb01_jahrtab1.asp)

Statistisches Bundesamt (1970-2010) Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland,

[https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch\\_\\_AeltereAusgaben.html](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch__AeltereAusgaben.html)

Statistisches Bundesamt. (2010-1990) Statistische Jahrbuch,

[https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch\\_\\_AeltereAusgaben.html](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch__AeltereAusgaben.html)

Strohkark, I (2013) Zur Geschichte der Autobahn,

<http://www.wabweb.net/verkehr/frames/abhistDf.htm>

United States Census Bureau (2013) Population Density 2011,

[http://www.census.gov/popest/data/maps/2011/PopDensity\\_11.jpg](http://www.census.gov/popest/data/maps/2011/PopDensity_11.jpg)

United States Census Bureau (2013) U.S. and World Population Clock,

<http://www.census.gov/popclock/#dateselect>

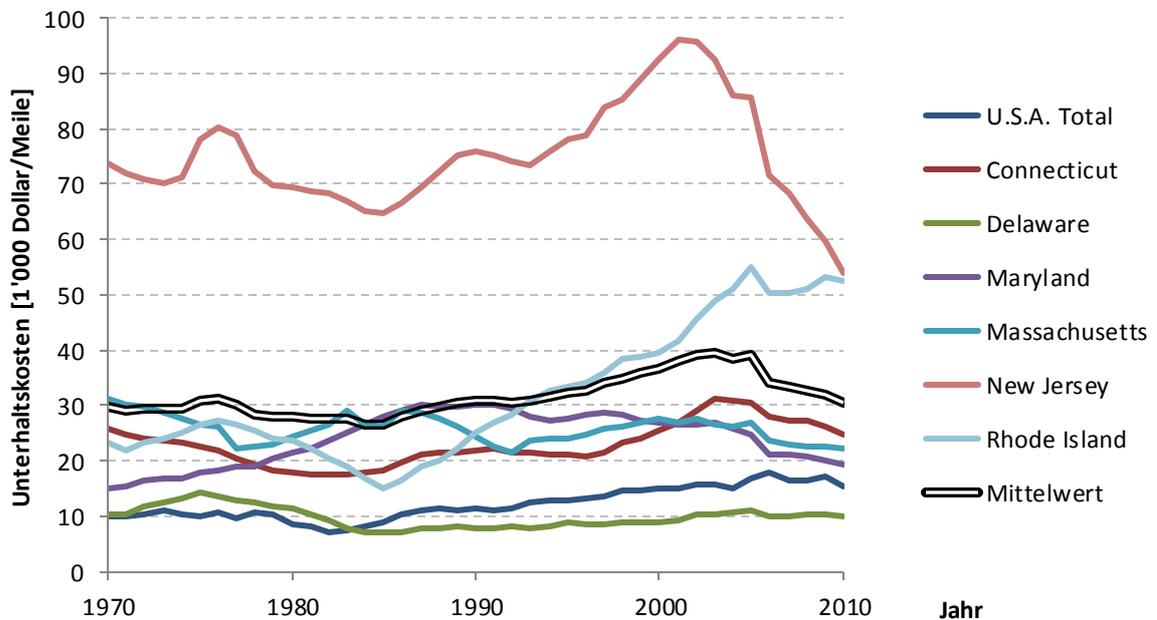
Weingroff, R. F. (2011). Federal Highway Administration,

<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/96summer/p96su10.cfm> abgerufen

## Anhang A

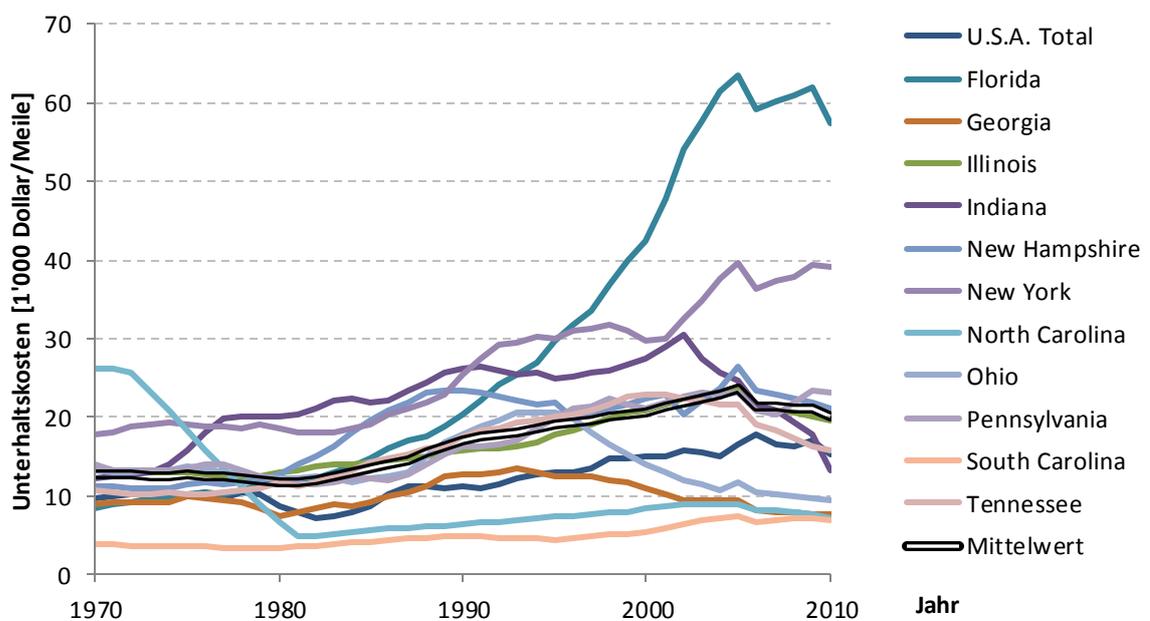
### Unterhaltskosten State Highways

Abbildung 26 Unterhaltskosten Gruppe 1



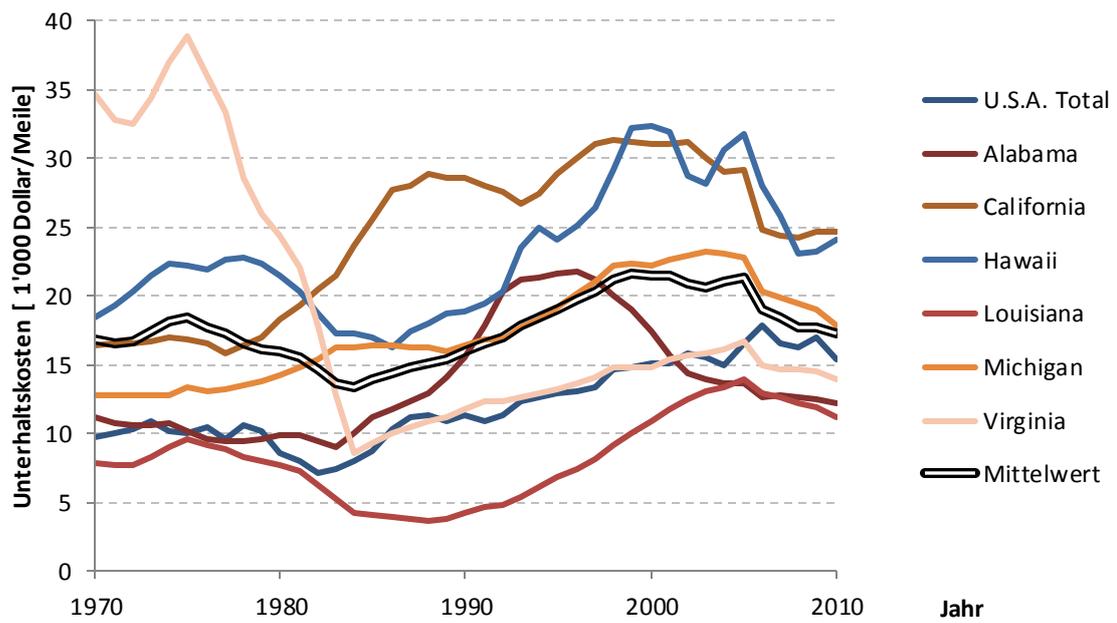
Quelle: Federal Highway Administration (1970-2010) (eigene Darstellung)

Abbildung 27 Unterhaltskosten Gruppe 2



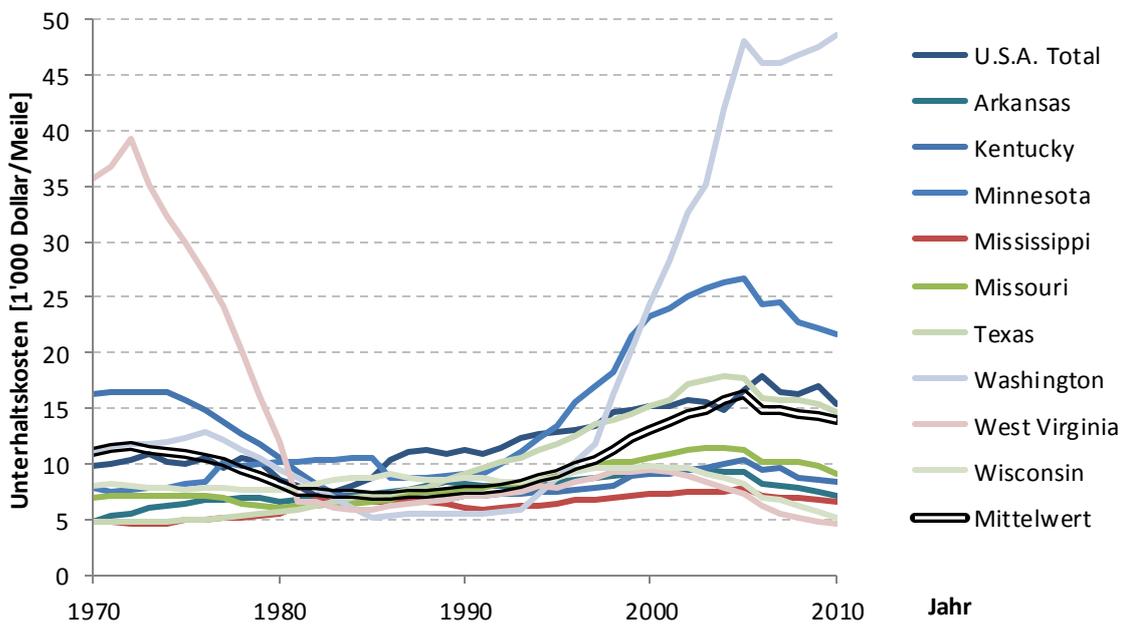
Quelle: Federal Highway Administration (1970-2010) (eigene Darstellung)

Abbildung 28 Unterhaltskosten Gruppe 3



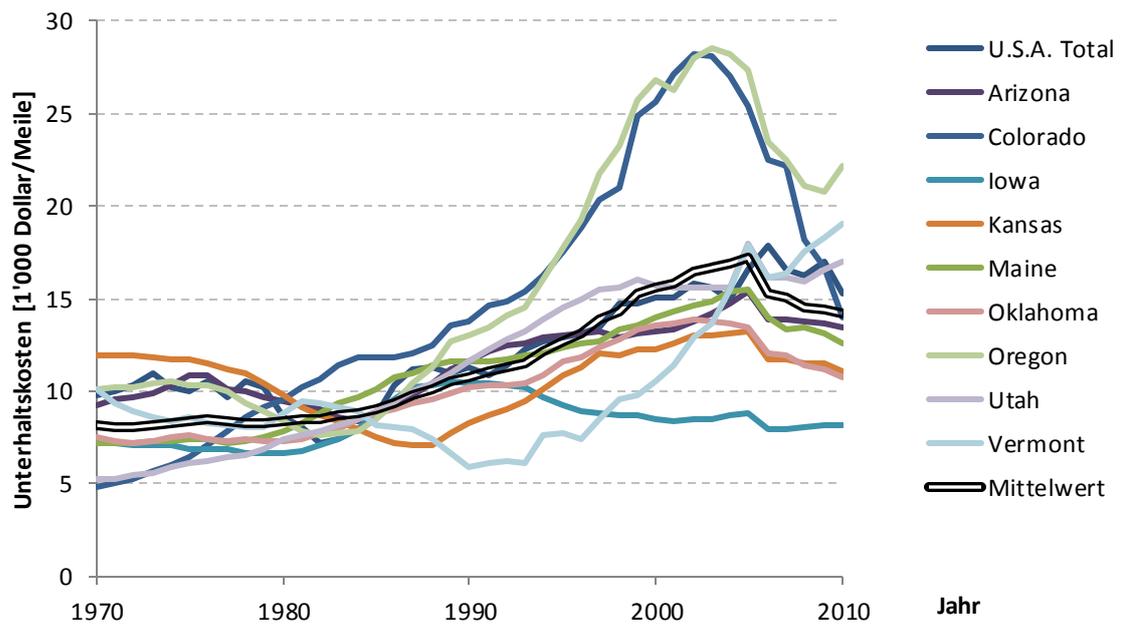
Quelle: Federal Highway Administration (1970-2010) (eigene Darstellung)

Abbildung 29 Unterhaltskosten Gruppe 4



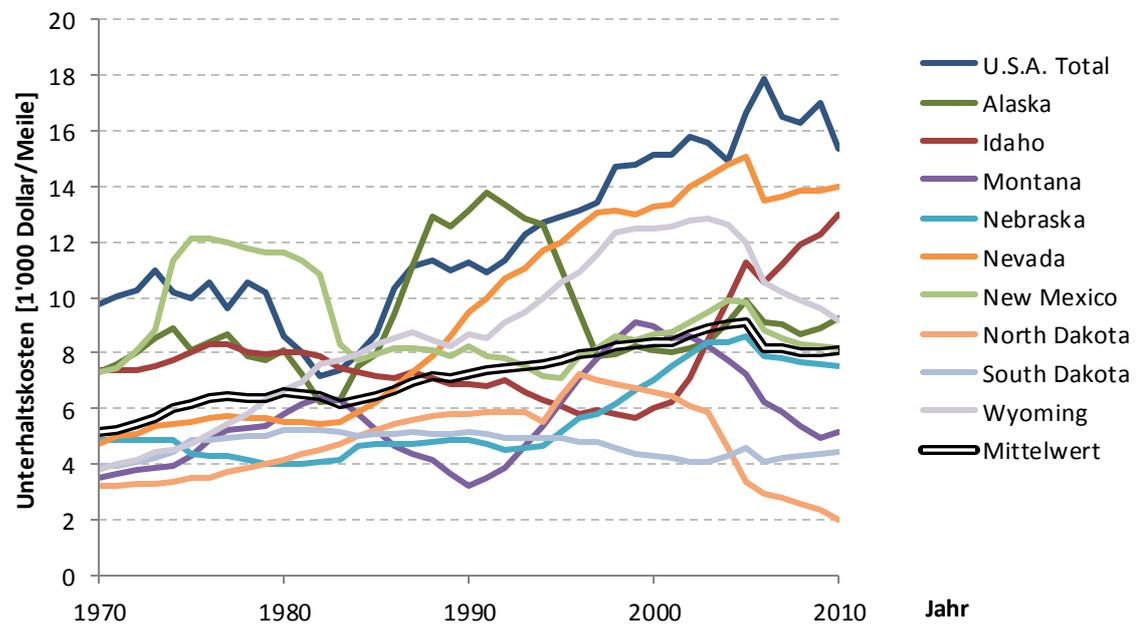
Quelle: Federal Highway Administration (1970-2010) (eigene Darstellung)

Abbildung 30 Unterhaltskosten Gruppe 5



Quelle: Federal Highway Administration (1970-2010) (eigene Darstellung)

Abbildung 31 Unterhaltskosten Gruppe 6



Quelle: Federal Highway Administration (1970-2010) (eigene Darstellung)