



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Strassen ASTRA

Dokumentation

Ausgabe 2015 V1.00

Energiebericht 2014

Energieverbrauch zum Betrieb der Nationalstrassen

ASTRA 86110

ASTRA OFROU USTRA UVIAS

Impressum

Autoren / Arbeitsgruppe

Adrian Gloor	(ASTRA, Vorsitz)
Martin Wyss	(ASTRA)
Michel Mueller	EBP AG
Roberto Bianchetti	EBP AG
Joséphine Zumwald	EBP AG
Peter de Haan	EBP AG

Übersetzung

	(Originalversion in Deutsch)
Sprachdienste ASTRA	(französische Übersetzung und italienische Übersetzung)

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch herunter geladen werden.

© ASTRA 2015

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Die Energie ist ein wichtiger Faktor für eine florierende Wirtschaft. Dieses Thema muss als Ganzes betrachtet werden, da viele verschiedene Partner beteiligt sind.

Das ASTRA will mit diesem Energiebericht, seinen Teil an Information für die Energiepolitik liefern. Die Zahlen sollen auch die Bemühungen und Fortschritte aufzeigen, welche das ASTRA bei der laufenden Reduktion des Energieverbrauchs erreicht hat.

Bundesamt für Strassen

Jürg Röthlisberger
Direktor

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
	Vorwort.....	3
1	Einleitung	7
1.1	Zweck der Dokumentation	7
1.2	Geltungsbereich	7
1.3	Adressaten	7
1.4	Inkrafttreten und Änderungen	7
2	Zusammenfassung	8
3	Einführung	10
3.1	Ausgangslage und Ziel.....	10
3.2	Abgrenzung.....	10
4	Methode.....	11
4.1	Grundlagen.....	11
4.2	Vorgehen.....	11
5	Das Schweizer Nationalstrassennetz.....	13
5.1	Übersicht Nationalstrassen	13
5.2	Offene Strecken	14
5.3	Tunnel	14
5.4	Weitere Anlagen.....	14
6	Energieverbrauch.....	15
6.1	Übersicht Strom- und Treibstoffverbrauch	15
6.2	Auswertungen zum Stromverbrauch.....	16
6.2.1	Verbrauch nach Streckentyp.....	16
6.2.2	Verbrauch nach Verwendungszwecken.....	19
6.2.3	Stromqualität	19
7	Energiekosten.....	21
7.1	Übersicht Strom- und Treibstoffkosten	21
7.2	Stromkosten nach Streckentyp	22
8	Gotthard-Strassentunnel.....	24
9	Fazit	25
	Anhänge	27
	Glossar	33
	Literaturverzeichnis	34
	Auflistung der Änderungen.....	35

1 Einleitung

1.1 Zweck der Dokumentation

Die Dokumentation „Energiebericht 2014“ liefert die Energiezahlen welche für den Betrieb der Nationalstrasse benötigt werden. Darin enthalten sind die elektrische Energie, wie auch teilweise die fossilen Brennstoffe. Der Energieverbrauch, welcher aus den Projekten resultiert, wird dabei nicht berücksichtigt.

1.2 Geltungsbereich

Der Energiebericht 2014 führt die Bestandsaufnahme des Energieberichts 2011 weiter. Die Resultate bilden die Grundlage für die Erfolgskontrolle von Massnahmen im Bereich Energieeffizienz und Energiebeschaffung.

1.3 Adressaten

Die Dokumentation richtet sich an alle Personen, welche Zahlen über den Energieverbrauch für den Betrieb der Nationalstrasse benötigen.

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Dieses Dokument tritt am 23.11.2015 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 35 dokumentiert.

2 Zusammenfassung

Eine effektive und effiziente Energie- und Klimapolitik benötigt belastbare Zahlen zur Energieversorgung. Auch das gesamte Nationalstrassennetz ist für einen sicheren Betrieb auf Energie angewiesen. Mit dem vorliegenden Energiebericht wird der Energieverbrauch zum Betrieb der Nationalstrassen im Jahr 2014 aufgezeigt. Neben dem Stromverbrauch wird auch der Treibstoffverbrauch für den Einsatz von Betriebsfahrzeugen einbezogen.

Die Betriebsenergie für die Nationalstrassen wird von 11 Gebietseinheiten dezentral beschafft. Deren jährliche Rapporte an das ASTRA liefern zentrale Daten für den vorliegenden Energiebericht. Die zweite wichtige Datenquelle ist eine Pilotauswertung der Bezugsstellen elektrischer Energie. Diese Auswertung stützte sich auf Rechnungen der Energieversorgungsunternehmen. Sie wurde als Grundlage für die Optimierung der Energiebewirtschaftung durch das ASTRA durchgeführt. Die Strommarktliberalisierung stellt das ASTRA und die Gebietseinheiten vor Herausforderungen, bietet jedoch auch neue Chancen. Um Potenziale für Kostenreduktionen optimal zu nutzen, sollen in Zukunft zu ausgesuchten Bezugsstellen periodisch Daten erhoben werden.

Der Energiebericht zeigt die Struktur und die Menge der nötigen Energie zum Betrieb der Nationalstrassen. Er dient als Grundlage für die Erfolgskontrolle der Massnahmen im Bereich Energieeffizienz und Energiebeschaffung. Die folgende Abbildung fasst die Hauptresultate für das Jahr 2014 zusammen: Der Stromverbrauch ist deutlich wichtiger als der Verbrauch an Treibstoffen. Als Streckenkategorie dominieren die Tunnel, obwohl sie nur einen geringen Anteil an der Länge des Nationalstrassennetzes einnehmen. Beim Betrieb der Tunnel ist die Beleuchtung der wichtigste Verwendungszweck mit knapp 60% des Stromverbrauchs.

Betrieb der Nationalstrassen 2014

GESAMTENERGIEVERBRAUCH 169 GWh

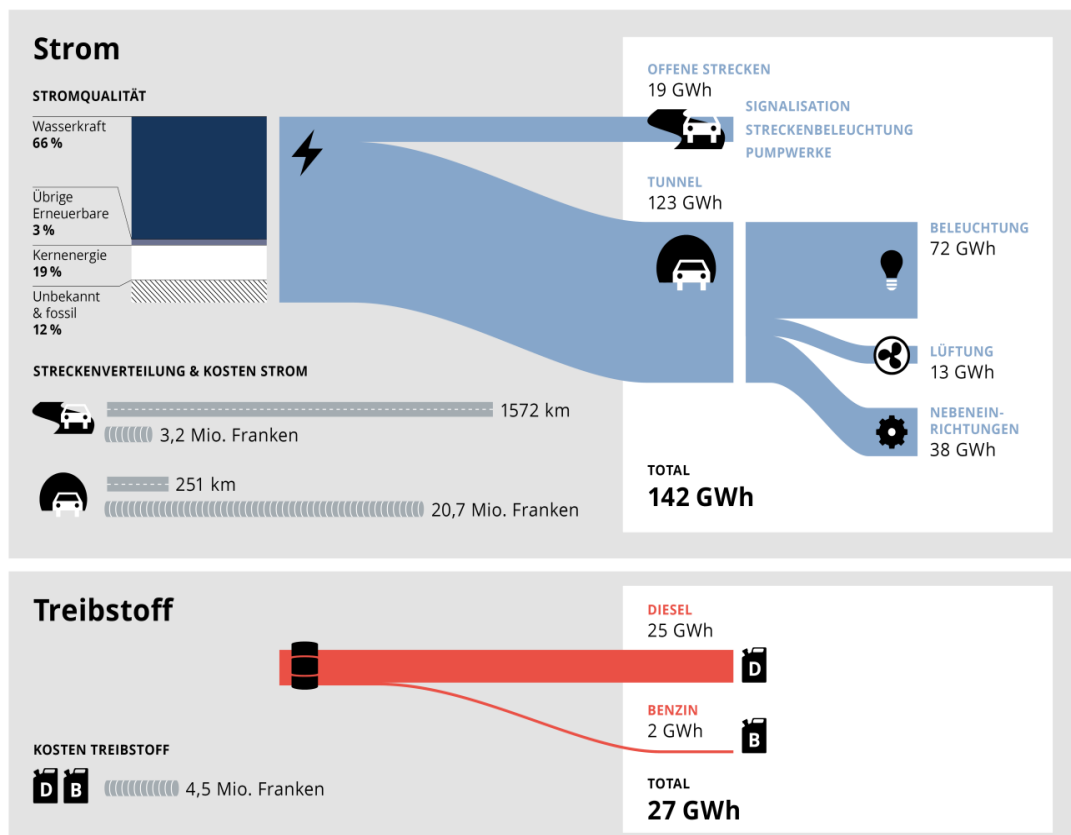


Abb. 2.1

Im Zeitraum von 2009 bis 2014 haben sich der Stromverbrauch und die damit verbundenen

Kosten in die gewünschte Richtung entwickelt. Zwar liegen Verbrauch und Kosten im Jahr 2014 höher als 2009. Ein Maximum wurde jedoch 2012 erreicht und in den Folgejahren konnten sowohl Verbrauch und Kosten reduziert werden. Ein Hinweis, dass erste Massnahmen des ASTRA greifen. Verbessert wurde die Effizienz des Energieeinsatzes: Dies wird insbesondere ersichtlich, wenn Verbrauch und Kosten auf den Kilometer Fahrleistung bezogen werden. Der Mehrverkehr führt dabei nicht zu einem proportionalen Anstieg von Verbrauch und Kosten, wie folgende Abbildung zeigt.

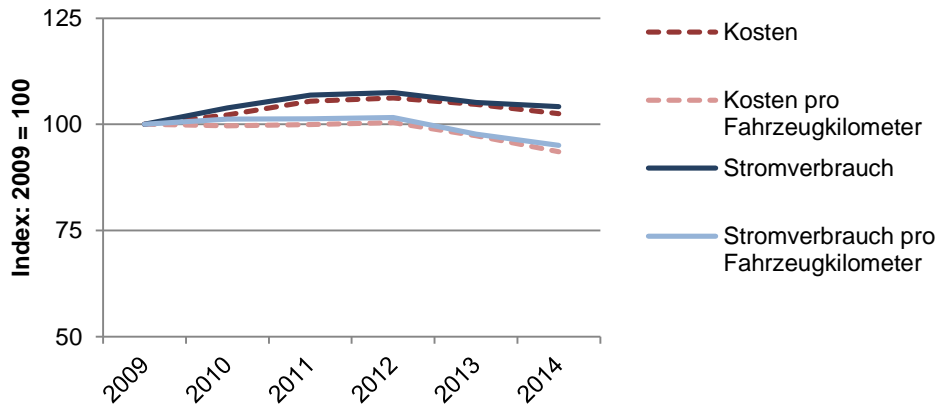


Abb. 2.2

Ein Vergleich des Energieverbrauchs für den Betrieb der Nationalstrassen mit dem Verbrauch für den Fahrzeugbetrieb zeigt die Grössenordnungen auf. Bezieht man den gesamten Energieverbrauch 2014 auf die Fahrleistung auf den Nationalstrassen, ergibt dies einen spezifischen Verbrauch von 0.63 kWh pro 100 Fahrzeugkilometer. Eine Schätzung des mittleren Verbrauchs für den Fahrzeugbetrieb ergibt 134 kWh pro 100 Fahrzeugkilometer (abgeschätzt mit dem Treibstoffverbrauch 2014 und den Fahrleistungen des Personen- und Güterverkehrs auf der Strasse im 2013). Der Vergleich ist in folgender Abbildung grafisch dargestellt.

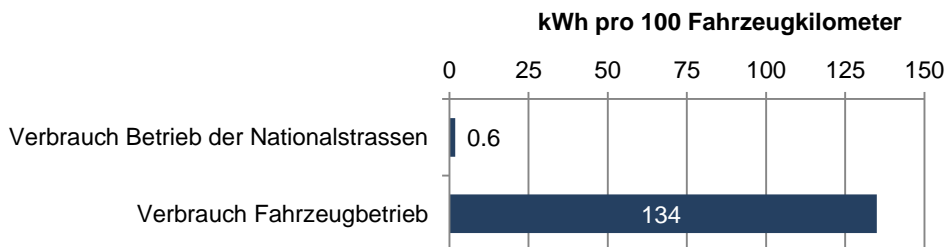


Abb. 2.3

Die Pilotauswertung von 1'200 Bezugsstellen hat sich als sehr geeignete Grundlage für die Energieberichterstattung erwiesen. In Zukunft sollen die 200 Bezugsstellen mit dem grössten Stromverbrauch periodisch ausgewertet werden. Diese beschreiben über 90% des gesamten Stromverbrauchs für den Betrieb der Nationalstrassen. Daten zu diesen 200 Bezugsstellen eignen sich damit ausgezeichnet für eine pragmatische Erhebung der detaillierten Auswertungen zur Struktur des Stromverbrauchs.

Mit einer periodischen Bestandsaufnahme des Energieverbrauchs für den Betrieb der Nationalstrassen kann die mittel- und langfristige Entwicklung des Energieverbrauchs, seine Struktur und die damit verbundenen Kosten aufgezeigt werden. Für das weitere Vorgehen wird eine Kombination einer jährlichen Aktualisierung der wichtigsten Kenngrössen mit detaillierten Auswertungen alle 2 bis 5 Jahre empfohlen. Die detaillierten Auswertungen können dabei Aspekte wie Stromqualität, Verwendungszwecke und Struktur des Stromverbrauchs abdecken.

3 Einführung

3.1 Ausgangslage und Ziel

Im 2011 haben Bundesrat und Parlament im Grundsatz den Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen. Um dies umzusetzen ist ein schrittweiser Umbau des Schweizer Energiesystems erforderlich. Dafür hat der Bundesrat die Energiestrategie 2050 erarbeitet, mit der im gesamten Energiesystem die Energieeffizienz und der Anteil erneuerbarer Energieträger stark gesteigert werden sollen [5].

Die Diskussionen um die Energiestrategie 2050 und die Entwicklungen in der nationalen und internationalen Energie- und Klimapolitik führen zu einem generell gesteigerten Interesse an einer Optimierung der Energieversorgung. Beim Betrieb der Nationalstrassen sind zwei Grundaufgaben energierelevant:

1. Die für den Betrieb im Alltag benötigte Energie: Dies umfasst insbesondere den Stromverbrauch zur Beleuchtung und Belüftung von Tunneln. Weiter betrachtet wird der Treibstoffverbrauch, z.B. für die Grünpflege. Für die Beschaffung dieser Energie sind die 11 Gebietseinheiten der Nationalstrassen zuständig. Dazu bestehen Leistungsvereinbarungen zwischen den Gebietseinheiten und dem ASTRA. Mit dem Energiebericht 2011 [1] wurden diese dezentral beschafften Energiemengen erstmals zusammengefasst. Mit dieser ersten Bestandsaufnahme konnte die Menge und Struktur der für den Betrieb der Nationalstrassen verbrauchten Energie aufgezeigt werden.
2. Die strategische Planung: Das ASTRA legt mittel- und langfristig mit Richtlinien neue Rahmenbedingungen für die Energiebeschaffung und Energieeffizienz fest. Mit diesen soll den Herausforderungen und Chancen einer neuen Marktsituation begegnet werden, die vor allem durch das Stromversorgungsgesetz [3] gegeben ist. Zentral ist dabei insbesondere der freie Marktzugang für Endverbraucher mit einem Jahresverbrauch von mehr als 100'000 kWh. Die wichtigsten Grundlagen und Empfehlungen zur Optimierung der Energiebewirtschaftung werden in zwei neuen Dokumentationen des ASTRA erarbeitet. Eine wichtige Grundlage für deren Erarbeitung war eine Datenerhebung der 1'200 Bezugsstellen, mit denen die elektrische Energie für den Betrieb der Nationalstrassen bereitgestellt wird. Diese Verbrauchsdaten wurden über Rechnungen erhoben (vgl. Kapitel 2).

Der Energiebericht 2014 führt die Bestandsaufnahme des Energieberichts 2011 weiter. Die Resultate bilden die Grundlage für die Erfolgskontrolle von Massnahmen im Bereich Energieeffizienz und Energiebeschaffung.

3.2 Abgrenzung

Der Energiebericht 2014 beschreibt den Energieverbrauch zum Betrieb und Unterhalt der Nationalstrassen im Jahr 2014. Dabei wird das gesamte Nationalstrassennetz der Schweiz untersucht. Die folgenden Aspekte werden im Energiebericht 2014 nicht betrachtet:

- Der Energieverbrauch für den Bau von Nationalstrassen (Ausbau, Unterhalt, Engpassbeseitigung, Netzvollendung)
- Die graue Energie und weitere Angaben zur Umweltverträglichkeit einzelner Energieträger
- Verbrauch von Brennstoffen, wie zum Beispiel Heizöl. Dieser Verbrauch ist im Vergleich zum Verbrauch von Strom und Treibstoffen vernachlässigbar.
- Der Energieverbrauch von dritten Leistungserbringern (insb. Treibstoffe)
- Vergleiche zwischen den Gebietseinheiten
- Aussagen zur Energieproduktion

4 Methode

4.1 Grundlagen

Zentrales Resultat einer Energieberichterstattung sind Zeitreihen, die mittel- und langfristige Entwicklungen sichtbar machen. Damit eine wiederkehrende Datenerhebung möglich ist, sollte die Erhebungsmethode mit möglichst geringem Aufwand umsetzbar sein. Neu erhobene Daten sollten konsistent mit vergangenen Erhebungen sein, damit die Daten zusammengefügt werden können. Weiter sollte die Erhebungsmethode bestehende Prozesse berücksichtigen und Synergien nutzen. Bei der Bestimmung der Methode des Energieberichts 2014 standen diese Anforderungen im Vordergrund.

Die zwei wichtigsten Grundlagen des Energieberichts 2011 waren einerseits die jährlichen Rapporte der Gebietseinheiten und andererseits eine speziell für die Energieberichterstattung bei den Gebietseinheiten durchgeführte Umfrage. Die jährlichen Rapporte stehen durch die Berichterstattung der Gebietseinheiten an das ASTRA ohne zusätzlichen Aufwand zur Verfügung. Die Umfrage bei den Gebietseinheiten hat detaillierte Daten zum Energieverbrauch und Kosten der einzelnen Betriebsstrecken erhoben. Dies bedeutete für die Gebietseinheiten einen massgeblichen Aufwand. Beim Energiebericht 2014 wurde deshalb auf eine erneute Umfrage verzichtet.

Mit einer Überarbeitung von zwei Dokumentationen zur Bewirtschaftung der Energieinfrastruktur ([2], [3]) reagiert das ASTRA auf die neuen Herausforderungen und Chancen der Strommarktöffnung. In zwei neuen Dokumentationen werden die ersten Jahre unter der neuen Regelung analysiert, Varianten zum Strombezug aufgezeigt und Empfehlungen für eine optimale Bewirtschaftung der Energieinfrastruktur aufgezeigt. Als Grundlage für diese Arbeiten wurden mit einer Piloterhebung die knapp 1'200 Bezugsstellen untersucht, über welche elektrische Energie für den Betrieb der Nationalstrassen geliefert wird. Detaillierte Daten zu Energielieferung, Kosten der Energielieferung und der Netznutzung und weitere Angaben wurden anhand von Rechnungen für die einzelnen Bezugsstellen systematisch erhoben.

Die erhobenen Rechnungen decken Rechnungsperioden von wenigen Monaten bis zu mehr als 12 Monaten ab. Für die Auswertungen wurden die Daten auf einen Zeitraum von 12 Monaten umgerechnet. Die Rechnungen stammen aus den Jahren 2012 bis 2014 und decken damit nur teilweise den Zeitraum des vorliegenden Energieberichts ab. Zudem besteht die Möglichkeit, dass über einzelne Bezugsstellen auch Energielieferungen an andere Bezüger erfolgen, deren Energieverbrauch nicht dem Betrieb der Nationalstrassen dient.

Trotz diesen Einschränkungen spricht vieles dafür, die Methode der Rechnungen zur Auswertung zu verwenden. Zwar bedeutet die Erhebung und Auswertung von 1'200 Rechnungen einen hohen Aufwand. Jedoch beschreiben bereits die 200 Bezugsstellen mit dem grössten Verbrauch 90% des gesamten Stromverbrauchs. Bei diesen Bezugsstellen handelt es sich auch gleichzeitig um jene, die aufgrund ihres Verbrauchs den Anbieter für die Energielieferung auf dem freien Markt wählen können. Zu diesen 200 Bezugsstellen will das ASTRA in Zukunft regelmässig Daten erheben, um die Optimierung der Energiebewirtschaftung steuern zu können.

Wegen diesen Vorteilen wurden für den Energiebericht 2014 die oben erwähnten Rechnungen ausgewertet und auf eine Umfrage bei den Gebietseinheiten verzichtet. In Zukunft kann sich eine Auswertung des Verbrauchs und der Kosten der für den Betrieb der Nationalstrassen nötigen Energie auf das geplante Monitoring des ASTRA der 200 grössten Bezugsstellen stützen.

4.2 Vorgehen

Abbildung 4.1 zeigt das methodische Vorgehen und die Struktur des Energieberichts 2014.

Grundlegende Datenquellen sind die jährlichen Rapporte der Gebietseinheiten und die Daten zu den Bezugsstellen. Das Mengengerüst der Infrastruktur wurde mit der Publikation „Strassen und Verkehr 2014“ [2] und Einzeldaten zu den Betriebsstrecken beschrieben. Zusätzlich zu den Auswertungen beschreibt Kapitel 7 den Gotthard-Strassentunnel. Damit wird die Struktur des Energieverbrauchs für ein konkretes Beispiel sichtbar.

Der Energiebericht fokussiert auf die Darstellung der Resultate. Bei den Auswertungen wurden fehlende Daten teilweise statistisch ergänzt. Die wichtigsten Annahmen sind im methodischen Anhang beschrieben.

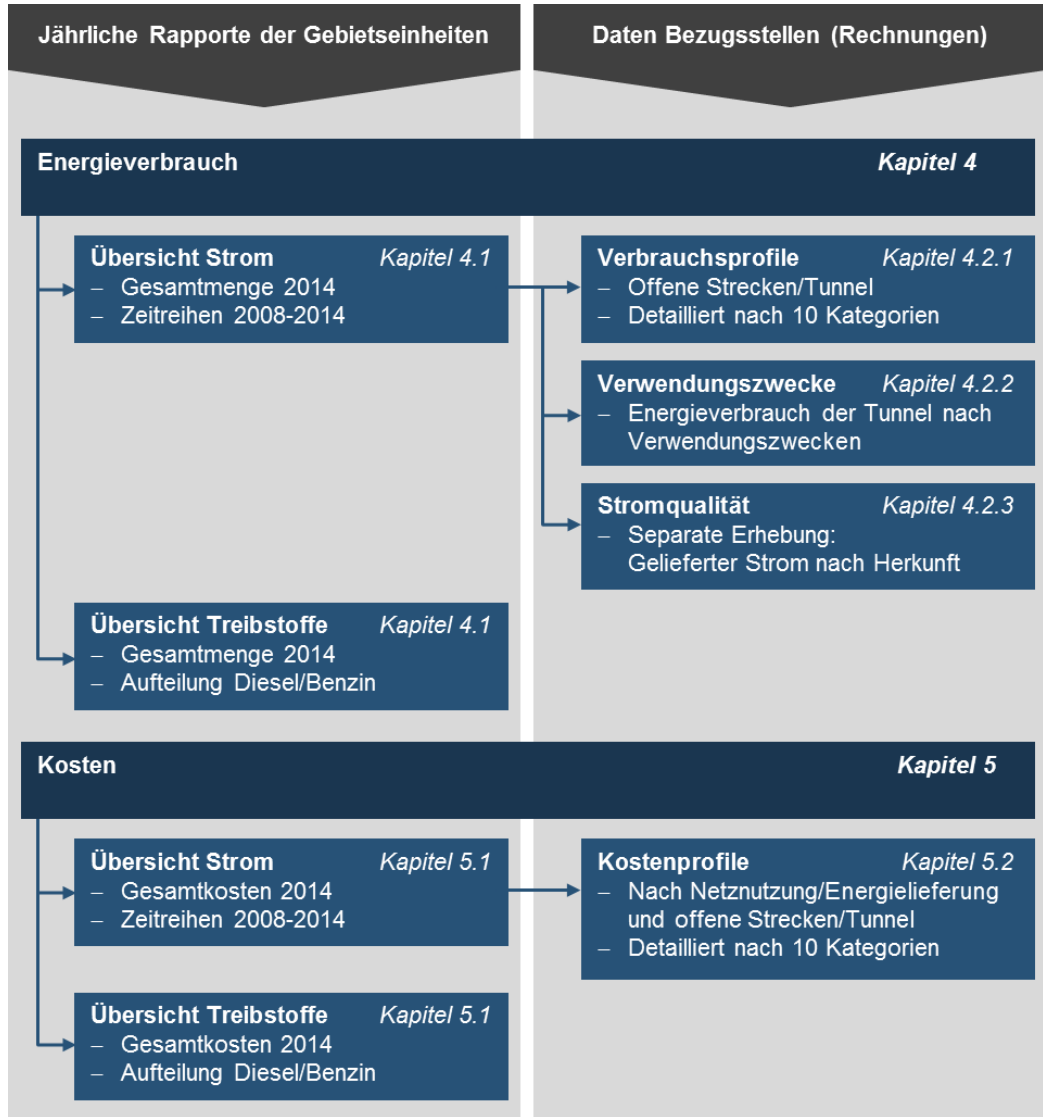


Abb. 4.1 Methodisches Vorgehen und Struktur des Energieberichts 2014

5 Das Schweizer Nationalstrassennetz

5.1 Übersicht Nationalstrassen

Das Schweizer Nationalstrassennetz hatte 2014 eine Länge von insgesamt 1'823 Kilometern. Die Länge des gesamten Schweizer Strassennetzes (National-, Kantons- und Gemeindestrassen) wird auf über 70'000 Kilometer geschätzt [8]. Abbildung 5.1 zeigt die Aufteilung nach Streckentypen. Ein überwiegender Anteil von 86% sind offene Strecken (inkl. Brücken). Die Tunnel machen mit 251 Kilometern 14% aus. Quelle der Daten ist die aktuelle Ausgabe von „Strassen und Verkehr 2014“ des ASTRA [2] und Informationen zu den Tunneln aus dem Teilprogramm Sicherheitsmassnahmen Tunnel [3].

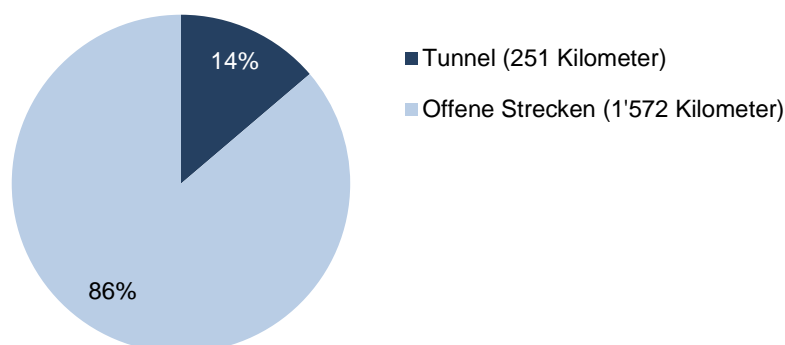


Abb. 5.1 Schweizer Nationalstrassennetz im Jahr 2014

Tabelle 5.1 zeigt die Entwicklung des Schweizer Nationalstrassennetzes für die Jahre 2009 bis 2014. Für den gleichen Zeitraum ist die Entwicklung der Fahrleistung auf den Nationalstrassen gegenübergestellt. Die Netzlänge ist von 2009 bis 2014 um 1.9% gewachsen. Dieser Anstieg wird vom Wachstum der Fahrleistung von 9.6% im gleichen Zeitraum deutlich übertroffen.

Jahr	Netzlänge Kilometer	Offene Strecken Kilometer	Tunnel Kilometer	Fahrleistung Mio. Fahrzeugkilometer
2009	1'789	1'570	219	24'527
2010	1'790	1'570	220	25'161
2011	1'799	1'566	233	25'874
2012	1'809	1'576	233	25'947
2013	1'812	1'575	237	26'386
2014	1'823	1'572	251	26'890

Tab. 5.1 Entwicklung des Nationalstrassennetzes in den Jahren 2009 bis 2014 (Quellen: Publikationen „Strassen und Verkehr“ der Jahre 2010-2015, Informationen zu den Tunneln aus dem Teilprogramm Sicherheitsmassnahmen Tunnel [3])

5.2 Offene Strecken

Tabelle 5.2 zeigt das Mengengerüst der offenen Strecken nach Kategorien gemäss der Anzahl Spuren. Am geläufigsten auf dem Nationalstrassennetz sind vierspurige, offene Strecken mit Richtungsverkehr. Von den 1'572 Kilometern offener Strecke machen diese 79% aus.

Offene Strecken	Objekte	Länge
Gegenverkehr, 2 Spuren	24	18 %
Richtungsverkehr, 4 Spuren	68	79 %
Richtungsverkehr, 6 oder mehr Spuren	3	3 %

Tab. 5.2 Offene Strecken nach Kategorien, Anzahl Objekte und Länge (%)

5.3 Tunnel

Tabelle 5.3 zeigt das Mengengerüst der Tunnel nach Kategorien, die sich anhand der Verkehrsführung, der Anzahl Spuren und der Ausstattung (insbesondere der Lüftung) unterscheiden.

Tunnel	Objekte	Länge
Gegenverkehr und 2 Spuren, ohne Lüftung	16	5 %
Gegenverkehr und 2 Spuren, mit Längslüftung	13	7 %
Gegenverkehr und 2 Spuren, mit Zwischendecke	21	28 %
Richtungsverkehr und 4 Spuren, ohne Lüftung	52	11 %
Richtungsverkehr und 4 Spuren, mit Längslüftung	52	28 %
Richtungsverkehr und 4 Spuren, mit Zwischendecke	16	21 %
Richtungsverkehr und 6 Spuren, mit Längslüftung	1	<1 %

Tab. 5.3 Tunnel nach Kategorien, Anzahl Objekte und Länge (%)

5.4 Weitere Anlagen

Für den Betrieb der Nationalstrassen sind weitere Anlagen notwendig. Dabei handelt es sich um Werkhöfe, Stützpunkte, Grenzzollanlagen und Schwerverkehrszentren (vgl. Tabelle 5.4). Die weiteren Anlagen werden im Energiebericht 2014 nicht betrachtet. Einerseits ist für diese Anlagen eine Abgrenzung des Energieverbrauchs, der für den Betrieb der Nationalstrassen verwendet wird, schwierig. Andererseits ist ihre Relevanz im Hinblick auf den gesamten Energieverbrauch von untergeordneter Bedeutung.

Anlagen	Objekte
Werkhöfe	22
Stützpunkte inklusive Silos	32
Grenzzollanlagen	10
Schwerverkehrszentren	6

Tab. 5.4 Mengengerüst der weiteren Anlagen

6 Energieverbrauch

6.1 Übersicht Strom- und Treibstoffverbrauch

Abbildung 6.1 zeigt den gesamten Energieverbrauch von Elektrizität und Treibstoffen 2014 für den Betrieb der Nationalstrassen. Dieser betrug 169.4 GWh.

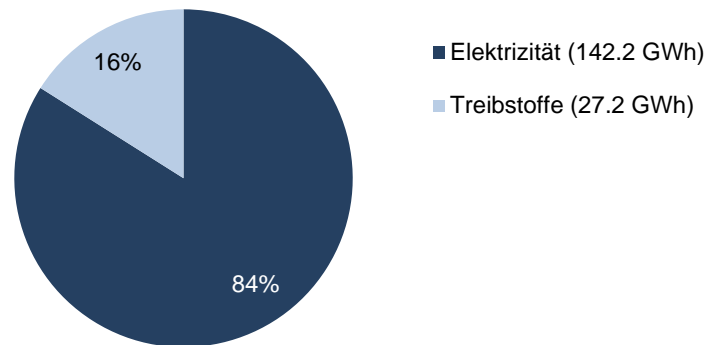


Abb. 6.1 Gesamtenergieverbrauch 2014

Der Stromverbrauch von 142.2 GWh entspricht 0.25 % des gesamten Endverbrauchs an elektrischer Energie in der Schweiz [6]. Der Treibstoffverbrauch von 27.2 GWh entspricht 0.01 % des gesamten schweizerischen Endverbrauchs an Treibstoffen [7]. Der überwiegende Anteil von 92 % des Treibstoffverbrauchs wird durch Diesel bereitgestellt: 2.5 Mio. Liter oder 25.1 GWh. Der Verbrauch von 0.2 Mio. Litern Benzin (bzw. 2.1 GWh) liefert die restlichen 8 % des Treibstoffverbrauchs.

Abbildung 6.2 zeigt den Anteil erneuerbarer Energie am Gesamtverbrauch, der für den Betrieb der Nationalstrassen nötig ist. Treibstoff wird nur in Form von marktüblichem Diesel und Benzin verbraucht (kein Einsatz von Biodiesel oder Benzin-Ethanol-Gemischen). Ein hoher Anteil von erneuerbarer Energie im Strommix führt dazu, dass insgesamt 58 % der Energie für den Betrieb der Nationalstrassen erneuerbar ist. Die Stromqualität wurde mit den Resultaten aus Kapitel 4.2.3 geschätzt.

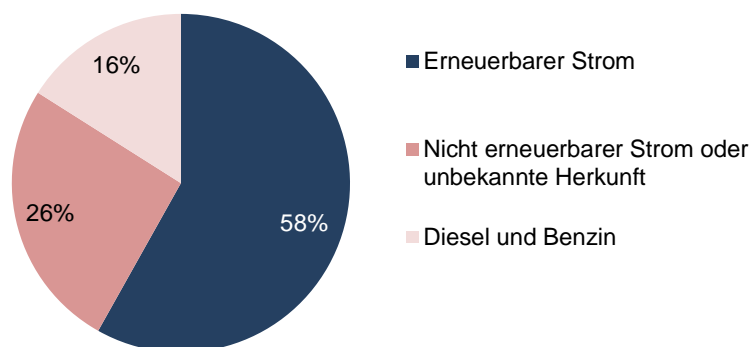


Abb. 6.2 Anteil erneuerbarer Energie im 2014

Der Verbrauch von Elektrizität ist für die Jahre 2009 bis 2014 bekannt. Der Treibstoffverbrauch wurde, als Folge des Energieberichts 2011, erst später in die jährlichen Rapporte der Gebietseinheiten aufgenommen. Darum stehen zum Treibstoffverbrauch noch keine Zeitreihen zur Verfügung.

Abbildung 6.3 und Tabelle 6.1 zeigen, dass der Stromverbrauch 2014 um 4.2% höher ist als 2009. Das Maximum des Stromverbrauchs wurde jedoch 2012 erreicht. Seither konnte der Verbrauch innerhalb von zwei Jahren um 3.1% gesenkt werden. Die Entwicklung des Stromverbrauchs zeigt also insgesamt in die gewünschte Richtung. Das Wachstum des Nationalstrassennetzes im betrachteten Zeitraum bewirkt, dass der spezifische Verbrauch pro Streckenkilometer von 2009 bis 2014 weniger stark angestiegen ist. Der deutliche Mehrverkehr auf den Nationalstrassen führt dazu, dass der spezifische Verbrauch pro Fahrzeugkilometer zwischen 2009 und 2014 deutlich gesunken ist.

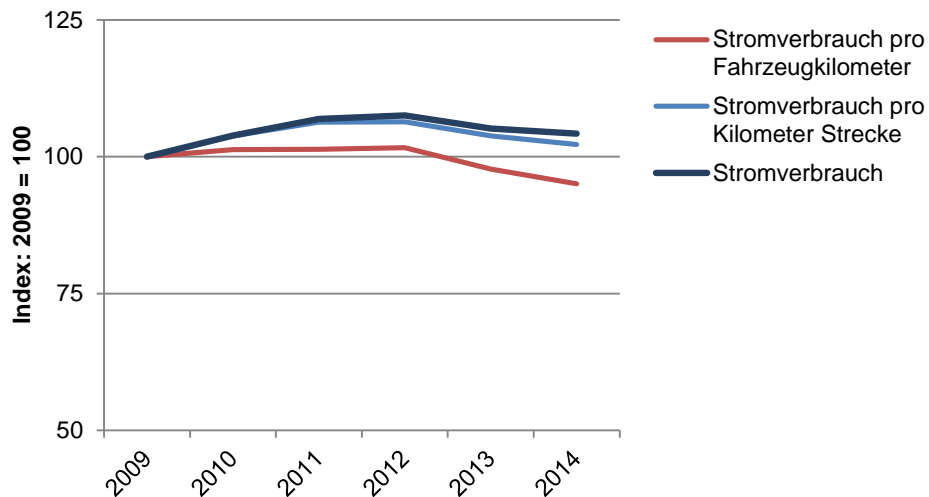


Abb. 6.3 Indexierte Entwicklung der wichtigsten Kennzahlen zum Stromverbrauch

Jahr	Stromverbrauch		Stromverbrauch pro Kilometer Strecke		Stromverbrauch pro Fahrzeugkilometer	
	MWh	%	MWh/km	%	MWh/Mio. Fzg-km	%
2009	136'531	100.0	76.3	100.0	5.6	100.0
2010	141'829	103.9	79.2	103.8	5.6	101.3
2011	145'930	106.9	81.1	106.3	5.6	101.3
2012	146'778	107.5	81.2	106.4	5.7	101.6
2013	143'520	105.1	79.2	103.8	5.4	97.7
2014	142'250	104.2	78.0	102.2	5.3	95.0

Tab. 6.1 Entwicklung der wichtigsten Kennzahlen zum Stromverbrauch

6.2 Auswertungen zum Stromverbrauch

6.2.1 Verbrauch nach Streckentyp

Die Tunnel verbrauchen trotz ihres geringeren Anteils am Streckennetz deutlich mehr Strom als die offenen Strecken. Der Energieverbrauch teilt sich wie folgt auf: 123 GWh für Tunnel (87% des Gesamtverbrauchs) und 19 GWh (13% des Gesamtverbrauchs) für die offenen Strecken.

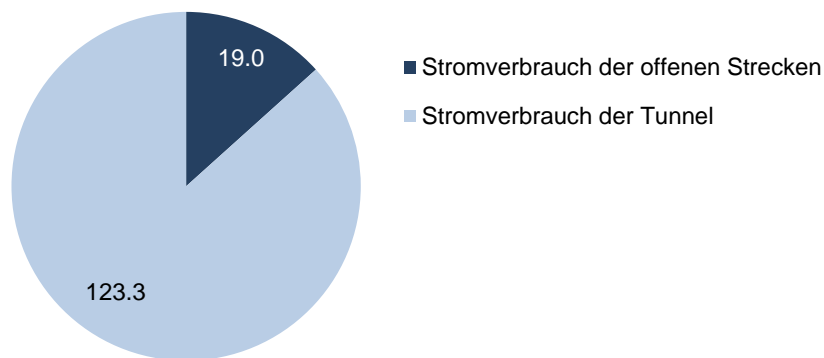


Abb. 6.4 Elektrizitätsverbrauch der offenen Strecken und der Tunnel in GWh

Tabelle 6.2 und Tabelle 6.3 stellen den Energieverbrauch für einzelne Kategorien offener Strecken und Tunnel dar. Diese werden nach der Anzahl Spuren und Infrastruktur zur Belüftung unterschieden. Die Tabellen zeigen, dass der Anteil am jeweiligen Gesamtverbrauch stark durch das Mengengerüst der Streckenkategorien gegeben ist. Der spezifische Verbrauch pro Streckenkilometer zeigt, dass der Verbrauch mit der Anzahl Spuren einer Strecke steigt.

Offene Strecken	Anteil Verbrauch	Spez. Verbrauch MWh/km
Gegenverkehr, 2 Spuren	9 %	4.7
Richtungsverkehr, 4 Spuren	84 %	10.4
Richtungsverkehr, 6 oder mehr Spuren	7 %	21.9

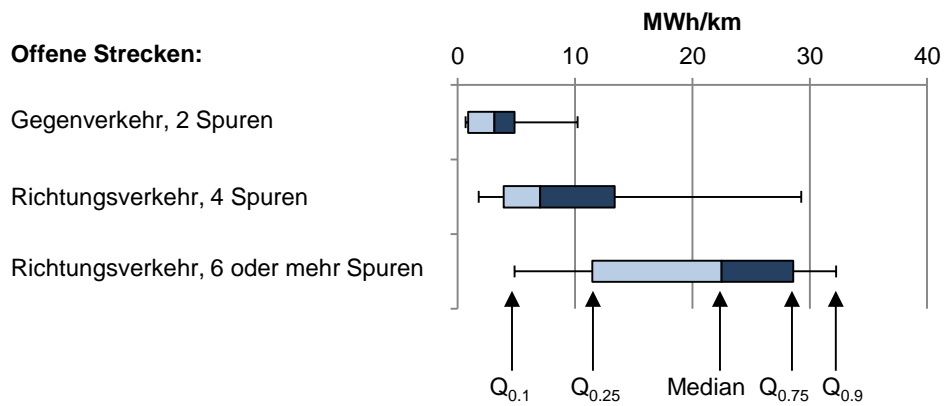
Tab. 6.2 Elektrizitätsverbrauch der offenen Strecken nach Kategorien

Tunnel	Anteil Verbrauch	Spez. Verbrauch MWh/km
Gegenverkehr und 2 Spuren, ohne Lüftung	3 %	337.5
Gegenverkehr und 2 Spuren, mit Längslüftung	3 %	241.3
Gegenverkehr und 2 Spuren, mit Zwischendecke	26 %	471.4
Richtungsverkehr und 4 Spuren, ohne Lüftung	17 %	768.3
Richtungsverkehr und 4 Spuren, mit Längslüftung	24 %	456.0
Richtungsverkehr und 4 Spuren, mit Zwischendecke	26 %	645.0
Richtungsverkehr und 6 Spuren, mit Längslüftung	0.3 %	392.3

Tab. 6.3 Elektrizitätsverbrauch der Tunnel nach Kategorien

Abbildung 6.5 und Abbildung 6.6 zeigen die Verteilung des spezifischen Verbrauchs innerhalb der einzelnen Streckenkategorien. Innerhalb der Streckenkategorien herrscht eine grosse Spannweite. Treiber dieser Verteilung sind einerseits Unterschiede in energierelevanter Infrastruktur wie Beleuchtung und Belüftung, die auch innerhalb von gleichen Streckenkategorien gross sein können. Ein weiterer Grund kann in der Art der Erhebung liegen: Eine einem Tunnel zugeordnete Bezugsstelle kann mehrere Tunnel anspeisen. Um solche Ausreisser in den Daten aus der Darstellung auszuschliessen sind in Abbildung 6.5 und Abbildung 6.6 das unterste und oberste Dezil als Extremwerte dargestellt. Die erhobenen

Daten könnten als Benchmark für den spezifischen Stromverbrauch der einzelnen Streckenkategorien verwendet werden.



$Q_{0,1}$: unterstes Dezil, die 10% kleinsten Datenwerte liegen darunter
 $Q_{0,25}$: unteres Quartil, die 25% kleinsten Datenwerte liegen darunter
 Median: die 50% kleinsten Datenwerte liegen darunter
 $Q_{0,75}$: oberes Quartil, die 25% grössten Datenwerte liegen darüber
 $Q_{0,9}$: oberstes Dezil, die 10% grössten Datenwerte liegen darüber

Abb. 6.5 Statistische Verteilung des Energieverbrauchs pro Streckenkilometer für die drei Kategorien offener Strecken

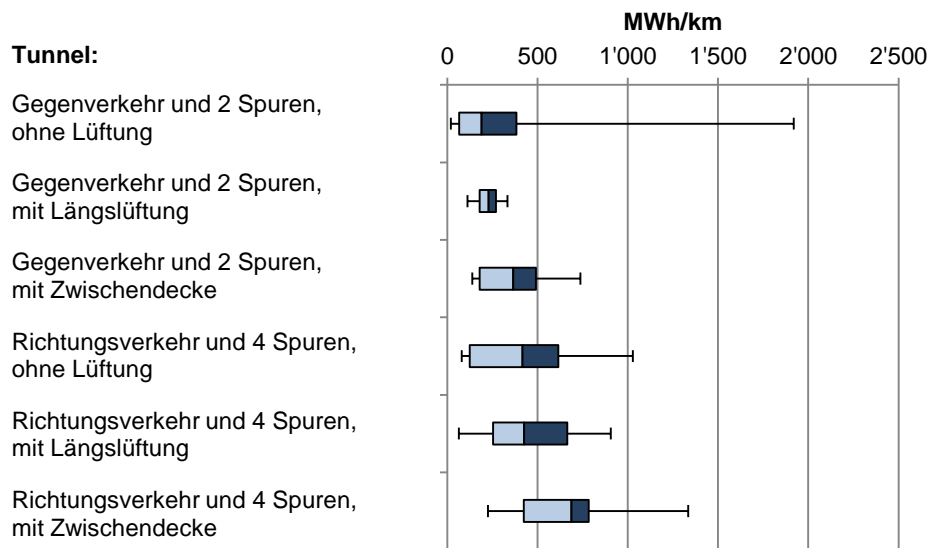


Abb. 6.6 Statistische Verteilung des Energieverbrauchs pro Streckenkilometer für 6 Tunnelkategorien. Das Ergebnis für Tunnel mit Richtungsverkehr und 6 Spuren (mit Längslüftung) wird nicht gezeigt, da nur ein solcher Tunnel ausgewertet wurde.

6.2.2 Verbrauch nach Verwendungszwecken

Beim Betrieb der Tunnel wird am meisten Strom für die Beleuchtung verwendet. Einen massgeblichen Anteil nehmen Nebeneinrichtungen ein. Nur ein geringer Anteil fällt für die Belüftung der Tunnel an.

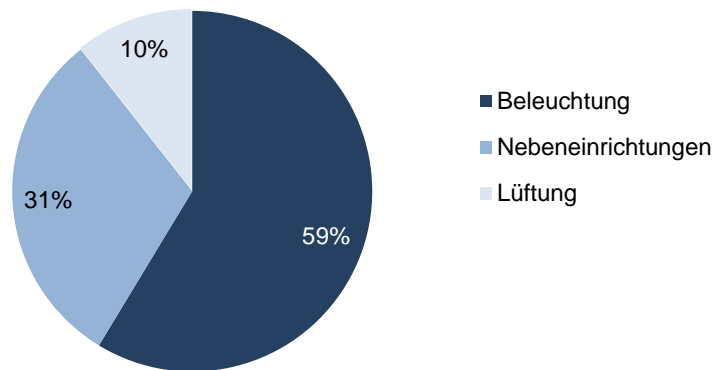


Abb. 6.7 Elektrizitätsverbrauch für den Tunnelbetrieb nach Verwendungszwecken

Die Aufteilung nach Verwendungszwecken kann zusätzlich für die einzelnen Tunnelkategorien unterschieden werden. Grundsätzlich zeigt sich ein mit der Gesamtverteilung konsistentes Bild.

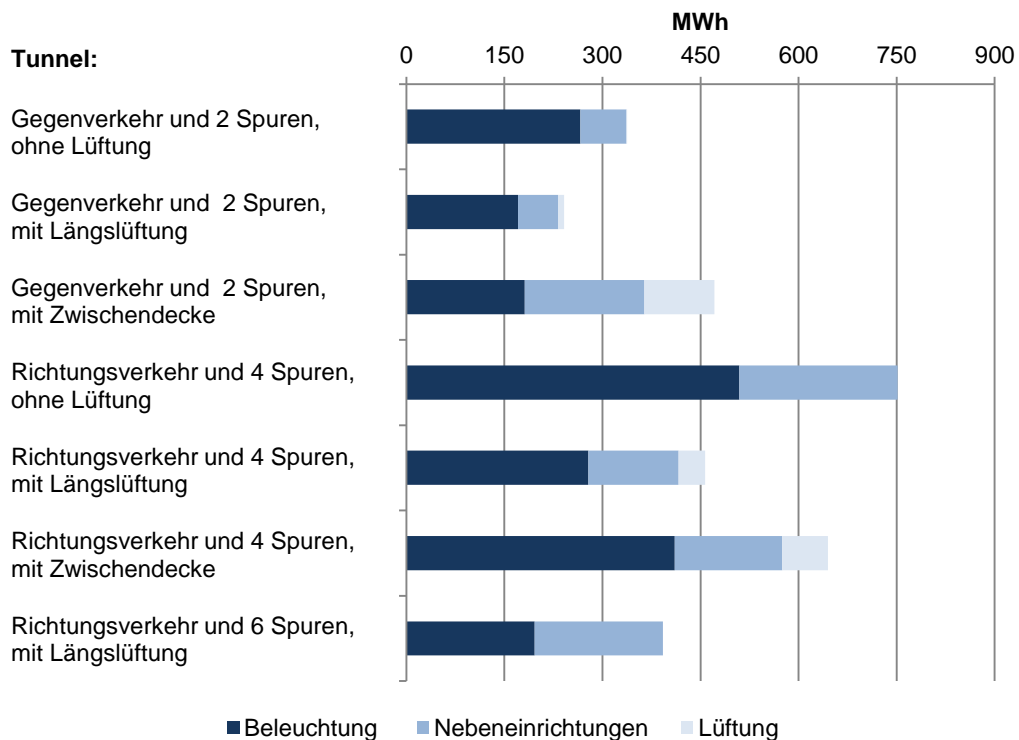


Abb. 6.8 Elektrizitätsverbrauch für den Tunnelbetrieb nach Tunnelkategorien und Verwendungszwecken

6.2.3 Stromqualität

Mit einer Auswertung der wichtigsten Produkte der Energielieferung wurde die Stromqualität bestimmt. Den grössten Anteil nimmt Elektrizität aus Wasserkraft ein. Von den rund 52 GWh gelieferten Energie aus Wasserkraft ist bereits ein massgeblicher Anteil zertifiziert. Über 19 GWh des Stroms aus Wasserkraft sind nach naturemade basic zertifiziert. Weitere

2.5 GWh sind nach TÜV EE01 zertifiziert. 19% des bezogenen Stroms stammt noch aus Kernkraftwerken und ein beachtlicher Anteil von 11.4% ist Graustrom, d.h. Strom aus unbekannter Herkunft.

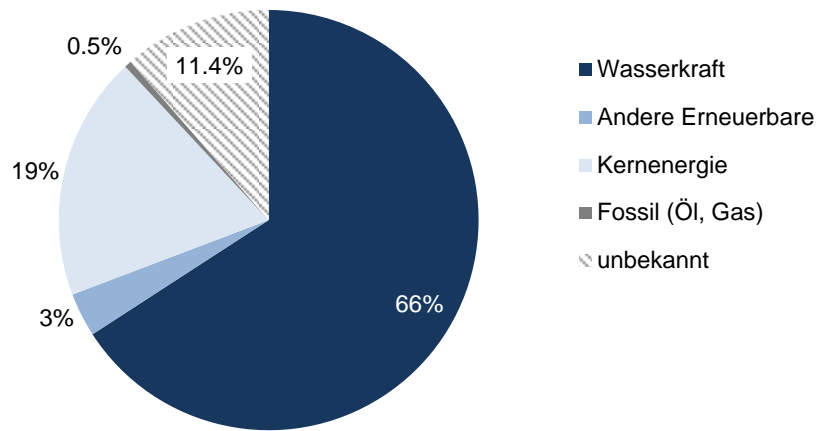


Abb. 6.9 Herkunft des Stroms für den Betrieb der Nationalstrassen

Die Struktur der Energieträger ist regional unterschiedlich und stark abhängig vom jeweiligen Energieversorgungsunternehmen. Dies zeigt Abbildung 6.10.

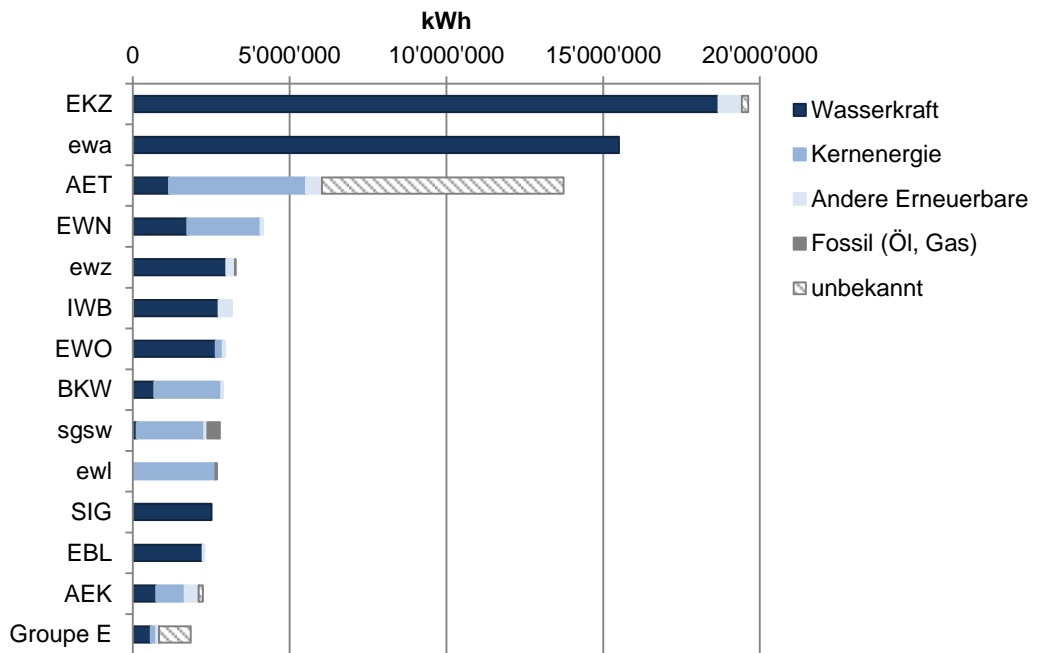


Abb. 6.10 Zusammensetzung Elektrizitätsmix der verschiedenen Energielieferanten

7 Energiekosten

7.1 Übersicht Strom- und Treibstoffkosten

Abbildung 7.1 zeigt die Gesamtkosten der Energie für den Betrieb der Nationalstrassen. Insgesamt wurden 2014 28.4 Mio. Franken ausgegeben, davon knapp 24 Mio. für Strom und 4.5 Mio. für Treibstoffe. Die Ausgaben für Treibstoffe teilten sich auf 4.1 Mio. Franken für Diesel und 0.4 Mio. Franken für Benzin.

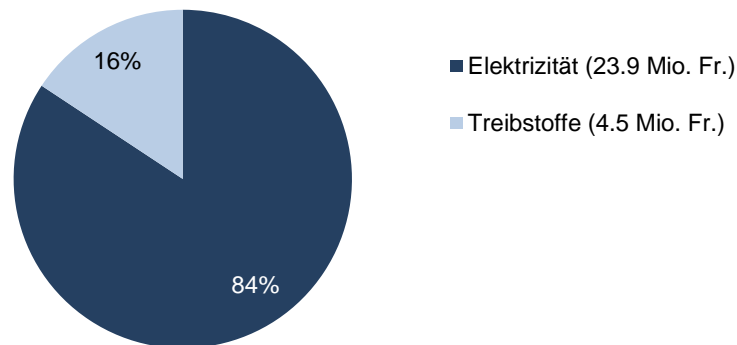


Abb. 7.1 Gesamtkosten für das Jahr 2014

Abbildung 7.2 zeigt die Entwicklung der Kosten für den Stromverbrauch über den Zeitraum von 2009 bis 2014. Diese Entwicklung verläuft dabei sehr ähnlich wie jene des Stromverbrauchs. 2014 lagen die Kosten 2.5% höher als 2009. 2012 wurde ein Maximum erreicht und in den Folgejahren konnten die Kosten um 3.5% gesenkt werden. Auch hier zeigt also die Entwicklung in die gewünschte Richtung. Die spezifischen Kosten pro Streckenkilometer lagen 2014 nahezu auf dem Niveau von 2009. Bezogen auf den Fahrzeugkilometer konnten die Kosten von 2009 bis 2014 um 6.5% gesenkt werden.

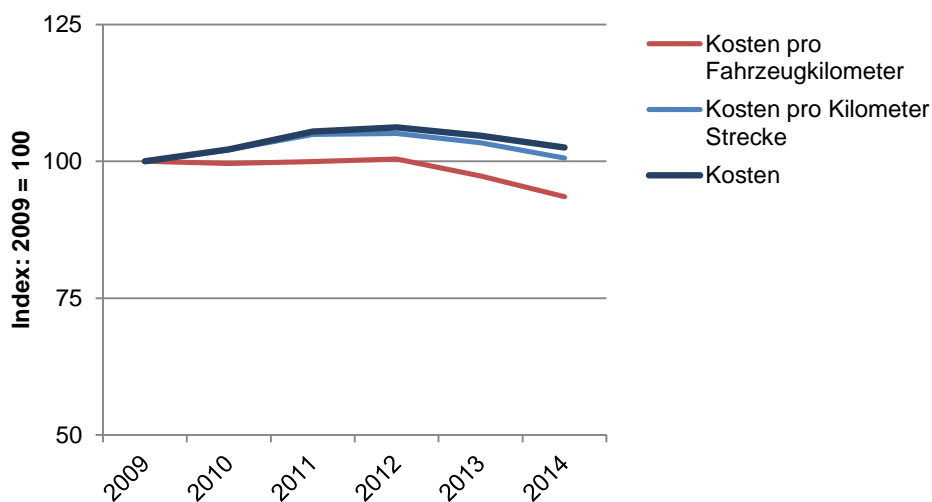


Abb. 7.2 Indexierte Entwicklung der wichtigsten Kennzahlen zu den Stromkosten

7.2 Stromkosten nach Streckentyp

Abbildung 7.3 zeigt die Aufteilung der 23.9 Mio. Franken Kosten für elektrische Energie nach Streckentyp und unterschieden zwischen Energielieferung und Netznutzung.

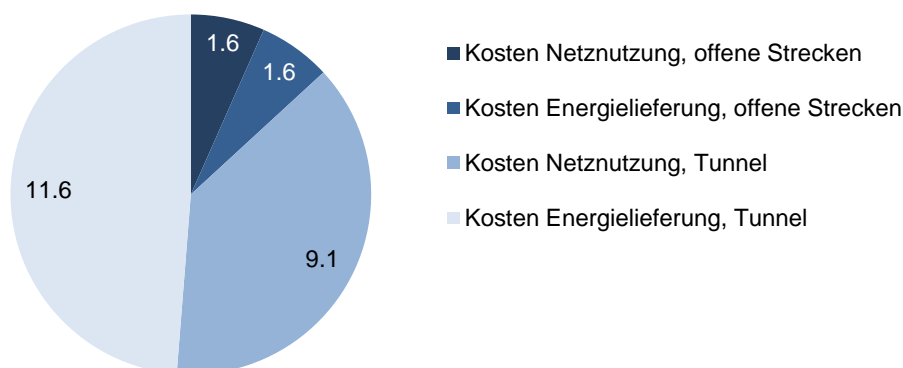


Abb. 7.3 Kosten nach Kategorien in Mio. Franken

Tabelle 7.1 und Tabelle 7.2 stellen die Kosten für die einzelnen Streckenkategorien dar. Wie bei der Auswertung des Energieverbrauchs werden diese Kategorien nach der Anzahl Spuren und Infrastruktur zur Belüftung unterschieden.

Offene Strecken	Kosten %	Spezifische Kosten Fr./km
Gegenverkehr, 2 Spuren	9 %	853
Richtungsverkehr, 4 Spuren	84 %	1'856
Richtungsverkehr, 6 oder mehr Spuren	8 %	4'026

Tab. 7.1 Kosten für die Betriebsenergie der offenen Strecken, nach Kategorie

Tunnel	Kosten %	Spezifische Kosten Fr./km
Gegenverkehr und 2 Spuren, ohne Lüftung	4 %	73'175
Gegenverkehr und 2 Spuren, mit Längslüftung	3 %	41'856
Gegenverkehr und 2 Spuren, mit Zwischendecke	27 %	81'133
Richtungsverkehr und 4 Spuren, ohne Lüftung	15 %	112'750
Richtungsverkehr und 4 Spuren, mit Längslüftung	26 %	78'688
Richtungsverkehr und 4 Spuren, mit Zwischendecke	24 %	95'564
Richtungsverkehr und 6 Spuren, mit Längslüftung	<1 %	72'130

Tab. 7.2 Kosten für die Betriebsenergie der Tunnel, nach Kategorie

Im Grundsatz zeigen sich die Zusammenhänge wie bei der Auswertung des Energieverbrauchs. Der Anteil an den jeweiligen Gesamtkosten ist stark durch das Mengengerüst der Streckenkategorien gegeben und wird zusätzlich durch die Anzahl Spuren beeinflusst. Innerhalb der Streckenkategorien herrscht jedoch eine grosse Spannweite, wie Abbildung 7.4 und Abbildung 7.5 zeigen.

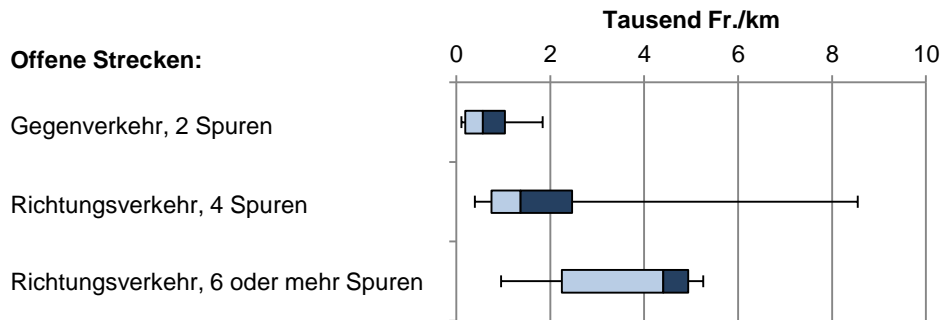


Abb. 7.4 Statistische Verteilung der Stromkosten pro Streckenkilometer für die drei Kategorien offener Strecken.

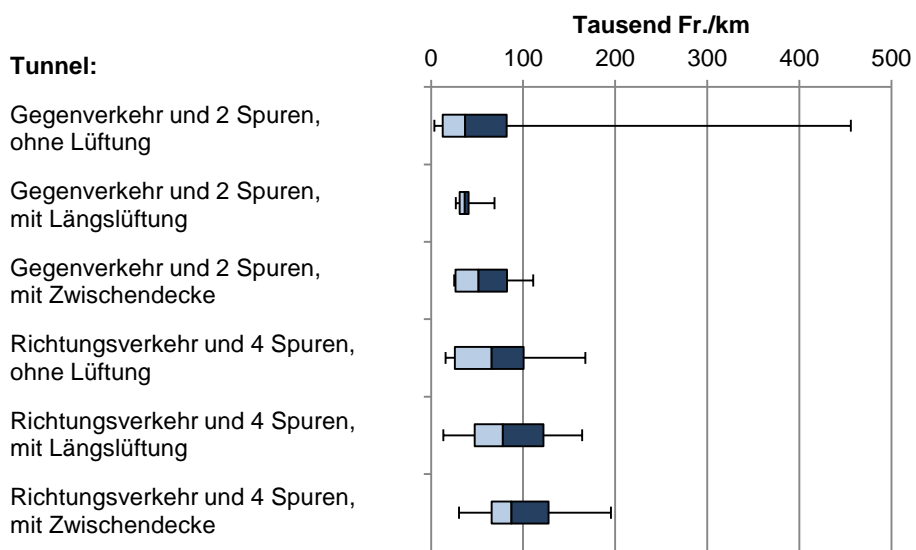


Abb. 7.5 Statistische Verteilung der Stromkosten pro Streckenkilometer für 6 Tunnelkategorien. Das Ergebnis für Tunnel mit Richtungsverkehr und 6 Spuren (mit Längslüftung) wird nicht gezeigt, da nur ein solcher Tunnel ausgewertet wurde.

8 Gotthard-Strassentunnel

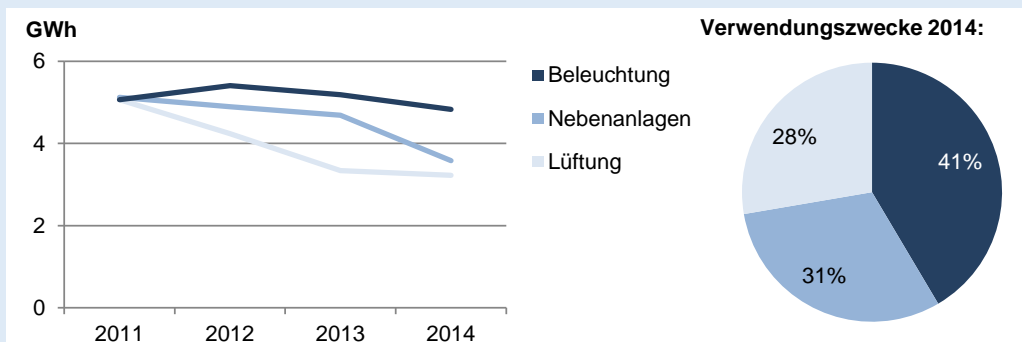


Über den Gotthard-Strassentunnel

Der Gotthard-Strassentunnel befindet sich auf der Schweizer Nationalstrasse A2 und verbindet Göschenen (UR) mit Airolo (TI). Er gehört mit einer Länge von 16.9 Kilometern zu den drei längsten Strassentunneln der Welt und wurde im Jahr 2014 im Schnitt von täglich rund 17'350 Fahrzeugen befahren [4]. Der Bau fand zwischen 1970 und 1980 statt.

Energieverbrauch

Im Jahr 2012 wurde damit begonnen, das Regime der Einschaltung der Ventilatoren zu optimieren, um den Energieverbrauch zu reduzieren. Ebenfalls wurde die Beleuchtungsstärke den Vorgaben des ASTRA angepasst (Messungen, optimale Einstellung der Beleuchtungsstärke). Der Energieverbrauch konnte so von 15.3 GWh im Jahr 2011 auf 11.6 GWh im Jahr 2014 gesenkt werden.



9 Fazit

Der Energiebericht 2014 liefert eine Bestandsaufnahme des Energieverbrauchs für den Betrieb der Nationalstrassen. Diese aktualisiert die Resultate der Erhebung 2011. Die Methode stützt sich wie beim Energiebericht 2011 auf die jährlichen Rapporte der Gebietseinheiten. Zusätzliche Auswertungen für den Stromverbrauch wurden durch eine Pilotauswertung der Bezugsstellen für elektrische Energie ermöglicht.

Als Hauptresultate zeigt sich, dass der Verbrauch von Strom von allen Energieträgern am wichtigsten ist. Obwohl die Tunnel nur einen geringen Anteil an der Streckenlänge des Nationalstrassennetzes ausmachen ist ihr Verbrauch für Beleuchtung, Belüftung und Nebeneinrichtungen viel höher als der Stromverbrauch für die offenen Strecken. Beim Betrieb der Tunnels ist die Beleuchtung der wichtigste Verwendungszweck mit knapp 60% des Stromverbrauchs. Diese Resultate und die detaillierten Auswertungen der Struktur des Stromverbrauchs bestätigen die Erhebung im Energiebericht 2011.

Die Entwicklung des Stromverbrauchs und der damit verbundenen Kosten über die Jahre 2009 bis 2014 geht in die gewünschte Richtung. Beide Grössen stiegen zwar bis 2012 an. Sie erreichten aber 2012 ein Maximum und konnten in den beiden Folgejahren massgeblich reduziert werden. Dies dient als Hinweis, dass erste Massnahmen des ASTRA wie ein Verzicht der Beleuchtung auf offenen Strecken und Anpassungen der Beleuchtung in Tunneln zu greifen scheinen.

Die Pilotauswertung der Bezugsstellen elektrischer Energie wurde als Grundlage erhoben, um die Energiebewirtschaftung des Betriebs der Nationalstrassen zu optimieren. Die Verwendung dieser Daten im Energiebericht 2014 zeigt, dass diese eine sehr geeignete Grundlage für die Energieberichterstattung sind. In der Pilotauswertung wurden 1'200 Bezugsstellen ausgewertet. In Zukunft sollen die 200 Bezugsstellen mit dem grössten Stromverbrauch periodisch ausgewertet werden. Diese beschreiben über 90% des gesamten Stromverbrauchs für den Betrieb der Nationalstrassen. Daten zu diesen 200 Bezugsstellen eignen sich damit auch ausgezeichnet für eine pragmatische Erhebung der detaillierten Auswertungen zur Struktur des Stromverbrauchs.

Mit einer periodischen Bestandsaufnahme des Energieverbrauchs für den Betrieb der Nationalstrassen kann die mittel- und langfristige Entwicklung des Energieverbrauchs, seine Struktur und die damit verbundenen Kosten aufgezeigt werden. Für das weitere Vorgehen eignet sich eine Kombination einer jährlichen Aktualisierung der wichtigsten Kenngrössen mit detaillierten Auswertungen alle 2 bis 5 Jahre. Die jährliche Erhebung der wichtigsten Kenngrössen kann sich dabei exklusiv auf die Jahresrapporte der Gebietseinheiten abstützen. Die detaillierten Auswertungen können sich auf die Daten zu den Bezugsstellen oder weitere Erhebungen abstützen und Aspekte wie Stromqualität, Verwendungszwecke und die Struktur des Stromverbrauchs abdecken.

Anhänge

I	Betriebs- und Finanzierungsmodelle für Tunnelfunkanlagen	29
I.1	Qualität der Datenquellen und Annahmen zur Hochrechnung	29

I Betriebs- und Finanzierungsmodelle für Tunnelnfunanlagen

I.1 Qualität der Datenquellen und Annahmen zur Hochrechnung

Einleitende Bemerkungen

Hinter den Auswertungen des Energieberichts stehen grundsätzlich zwei Arten von Datenquellen:

1. Die jährlichen Rapporte der 11 Gebietseinheiten mit Angaben zum gesamten Energieverbrauch und der damit verbundenen Kosten. Diese Quelle enthält folgende Daten pro Gebietseinheit:
 - Energieverbrauch
 - Kosten der Energielieferung
 - Kosten der Netznutzung
 - Treibstoffverbrauch gesamt und nach den Energieträgern Benzin und Diesel
2. Andererseits detaillierte Daten pro Bezugsstelle für elektrische Energie, die aus einer Auswertung von Rechnungen aus den Jahren 2012-2014 gewonnen wurden. Diese Quelle enthält folgende Daten pro Bezugsstelle:
 - Zugeordnete Betriebsstrecke
 - Energieverbrauch
 - Kosten der Energielieferung
 - Kosten der Netznutzung
 - Verteilnetzbetreiber und Energielieferant
 - Produkt Energielieferung

Den Daten aus den jährlichen Rapporten wurde für die Auswertungen jeweils der Vorzug gegeben, sofern diese die betrachteten Grössen abbilden. Die Gesamtmengen zum Energieverbrauch und zu den Kosten sind deshalb durch die jährlichen Rapporte bestimmt. Die Daten pro Bezugsstelle eignen sich nur bedingt, um solche Gesamtmengen abzubilden. Nicht zu allen Bezugsstellen oder Strecken sind Daten vorhanden. Zudem können an einzelnen Bezugsstellen auch Verbraucher angeschlossen sein, die nicht dem Betrieb der Nationalstrassen dienen.

Die Daten pro Bezugsstelle werden deshalb genutzt, um die Struktur des Energieverbrauchs und der Kosten aufzuzeigen. Für diese Auswertungen werden nur relative Verteilungen oder spezifische Grössen (z.B. Verbrauch pro Streckenkilometer) gezeigt.

Kapitel 3: Nationalstrassennetz

Die Beschreibung des Nationalstrassennetzes basiert auf der Publikation Strassen & Verkehr des ASTRA und Informationen zu den Sicherheitsmassnahmen Tunnel. Detaillierte Auswertungen des Mengengerüsts pro Streckentyp wurden mit einer Tabelle aller Betriebsstrecken vorgenommen. Ein Vergleich der beiden Datenquellen zeigt eine sehr gute Übereinstimmung und nur geringe Abweichungen von rund 1% in den Angaben zur Netzlänge der offenen Strecken und der Tunnel.

Kapitel 4: Energieverbrauch

Die Daten zum Gesamtverbrauch elektrischer Energie sind für alle Gebietseinheiten vorhanden. Die Angabe des Stromverbrauchs für offene Strecken und Tunnel lag für eine Gebietseinheit nicht vor, die für rund 5% des gesamten Stromverbrauchs steht. Diese Aufteilung wurde statistisch hochgerechnet anhand der Länge offener Strecken und Tunnel und der mittleren Energieintensität für diese Streckentypen. Für eine weitere Gebietseinheit war die Angabe des Stromverbrauchs für offene Strecken und Tunnel fehlerhaft, die Daten konnten jedoch plausibel hergeleitet werden.

Bei den Angaben zum Treibstoffverbrauch waren mehr Lücken vorhanden. Bei 5 Gebiets-einheiten waren die Angaben zum Treibstoffverbrauch nicht vorhanden oder nicht plausi-bel. Der Treibstoffverbrauch für diese Gebietseinheiten wurde mit dem Mengengerüst der Strecken und der Annahme eines mittleren Treibstoffverbrauchs pro Streckenkilometer er-mittelt. Die folgende Abbildung zeigt: Für etwas mehr als die Hälfte der Streckenkilometer wurde der Treibstoffverbrauch durch die Gebietseinheiten angegeben. Für die restlichen 48% wurde der Treibstoffverbrauch hochgerechnet.

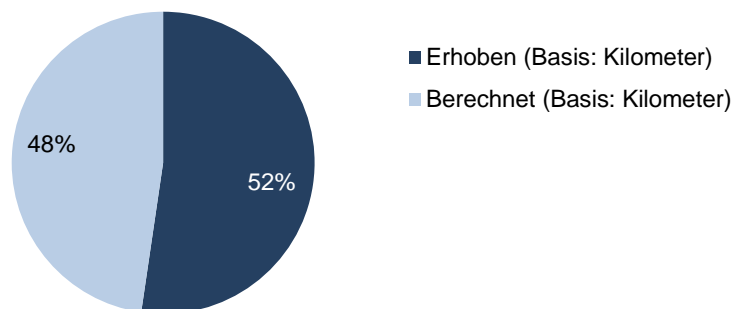


Abb. 1.1

Die detaillierten Daten pro Bezugsstelle für elektrische Energie decken das gesamte Nationalstrassennetz gut ab. Dies zeigt die folgende Abbildung. Rund 7% der Streckenlänge können keine Daten über die Bezugsstellen zugewiesen werden. Dies bedeutet, dass mehr als 90% der Streckenlänge mit der Auswertung der Bezugsstellen abgedeckt wird.

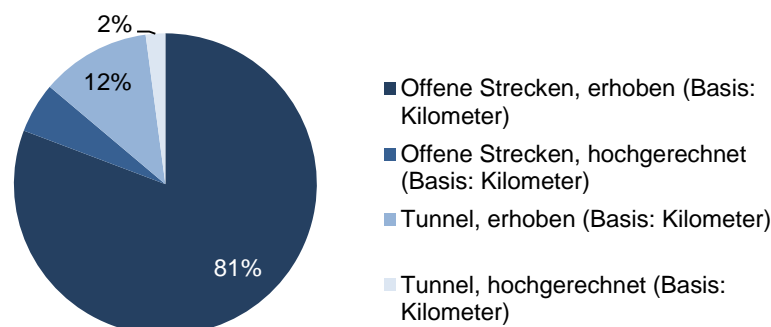


Abb. 1.2

In absoluten Zahlen decken die ausgewerteten Strecken gemäss der obigen Abbildung einen Stromverbrauch von 126.4 GWh ab. Hochgerechnet auf das gesamte Streckennetz ergibt dies einen Verbrauch von 146.4 GWh, etwas mehr als der Gesamtverbrauch von 142.2 GWh, der mit den jährlichen Rapporten ermittelt wurde. Der höhere Wert ist plausi-bel, da die Bezugsstellen vereinzelt Verbraucher aufweisen, die nicht dem Betrieb der Nationalstrassen dienen.

Für die Erhebung der Stromqualität wurden die Produkte mit dem grössten Stromabsatz in den Daten der Bezugsstellen identifiziert. Die folgende Tabelle zeigt die Produkte, die für die Auswertung der Stromqualität ausgewertet wurden. Mit der „Produktbezeichnung ge-geben“ wurde beim entsprechenden EVU der Liefermix des Stroms ermittelt. In manchen Fällen konnte das Produkt mit den vorliegenden Angaben nicht identifiziert werden. Der Liefermix wurde in diesen Fällen mit einer Experteneinschätzung des EVU bestimmt. Für das AET waren in den Daten keine Angaben zu Produkten vorhanden. Als drittgrösster Energielieferant für den Betrieb der Nationalstrassen wurde der Liefermix des AET direkt erhoben.

EVU	Produktbezeichnung gegeben	Produktbezeichnung gefunden	GWh
EKZ	EKZ Aquastrom 2000; EKZ Netz 16L und CQ2Q4Q5	EKZ Naturstrom basic	19.6
ewa	Urner Power A2	ewa URstrom	15.5
AET	Angaben ohne Produkt, direkte Nachfrage da drittgrösster Energie-lieferant	AET Liefermix für Nationalstrassen	13.7
EWN	I SB 2009 und I LKT 2009	EWN Standard	4.2
ewz	02XEQ2 / ewz.naturpower	ewz naturpower	3.3
IWB	IWB Strom medium	IWB Strom medium	3.2
EWO	Energie EWO GewerbeStrom 100	EWO Standard	2.9
BKW	1to1 energy professional classic	BKW Standard	2.9
sgsw	Kernstrom-Mix	sgsw Kernstrom-Mix	2.8
ewl	Komplettstrom HV	ewl Graustrom	2.7
SIG	Energie SIG Vitale Bleu Profil Pro MT6	SIG Electricité Vitale bleu	2.5
EBL	M-DLB	EBL Standard	2.3
AEK	NS2 BD <3500h	AEK Gesamt Strommix	2.2
Groupe E	Regulo G	Groupe E Standard	1.8
nicht überprüft			63.8

Tab. I.1

Auf eine Auswertung des Stromverbrauchs der weiteren Anlagen wurde konsequent verzichtet. Für diese liegen in den Datengrundlagen zusätzliche Rechnungen vor, die einem Stromverbrauch von rund 9 GWh entsprechen.

In der folgenden Abbildung sind die ausgewerteten Produkte dargestellt und ihr jeweiliger Anteil am Stromverbrauch wird aufgezeigt. Mit den 14 untersuchten Produkten sind über 55 % des gesamten Stromverbrauchs abgedeckt.

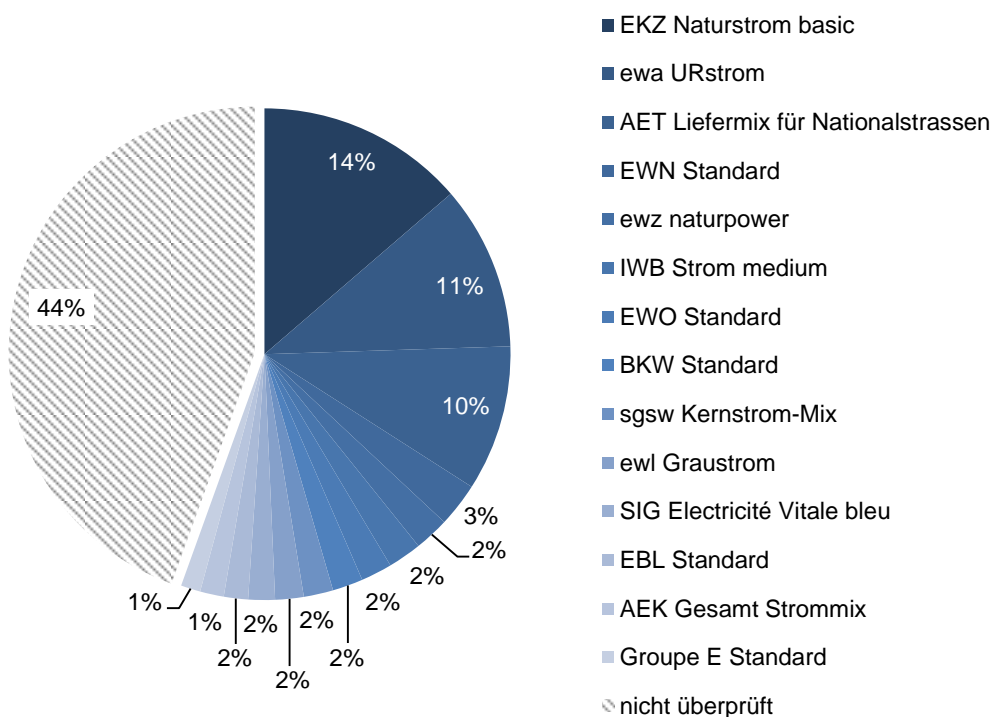


Abb. I.3

Die Zusammensetzung des Elektrizitätsmix ist regional unterschiedlich und stark abhängig vom betrachteten Energieversorgungsunternehmen. Im Bericht wird dies durch Abbildung 6.10 aufgezeigt. Die folgende Abbildung zeigt die Zusammensetzung des Elektrizitätsmix für die verschiedenen Energielieferanten prozentual, gemessen am Gesamtabsatz.

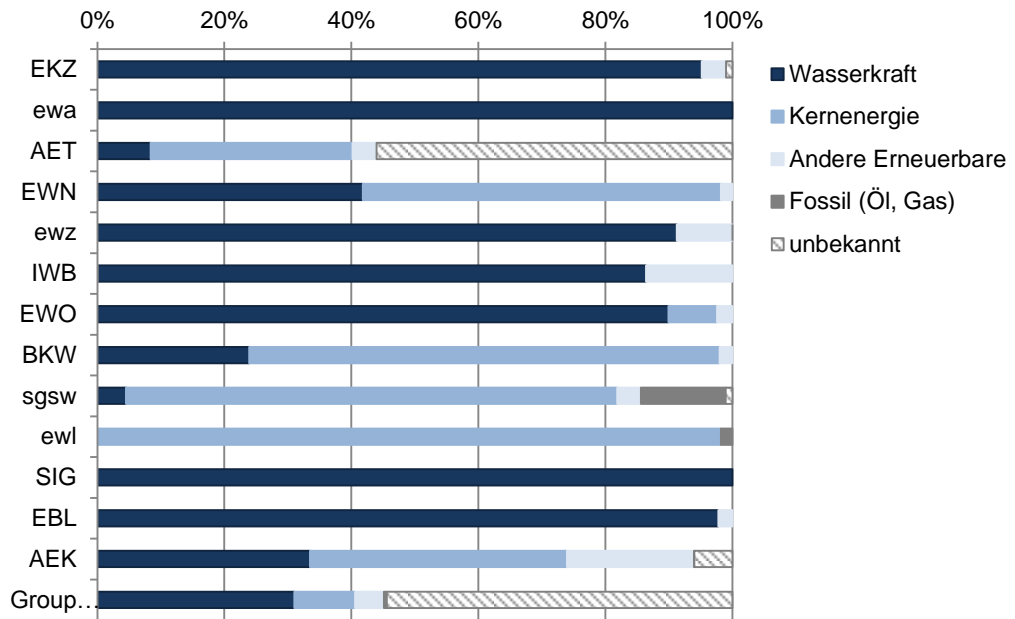


Abb. 1.4

Kapitel 5: Kosten

Die Datenqualität zu den Kosten für den Energieverbrauch entspricht im Grundsatz jener für den Energieverbrauch. Die Unterschiede sind folgende:

- Die Aufteilung der Kosten auf offene Strecken und Tunnel ist für zwei Gebietseinheiten nicht vorhanden. Diese stehen für knapp 12% der Gesamtkosten für Strom. Die Aufteilung für die beiden Gebietseinheiten wurde statistisch hochgerechnet anhand der Länge offener Strecken und Tunnel und der mittleren Energieintensität für diese Streckentypen.
- Die Aufteilung der Kosten auf Netznutzung und Energielieferung lag für vier Gebietseinheiten nicht vor. Diese stehen für knapp 25% der Gesamtkosten für Strom. Die Kosten für Netznutzung und Energielieferung wurden mit der mittleren Aufteilung der Gebietseinheiten mit Angaben hochgerechnet.

Glossar

Begriff	Bedeutung
AET	Energieversorgungsunternehmer im Tessin
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA)
EVU	Energieversorgungsunternehmen
SN	Schweizer Norm (SN)
TÜV	Technischer Überwachungsverein

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze der Schweizerischen Eidgenossenschaft

- [1] SR 734.7 **Stromversorgungsgesetz (StromVG)** vom 23. März 2007, www.admin.ch
-

Dokumentationen des Bundesamt für Strassen ASTRA

- [2] Dokumentation ASTRA 83100, **Bewirtschaftung der Energieversorgung (2016 V2.00)**, www.astra.admin.ch.
- [3] Dokumentation ASTRA 86101, **Optimierung der Beschaffung der elektrischen Energie (2016 V1.00)**, [nicht publiziert]
-

Publikationen und andere Dokumente des Bundesamt für Strassen ASTRA

- [1] ASTRA, 2011: **Energiebericht zu den Nationalstrassen in Betrieb, Jahresbericht 2011**. Bern
- [2] ASTRA, 2015: **Strassen und Verkehr 2014**. Bern
- [3] ASTRA, 2015: Informationen aus dem **Teilprogramm Sicherheitsmassnahmen Tunnel (TUSI)** zu Tunnelnängen. Excel-Tabelle, elektronisch zugestellt von Adrian Gloor am 11. November 2015
- [4] ASTRA, 2015: **Verkehrsaufkommen Gotthardstrassentunnel 1981-2014**
-

Publikationen und andere Dokumente des Bundesamt für Energie

- [5] Bundesamt für Energie, 2012: **Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050**. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000-2050. Prognos AG, im Auftrag des BFE
- [6] Bundesamt für Energie, 2015: **Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2014**
- [7] Bundesamt für Energie, 2015: **Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2014**
-

Dokumentation / Berichte

- [8] BFS, 2014: **Statistisches Lexikon der Schweiz**
-

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2015	1.00	23.11.2015	Inkrafttreten Ausgabe 2014 (nur Version in Deutsch erhältlich).

