

A large concrete bridge with multiple tall, rectangular piers spans across a deep, snow-covered valley. The bridge has a modern, minimalist design with wide, flat deck sections. The surrounding landscape is rugged and mountainous, with steep slopes covered in snow and patches of evergreen trees. The sky is overcast, and the overall scene is in winter.

# Erhaltung von Brücken und Stützbauwerke auf den schweizerischen Nationalstrassen

**Jean-Bernard Duchoud,  
Vizedirektor Bundesamt für Strassen  
Brückentagung 2017, Wien 17–18.05.2017**



# Traktanden

- Brückenbestand des ASTRA
- Nachrechnung bestehender Brücken
- Brückeninstandsetzung, Fallbeispiele
- Stützbauwerke, Erhaltungsstrategie
- Fazit

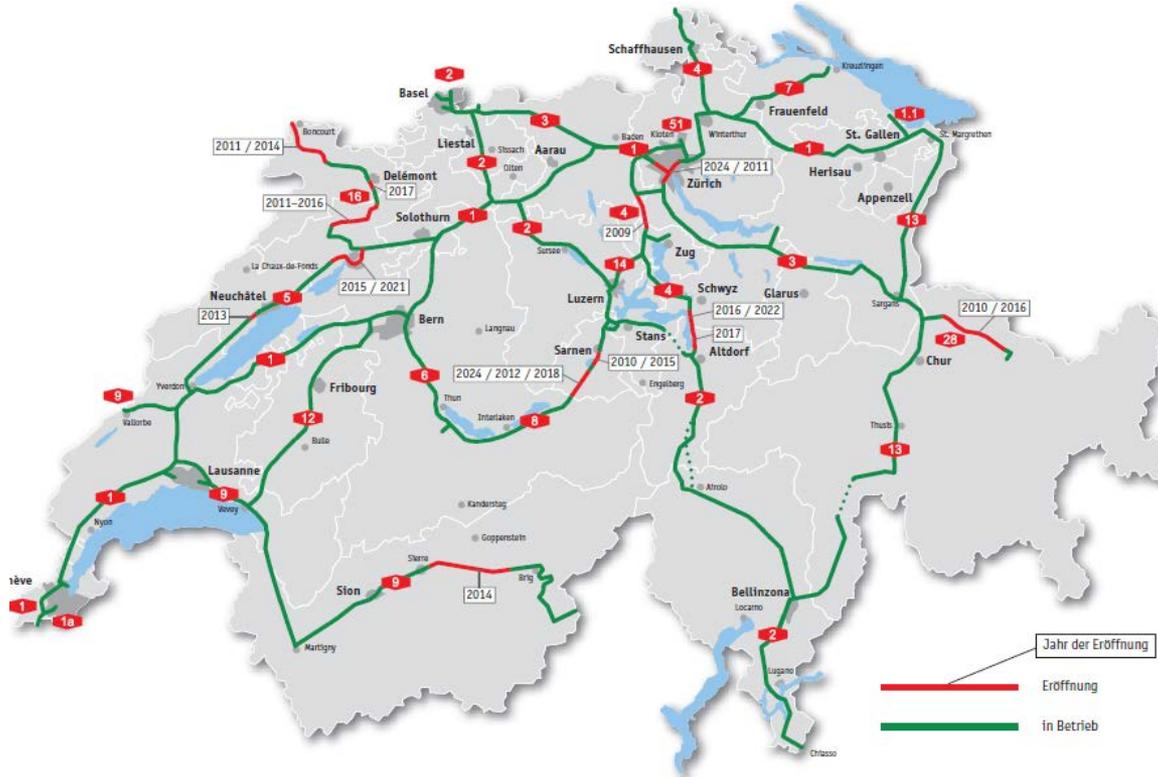


## Teil 1 – Brückenbestand des ASTRA

- Nationalstrassennetz des ASTRA
- Brückenbestand und Altersstruktur
- Zustandsentwicklung der Kunstbauten
- Unterhaltsausgaben des NS-Netzes



# Strassennetz, Brücken- und Tunnelbestand des ASTRA



- Nationalstrassen in Betrieb 97 %: 1840 km (04.2017)
- Total geplante Netzlänge: 1892 km
- 420 Anschlüsse / etwa alle 4 km



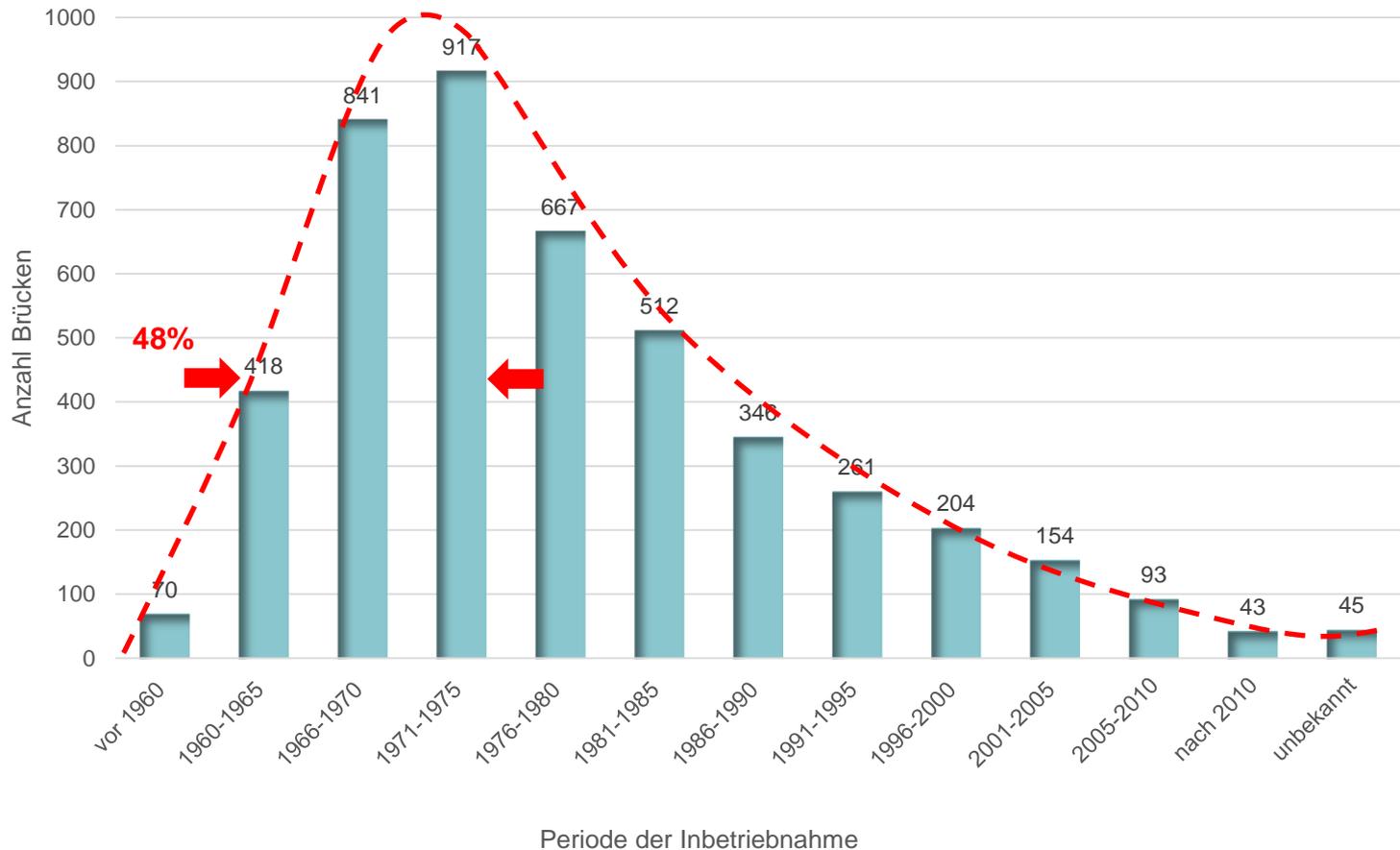
4577 Autobahnbrücken  
15% der Strecke



239 Autobahntunnel  
13% der Strecke

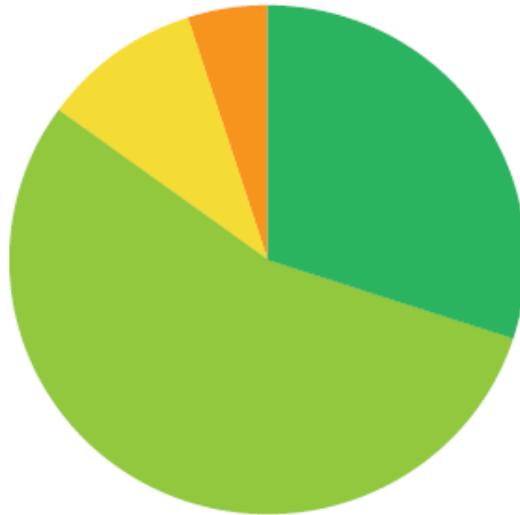


# Die Nationalstrassen altern ➡ Ersatzbau- Welle für die nächste Generation



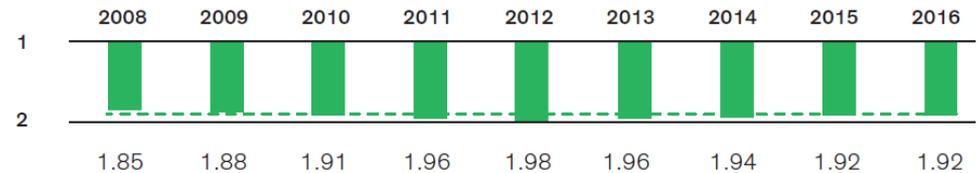


# Ziel- und mittlere Zustandswerte der Kunstbauten



- 1 ■ 30% Gut
- 2 ■ 55% Akzeptabel
- 3 ■ 10% Beschädigt
- 4 ■ 5% Schlecht
- 5 ■ 0% Alarmierend

Zielwert : 1.90



Wiederbeschaffungswert 2016:  
23.27 Milliarden

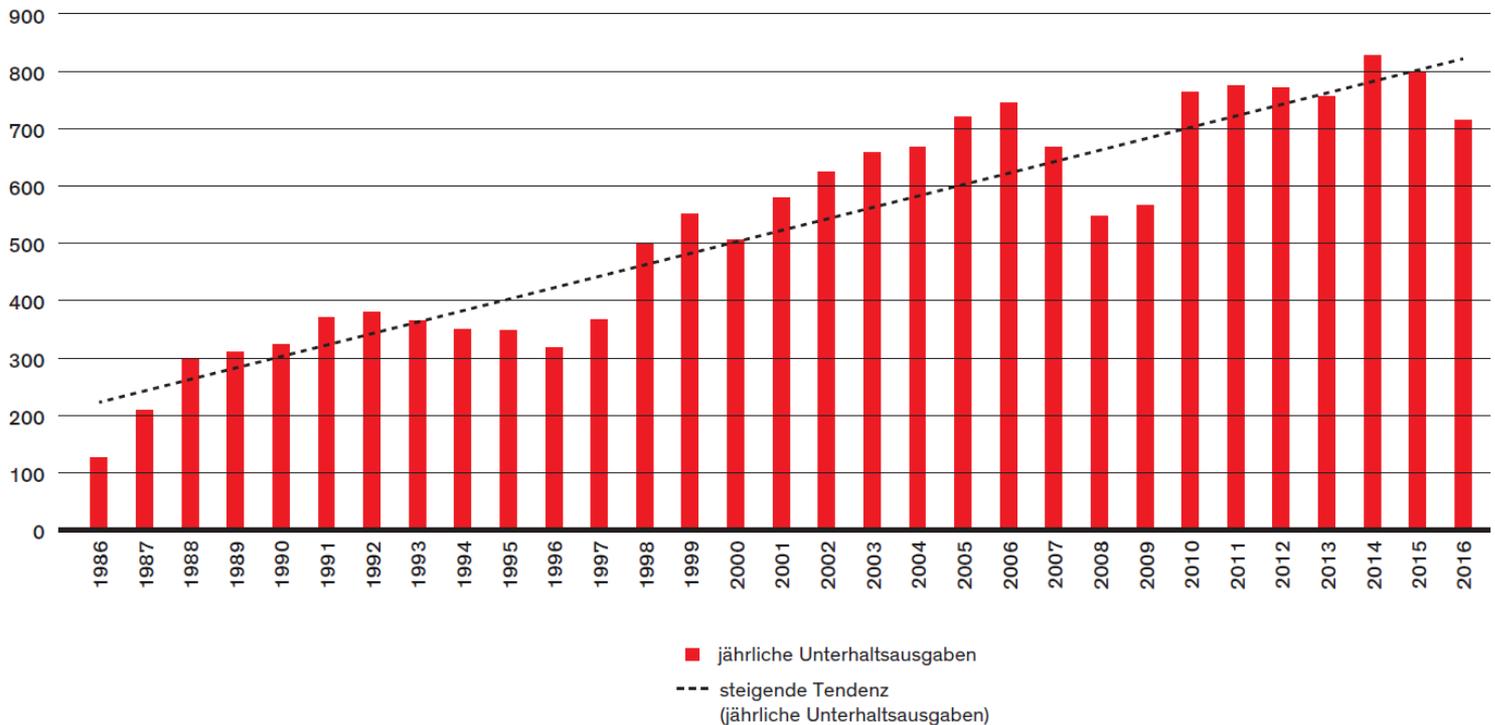
Investitionen 2016 der Kunstbauten

- Unterhalt : ca. 200 Mio. CHF
- Ausbau : ca. 50 Mio. CHF



# Tendenz der Unterhaltsausgaben der Nationalstrassen 1986 - 2016

Ausgaben  
in Millionen  
Franken

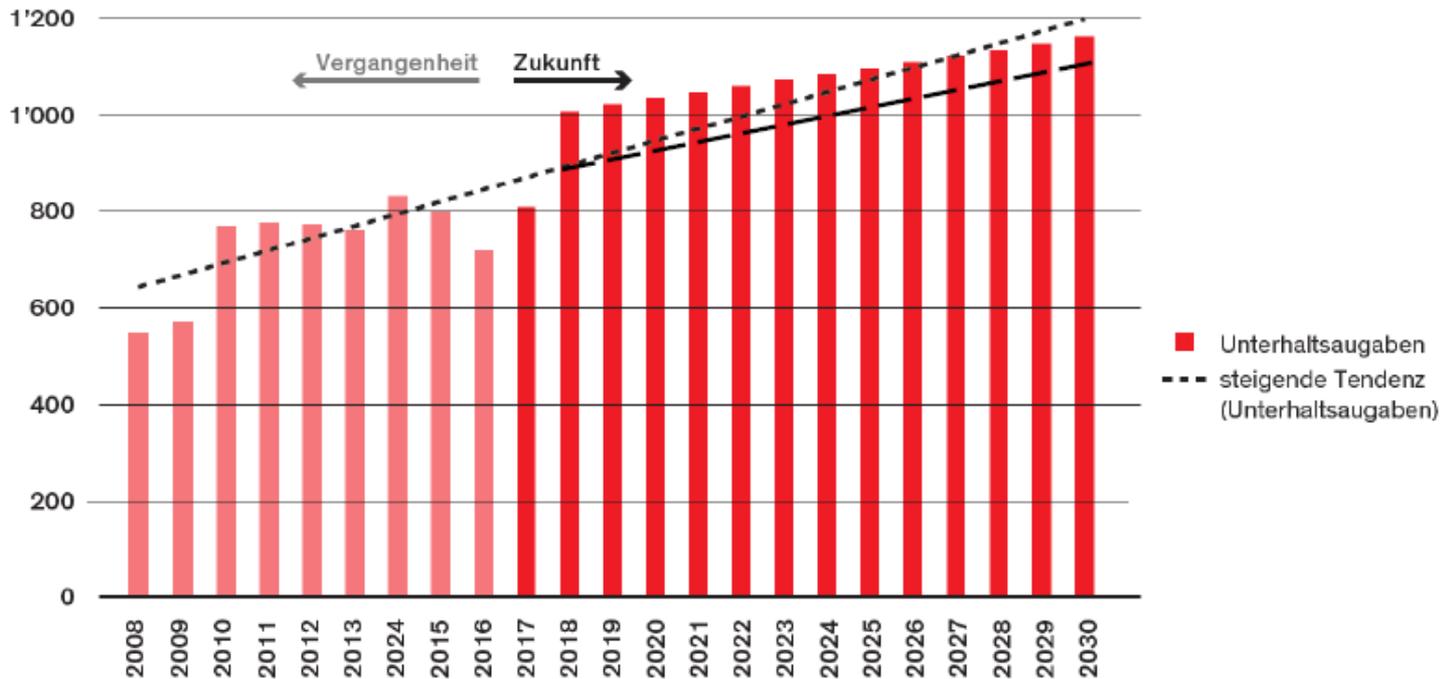




# Voraussichtliche Entwicklung der Unterhaltskosten der NS bis 2030

Entwicklung der Unterhaltskosten der Nationalstrassen

Mio. Franken



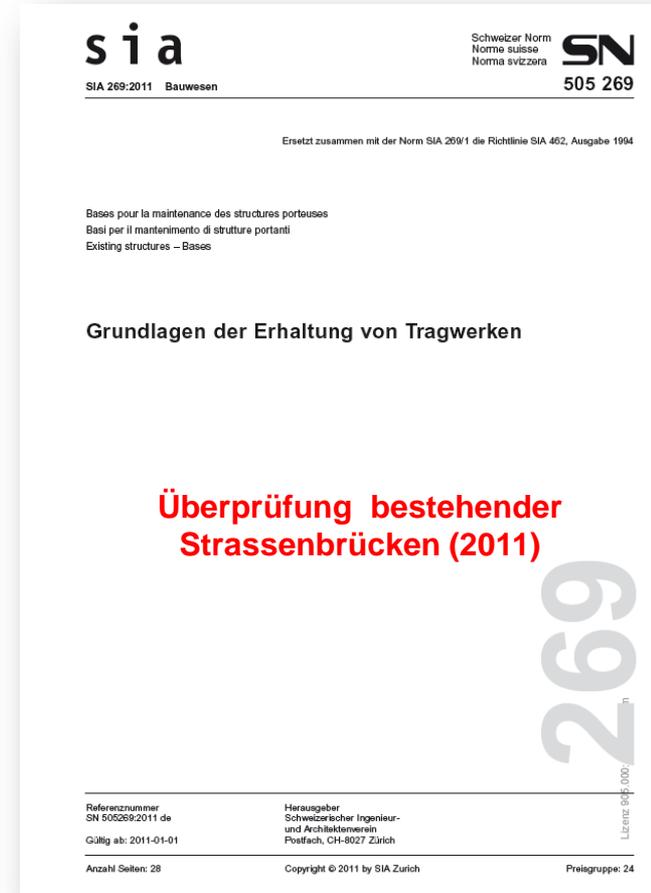
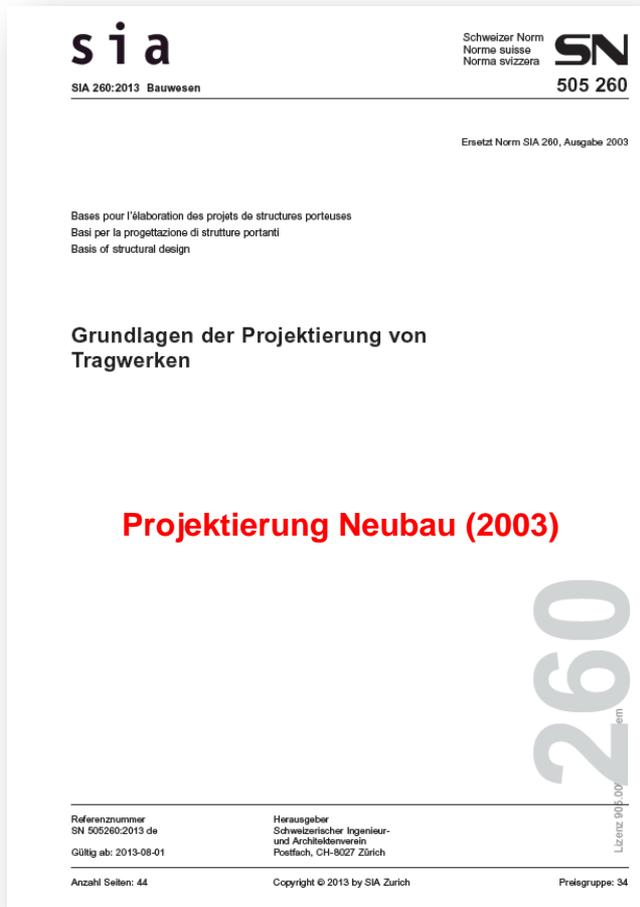


## Teil 2 – Nachrechnung bestehender Brücken

- Tragwerksnormen
- Zunahme des Verkehrs
- Querkrafttragsicherheit
- Erdbebenvorsorge des Bundes



# SIA Tragwerksnormen 1903 - 2017



1837



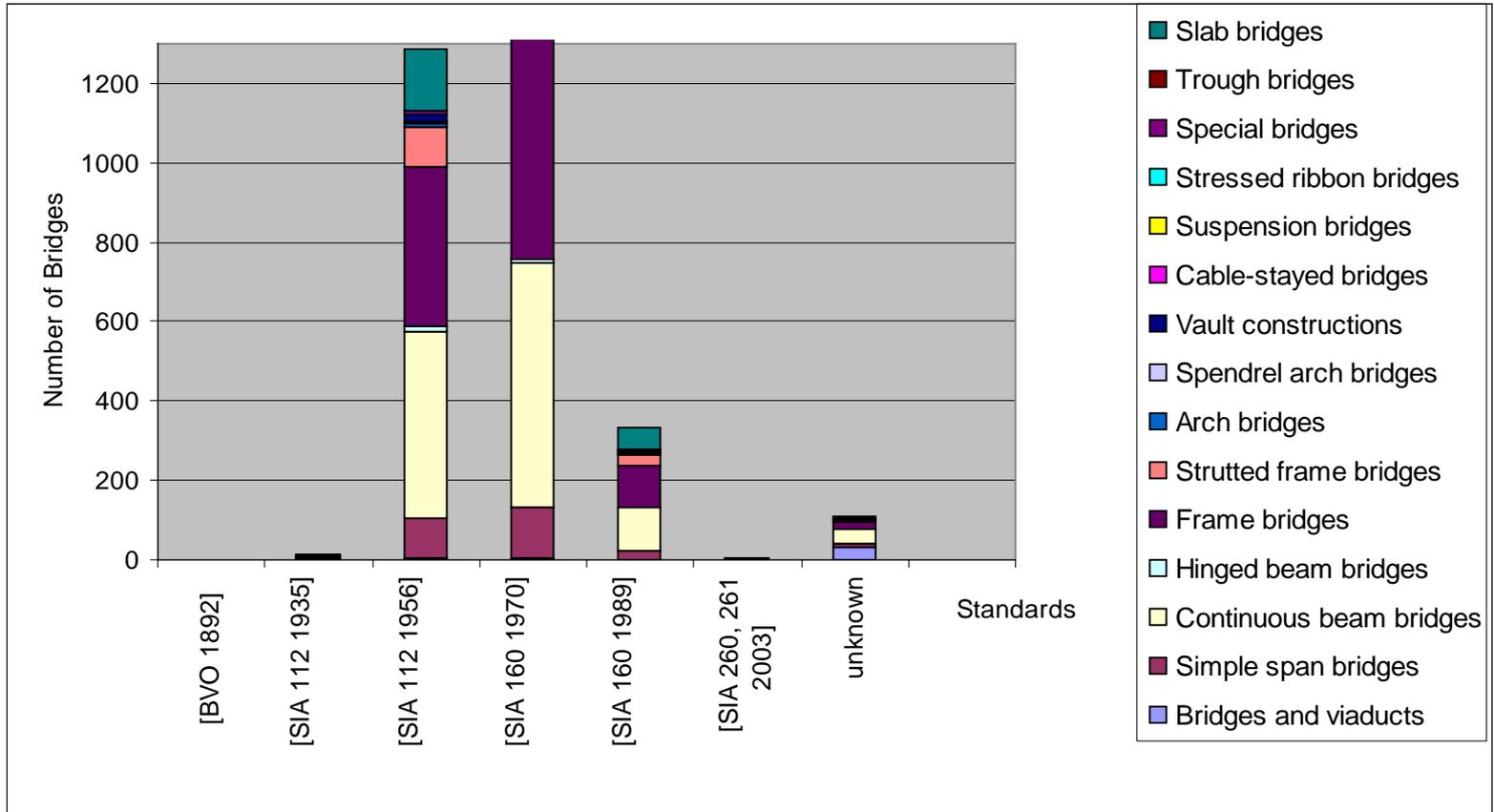
1903 – 1956 – 1968 – 1976 – 1989 – 2003 - 2011

2017





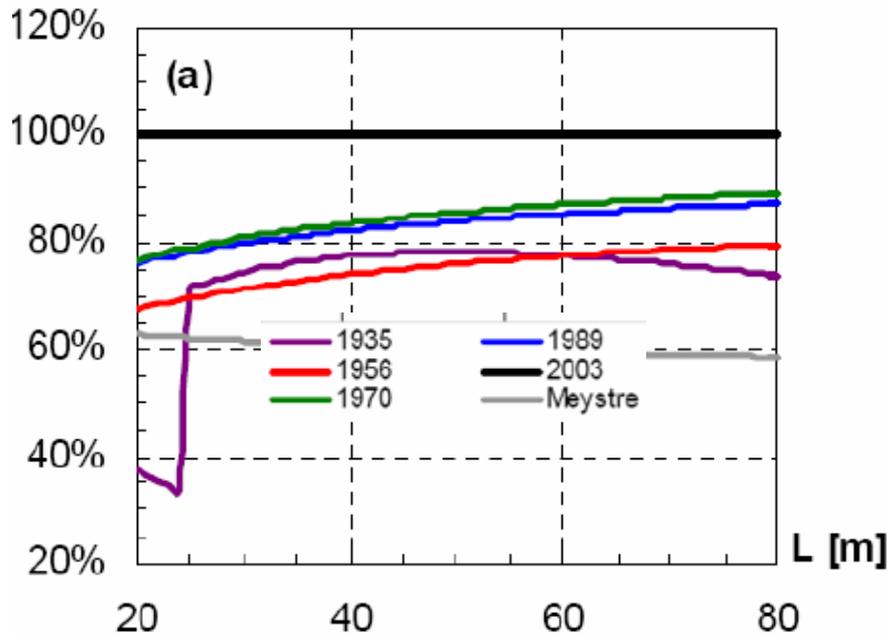
# Anzahl der Brücken Nationalstrassen nach Bauwerksart und Einwirkungsnormen



Die meisten Brücken wurden nach den Normen SIA 162/1956 und SIA 162/1968 projektiert und bemessen. [AGB Bericht Nr. 623-2009, Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten]



# Entwicklung der Strassenverkehrslasten über die Normengenerationen



Gesamte vertikale Strassenverkehrslasten auf Kennwertniveau, bezogen auf SIA 261 2003, für eine Fahrbahnbreite von 9.0 m.

100% SIA Norm 261 2003

AGB Forschungsbericht TP 107, 2009

Normengeneration		Kräfte				
		1935 <sup>1)</sup>	1956 <sup>1)</sup>	1970 <sup>1)</sup>	1989	2003 <sup>2)</sup>
Anfahrkraft	[kN]	--	--	0	0	$324 + 2.43 \cdot L \leq 900$
Bremskraft		--	--	$98 + 1.96 \cdot L \leq 294$	$100 + 2 \cdot L \leq 300$	$324 + 2.43 \cdot L \leq 900$



# Nachweis der Querkraftwiderstand gemäss der SIA Norm 162 - 1956

Bemessung der Schubbewehrung abhängig von den zulässigen Schräge Hauptzugspannungen:

1.  $\sigma_1 \leq 0.5 \times (\beta_d)^{1/2}$

2.  $0.5 \times (\beta_d)^{1/2} \leq \sigma_1 \leq 1.2 \times (\beta_d)^{1/2}$

Fall 1 – keine Schubbewehrung

Fall 2 – Schubbewehrung

### 3. Zulässige Spannungen

Art. 66

In kg/cm<sup>2</sup>

Beton

Zulässige Kantenpressungen:

Zulässige Zugspannungen:

1. Zugspannungen am Rande unter Gebrauchslast:

Ohne Temperatur . . . . . 0 0

Mit Temperatur . . . . . 10  $0,5 \cdot \sqrt{\beta_d}$

2. Während der Ausführung dürfen zeitlich begrenzte Zugspannungen zugelassen werden im Betrag von . . . . . 20  $\sqrt{\beta_d}$

Zulässige schräge Hauptzugspannungen:

1. Im allgemeinen . . . . . 8  $0,5 \cdot \sqrt{\beta_d}$

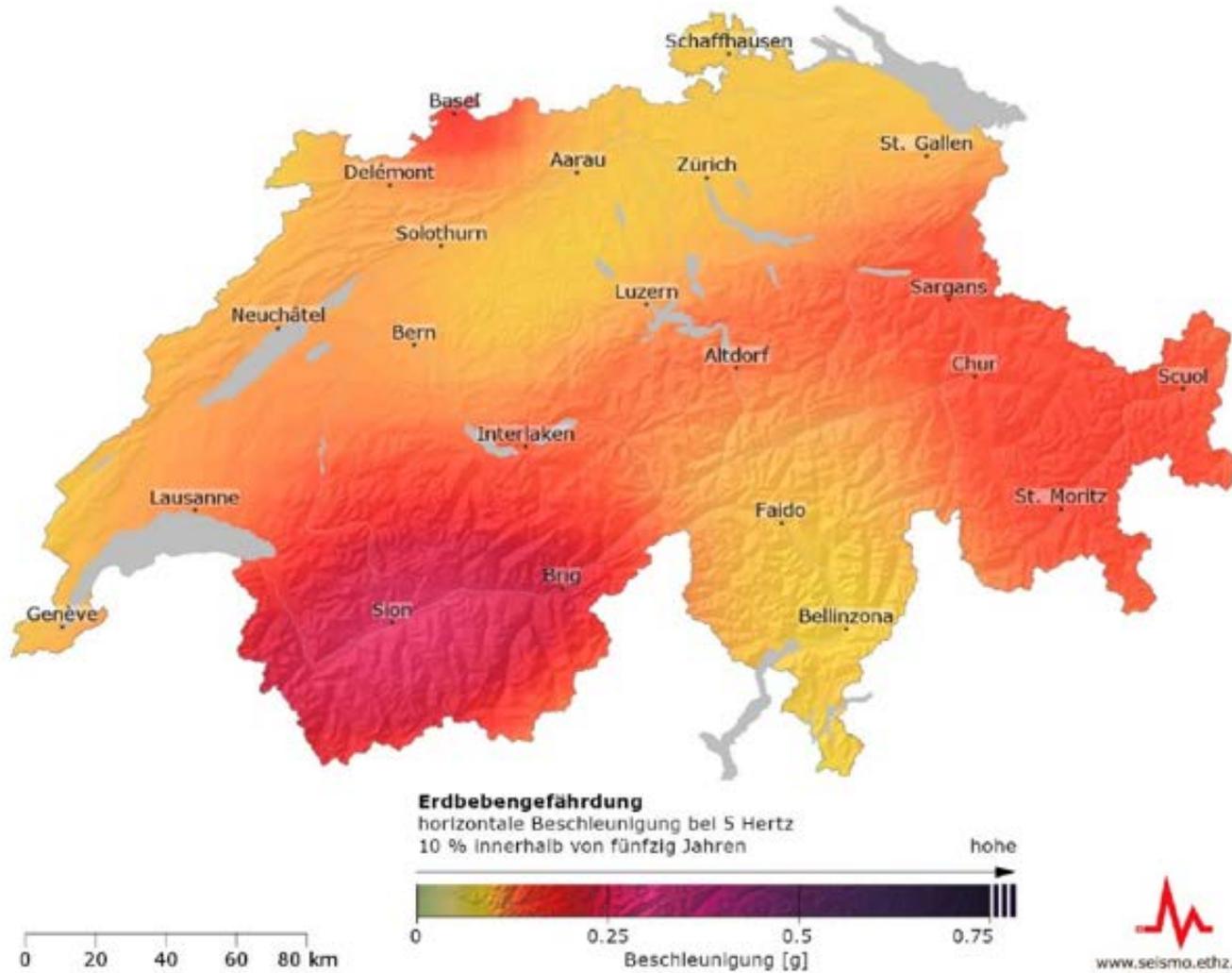
2. Werden die Werte unter 1. überschritten, so sind sämtliche Zugspannungen durch schlaife Armierungen gemäss Artikel 34 aufzunehmen. In diesem Falle dürfen die schrägen Hauptzugspannungen folgende Werte nicht überschreiten . . . . . 20  $1,2 \cdot \sqrt{\beta_d}$

B. H.	B. S.
120	$\beta_d/2,5$ $\leq 200 \text{ kg/cm}^2$
0	0
10	$0,5 \cdot \sqrt{\beta_d}$
20	$\sqrt{\beta_d}$
8	$0,5 \cdot \sqrt{\beta_d}$
20	$1,2 \cdot \sqrt{\beta_d}$

Source: SIA standard 162 / 1956, page 39

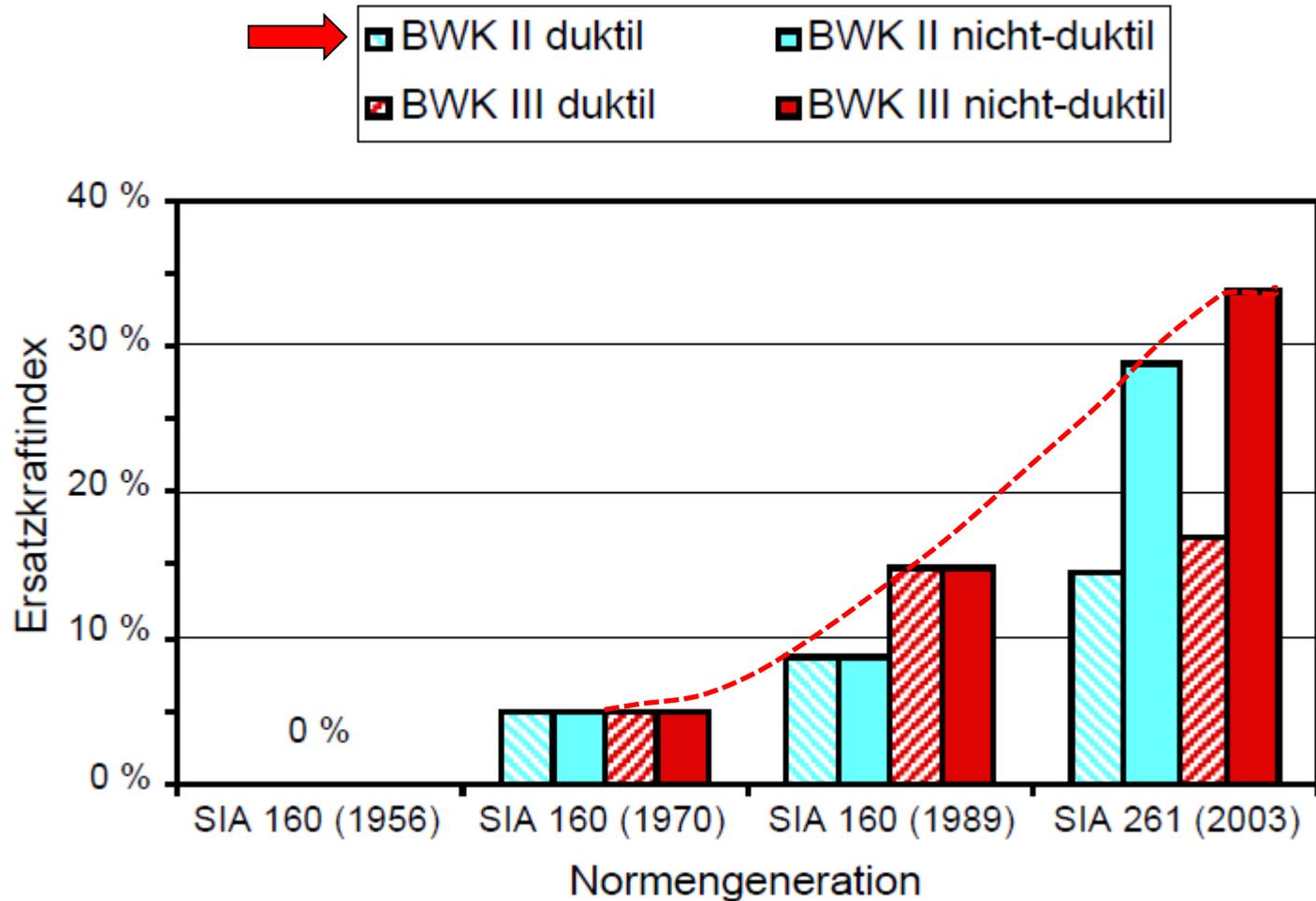


# Erdbebengefährdung der Schweiz





# Entwicklung der Erdbebennormen in der Schweiz für Neubauten





# Erdbebensicherheit der bestehenden Brücken des ASTRA

Total geprüfte NS Brücken Stand 2007	Erdbebensicherheit genügend	Erdbebensicherheit ungenügend	
	$\alpha_{\text{eff}} > 0.7$	1. Priorität $\alpha_{\text{eff}} < 0.4$	2. Priorität $0.4 \leq \alpha_{\text{eff}} < 0.7$
4168	3368	261	539
100%	81%	6%	13%

Umsetzung der Strategie	Überprüfung	bis 2012	bis 2017
	Ertüchtigungsmassnahmen	SOMA	bis 2035 UPlaN S

$\alpha_{\text{eff}} = A_R / A_d$  Erfüllungsfaktor der Tragsicherheit



## Teil 3 – Brückeninstandsetzung

- Grundlagen der Erhaltungsplanung
- Verstärkung - N09 Viadukt Chillon
- Verhältnismässigkeit der Massnahmen



# Überwachung und Erhaltungsplanung von Brücken

- Hauptinspektion (5 J) – Zwischen- oder Sonderinspektionen
- Zustandserfassung in KUBA - Bericht
- Unterhaltsplanung UPlaNS erfolgt in 3 Phasen / 20-Jahre-Zeitraum:
  - EK – Globales Erhaltungskonzept
  - MK – Massnahmenkonzept
  - MP – Massnahmenprojekt (SoMa, VoMa, UeMa)
- Bau unter Verkehr, ohne Spurabbau



# N09 Viadukt Chillon, Montreux UHFB Verstärkung der Fahrbahnplatte



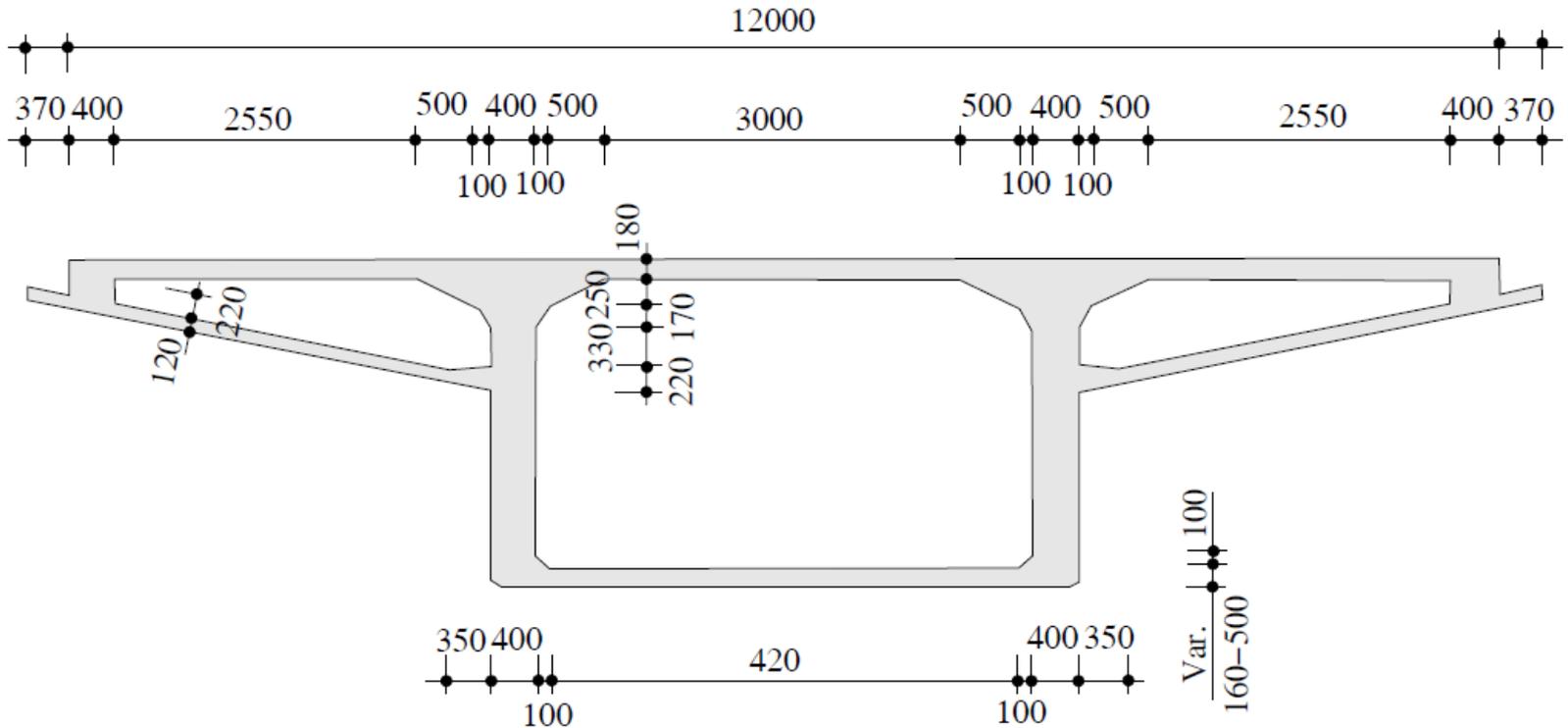


# 1. Freivorbau mit Segment-Fertigteilen





# Querschnitt des Fertigteil-Segmentes



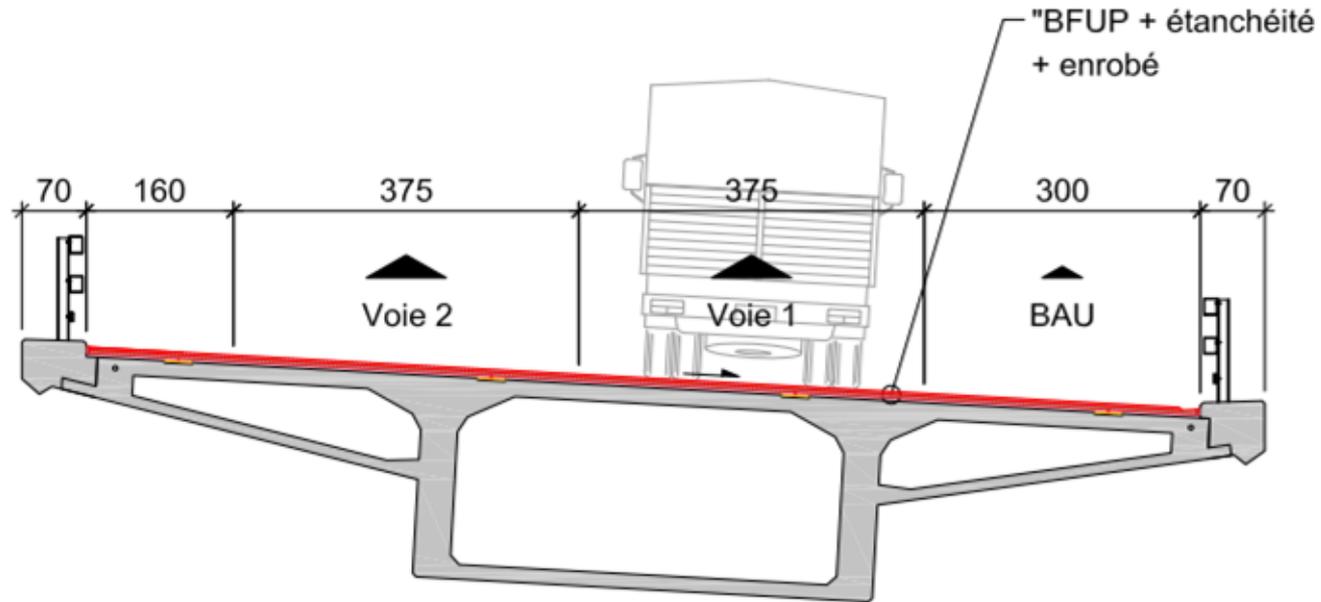
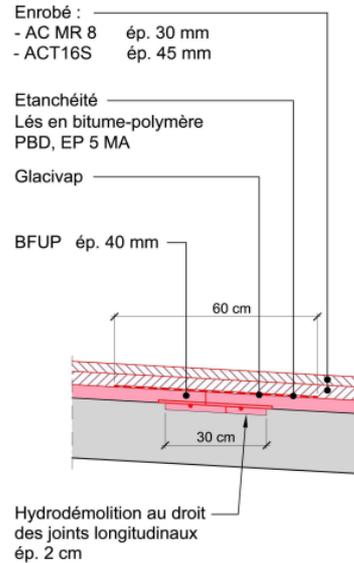


## 5. Ziele der Verstärkung der Fahrbahnplatte

- Alle Möglichkeiten ausschöpfen, um ein Eindringen von Wasser in den Beton zu verhindern (die Ausbreitung der AAR möglichst gering zu halten);
- Die Spannungsamplituden durch eine Versteifung der Platte reduzieren;
- Den Tragwiderstand vergrössern;
- Die Verformungen in Längsrichtung der Fahrbahnplatte beschränken.



# Verstärkungmassnahme mit einem Ultra-Hochleistungs-Faserbeton UHFB Überbeton





# N09 Viadukt de Chillon - Verstärkung mit UHFB





# Abdichtung und Belagsaufbau auf dem UHFB



## Rolle der PBD Abdichtung:

- Dichtigkeit der Arbeitsfugen (AAR)
- Haftung MA-UHFB
- Überdeckung (Korrosionsschutz) der Bewehrung



## Teil 4 – Stützbauwerke

- Präventive Strategie zur Erhaltung
- Forschungsprojekte des ASTRA-AGB

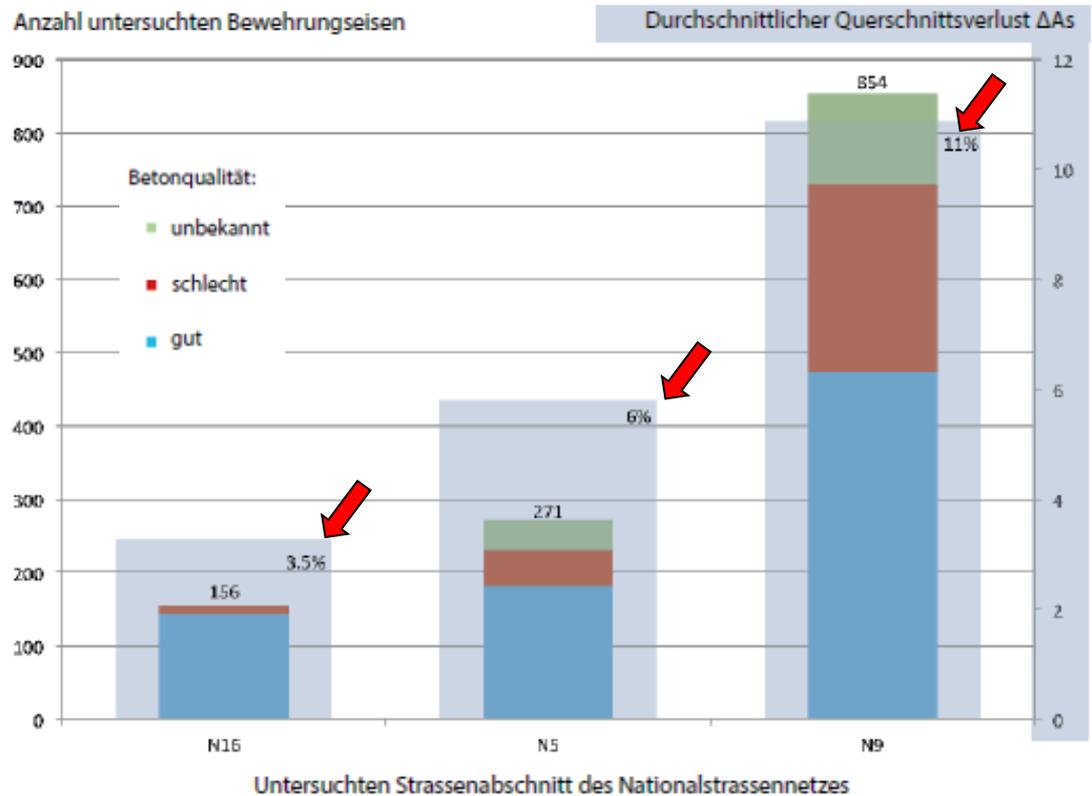


# Instandsetzungsmassnahmen der Stützbauwerke auf der N09





# Statistiken zur Korrosion der Bewehrung der Winkelstützmauern





# Schlussfolgerungen des Pilotprojektes ASTRA zu Winkelstützmauern

- Aktuelle visuelle und nicht-zerstörende Inspektionsmethode ermöglichen nicht den genauen Zustand zu erkennen
- Die Porosität des Betons an Arbeitsfuge zwischen Fundament und Wand gewährleistet sehr oft nicht den alkalinen Schutz der Bewehrung
- Aufgrund ihres Tragsystems als Kragkonstruktion und der lokalisierten Korrosionsart wird das Versagen als Sprödbruch betrachtet
- Neue konstruktive Hinweise wurden definiert (z.B. grössere Überdeckung 55-60 mm, Beschränkung der horizontalen Bewehrungsdurchmesser auf 16-22 mm,...)
- Erstellung eines neuen technischen ASTRA-Merkblatts 24 001-15105



# Forschungsprojekte ASTRA AGB zu den Winkelstützmauern

- **Risiko von bestehenden Stützmauern** : Prioritäten der Zustandserfassung von bestehenden Stützmauern besser zu definieren.
- **Versagensmechanismus von Winkelstützmauern** : Anhand von grundlegenden theoretischen Modellen wird das statische und dynamische Verhalten der Bauwerke bis zum Bruch abgebildet
- **Zerstörungsfreie Messmethoden** : Eine geeignetes Monitoring-Verfahren mit Alarmsystem für nicht-verankerte Stützbauwerke soll entwickelt werden



# Fazit

- Ungefähr 50% der bestehenden Autobahnbrücken in der Schweiz haben etwa die Hälfte ihrer Nutzungsdauer ausgeschöpft.
- Die rechnerische Tragsicherheit der bestehenden Brücken erfüllt selten die Tragsicherheitsanforderungen der gültigen Normen für Neubau => Normen für Erhaltung
- Aktualisierte Lasten und Materialeigenschaften und unkonventionelle Berechnungsmodelle sind für den Nachweis der Tragsicherheit bestehender Brücken notwendig.
- Die hohen Instandsetzungskosten der vorgestellten Beispiele zeigen: Dort, wo eine Kapazitätserweiterung zu erwarten ist, bleibt ein frühzeitiger Ersatz eine Option.



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

