



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze

Nationalstrasseninfrastruktur – Standards und Entwicklungen

22. November 2023, Bern

Nutzen von Überwachungstechnologien für die Nationalstrassen – eine Analyse (NTech)

Christian Gammeter

Fachbereichsleiter Tunnel und Geotechnik



Inhalt

1. Kontext

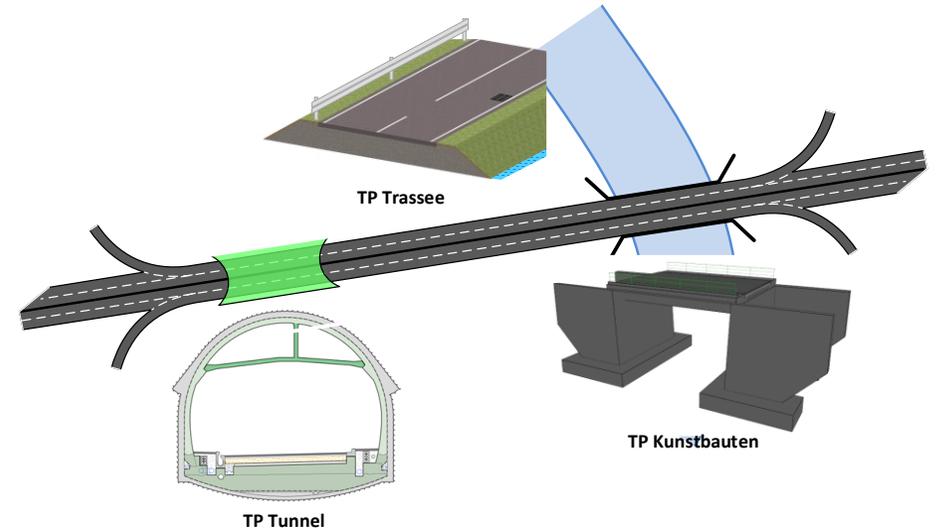
2. Das Projekt NTech

3. Ziele / Was wollen wir?

4. Methodik / Wie wir vorgegangen sind?

5. Resultate / Was wir nun haben?

6. Zugang / Wie kann ich die Resultate nutzen?





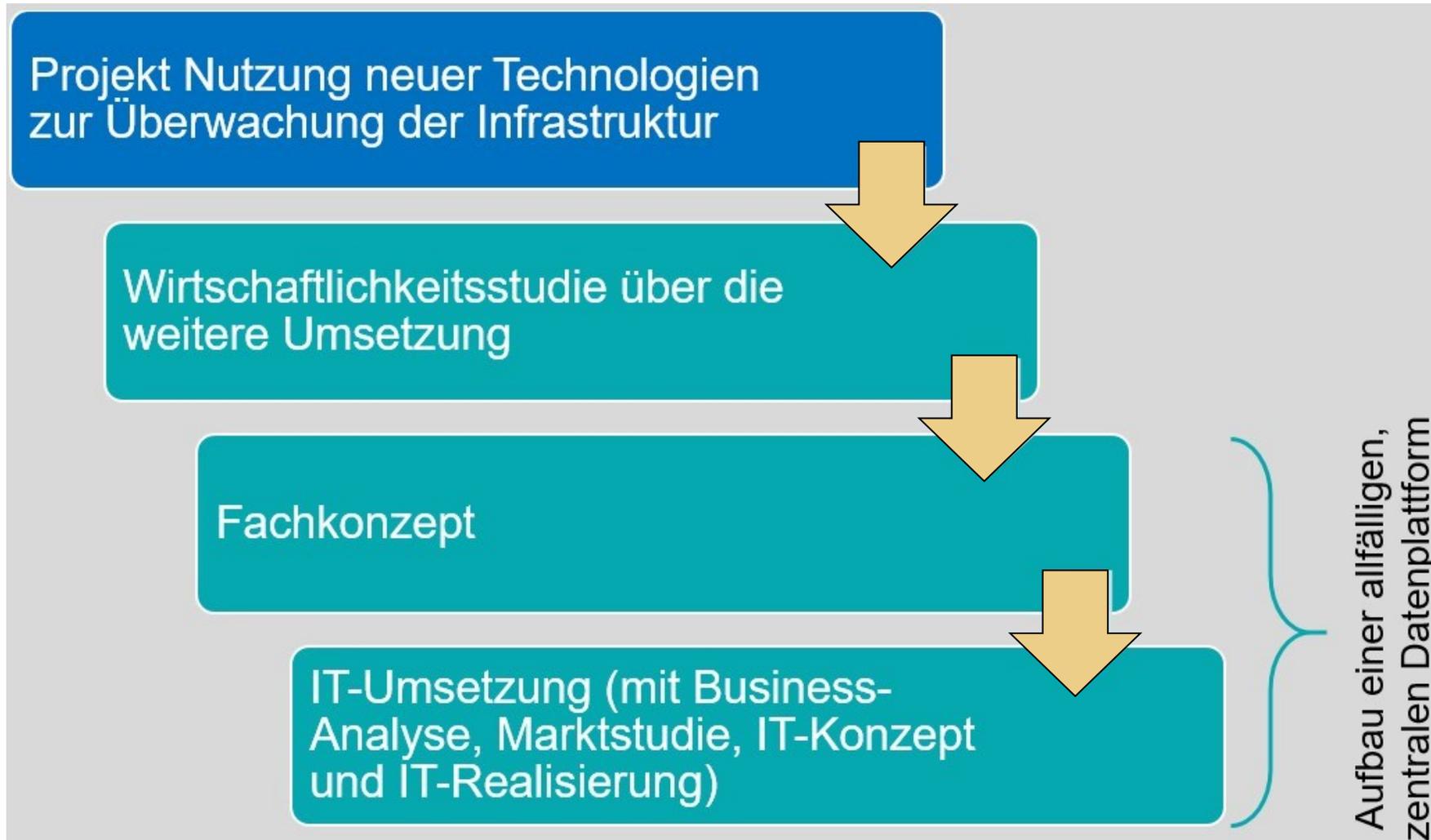
Kontext (1) – langfristige Vision

Vision:

- Das ASTRA kennt die nützlichen Technologien zur Unterstützung der Überwachung und der langfristigen Erhaltung der Nationalstrassen.
- Die werthaltigen Technologien kann das ASTRA situationsgerecht und kosteneffizient anwenden.
- Das ASTRA nutzt eine zentrale Datenplattform zur Überwachung der Zustände in Echtzeit für alle kritischen Inventarobjekte (Tunnel, Kunstbauten, etc.).
- Wo die technologische Entwicklung Potential aufzeigt, lotet das ASTRA ihren Nutzen für die Überwachung der Infrastruktur in Pilotanwendungen und in der Forschung systematisch aus.



Kontext (2) – langfristige Umsetzung



Umsetzung der Vision erfolgt in mehreren Schritten

Analyse des Nutzens erfolgt im ersten Schritt (Projekt NTech)



Das Projekt NTech



Projektleitung:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze

ASTRA, Standards und Sicherheit der Infrastruktur

Auftragnehmer:



Projektdauer: 2021 – 2024



Ziele

Schnelle Übersicht über die verfügbaren Technologien bei einer konkreten Fragestellung

Einschätzung des Potentials für einen weitverbreiteten / standardmässigen Einsatz

Erste schnelle Information über das Potential resp. des Nutzens im Anwendungsfall

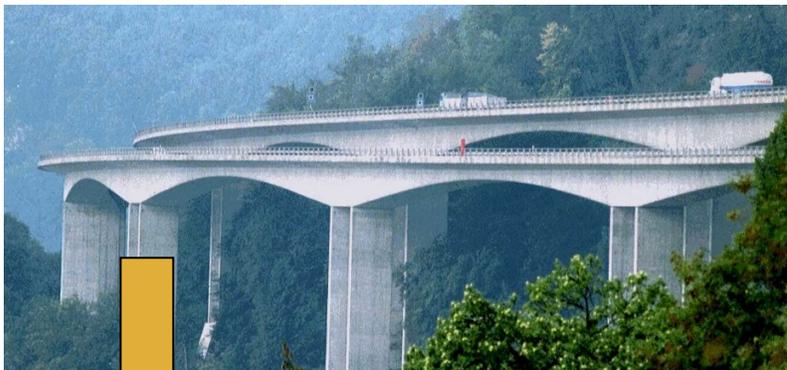
Schnelle Zuordnung der verfügbaren Technologien zu Bauwerkstypen und Bauwerksteilen

Weitergehende Empfehlungen für Pilotanwendungen

Weitergehende Empfehlungen für künftige Forschungen

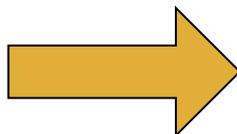


Die Idee

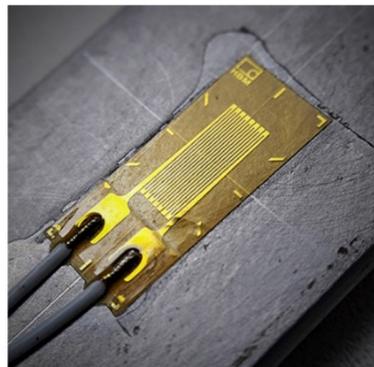


Zuordnung Bauwerksteil und Fragestellung

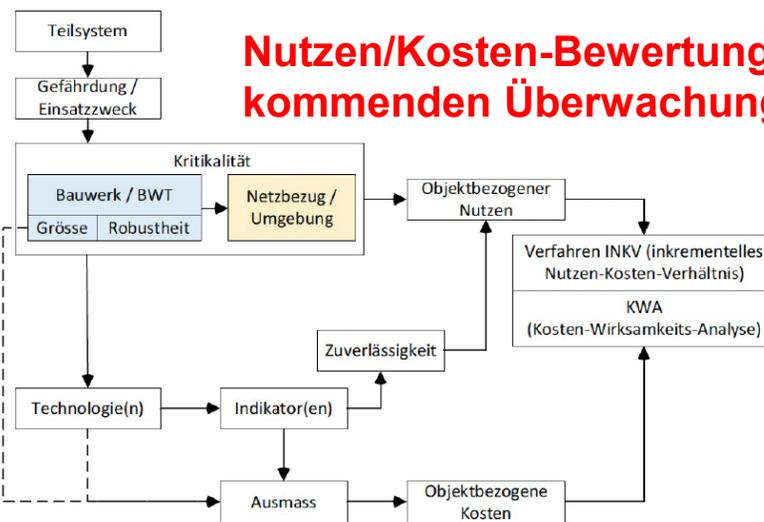
Funktion	Einsatzzweck	Mess-/Fragestellung	Technologie		Einsatz in	Oberfläche	Pfeiler	Stütz-/Pfeiler/Pylon	Wiederlager	Fahrbahnübergänge	andere	Lager	Vor Bauphase (N)	Während Bauph. (W)	Einsatz/Durchführung-Zeitpunkt	nach Bauphase (N)		
			Name	TC														
Schwingung	Mess-/Fragestellung	Schwingung	Ris.	Fugentreffer	FUG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
			EL	Dehnungsstreifen	DMR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			FL	Faseroptische Sensoren	FOS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			LA	Lasersensoren	LAS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			RA	Terrestrische Radarinterferometrie	RAI	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			GR	Geophon/Sensoren	GRN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			FB	Force Balance Accelerometer	FBA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			PZ	Piezosensoren	PZT	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			MR	Kapazitive MEMS	KAP	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
			EN	Endoskopie	END	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MC	Mikroskopie	MKS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
DC	DC	DC	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
AE	Akustische Emission	AE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
IMP	Impulsantwort	IMP	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
ECH	Impuls-Echo	ECH	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
UTS	Ultraschallprüfung	UTS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
RTD	Radiologische Techniken	RTD	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
CTM	Computertomografie	CTM	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
GPS	GPS	GPS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
ECT	Eddy Current Testing	ECT	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
MS	Magnetflußverfahren	MS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
WV	Widerstandsverfahren	WV	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
PS	Potentialstrommessung	PS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
RT	Retrad Thermografie	RT	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			



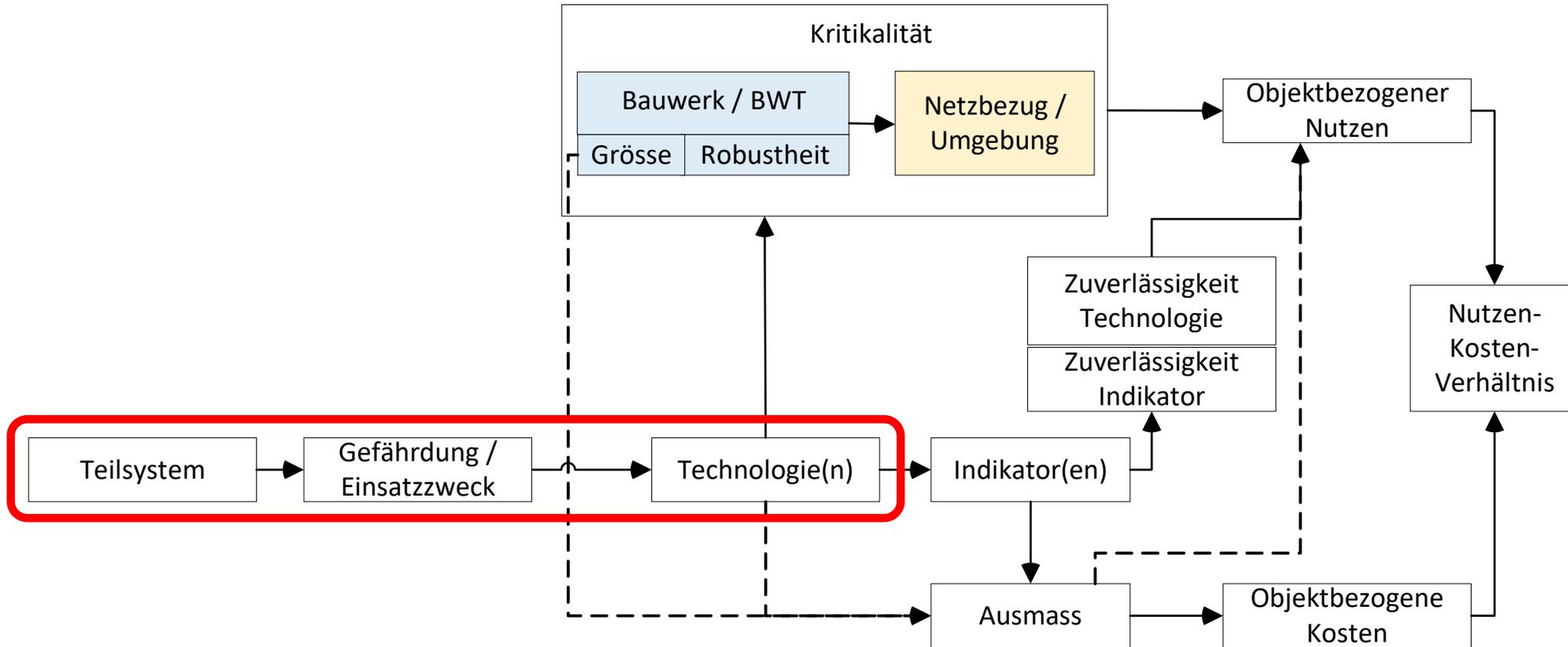
Optimaler Einsatz von Überwachungstechnologien



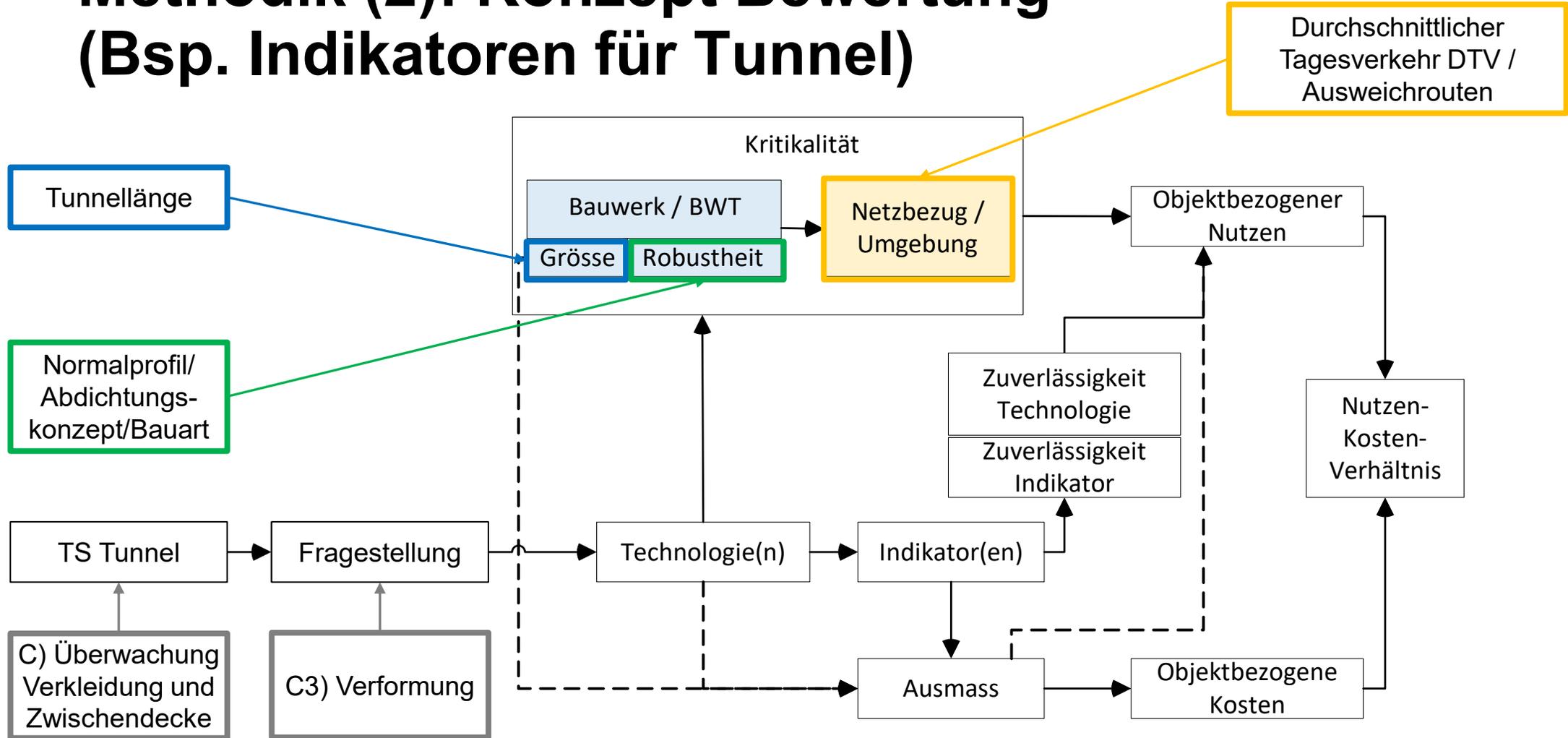
Nutzen/Kosten-Bewertung der in Frage kommenden Überwachungstechnologien



Methodik (1): Konzept Bewertung (qualitativ)



Methodik (2): Konzept Bewertung (Bsp. Indikatoren für Tunnel)





Methodik (3): Konzept Bewertung - Indikatoren

Robustheit

Normalprofile

- Bergmännische Tunnel
 - Kreisprofil
 - Maulprofil
 - Hufeisenprofil
- Tagbautunnel
 - Rechteckprofil
 - Gewölbepprofil (Streifenfundament oder Sohlplatte)

Quelle: Lombardi AG

Abdichtungskonzept

- Ableitkonzept (drainierend)
 - Regenschirmabdichtung
 - Drainierte Vollabdichtung
- Verdrängungskonzept (druckhaltend)
 - Vollabdichtung
 - Prinzip Weisse (z.B. bei Tagbautunnel)

Bauart Innenschale

- Stahlbeton
- Bewehrter Beton

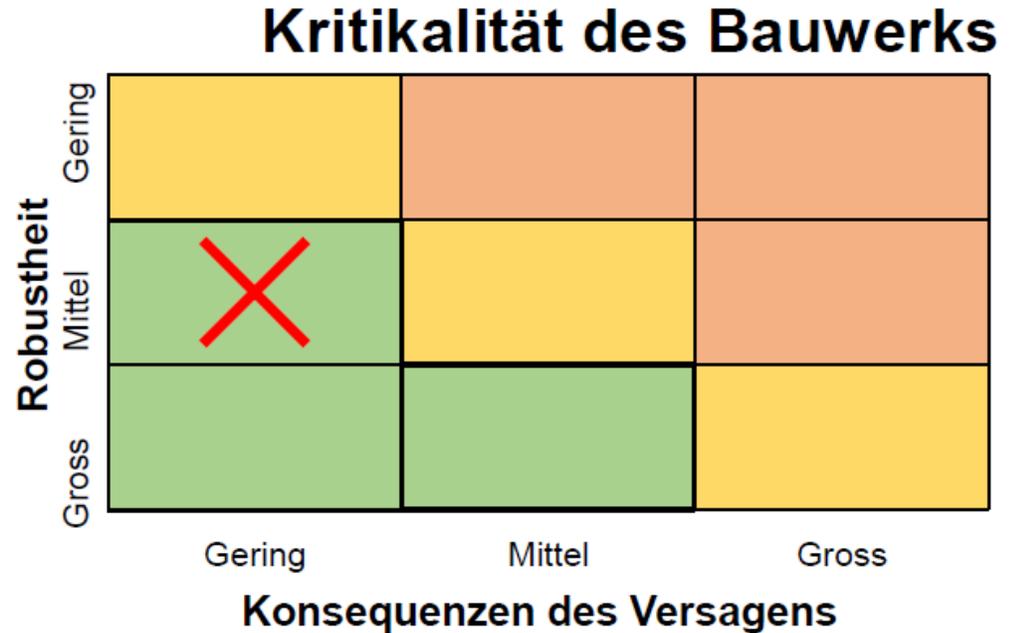
Quelle: SIA Norm 272

Geologie	Profilform	Bauart Innenschale	Abdichtungskonzept	Robustheit
Lockergestein	Maulprofil	Stahlbeton	drainierend	Mittel
			druckhaltend	Mittel
Festgestein	Kreisprofil	Stahlbeton	drainierend	Hoch
			druckhaltend	Hoch
	Hufeisenprofil	Stahlbeton	drainierend	Mittel
			druckhaltend	Gering
	Maulprofil	Stahlbeton	drainierend	Mittel
			druckhaltend	Mittel
		Beton (unbewehrt)	drainierend	Gering
			druckhaltend	Gering
Kreisprofil	Stahlbeton	drainierend	Hoch	
		druckhaltend	Hoch	
	Beton (unbewehrt)	drainierend	Hoch	
		druckhaltend	Mittel	



Methodik (4): Konzept Bewertung – Kritikalität

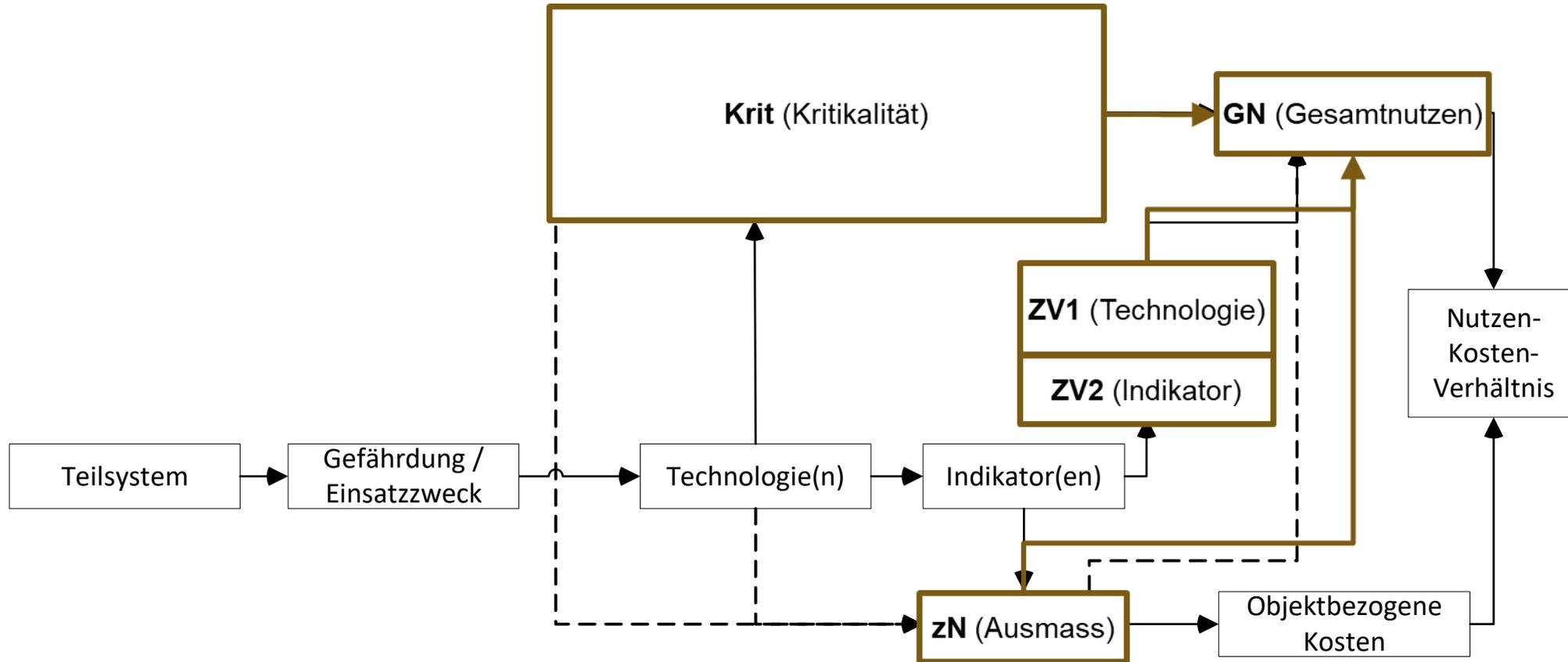
Geologie	Profilform	Bauart Innenschale	Abdichtungskonzept	Robustheit
Lockergestein	Maulprofil	Stahlbeton	drainierend	Mittel
			druckhaltend	Mittel
	Kreisprofil	Stahlbeton	drainierend	Hoch
			druckhaltend	Hoch
Festgestein	Hufeisenprofil	Stahlbeton	drainierend	Mittel
		Beton (unbewehrt)	drainierend	Gering
	Maulprofil	Stahlbeton	drainierend	Mittel
			druckhaltend	Mittel
		Beton (unbewehrt)	drainierend	Gering
			druckhaltend	Gering
	Kreisprofil	Stahlbeton	drainierend	Hoch
			druckhaltend	Hoch
		Beton (unbewehrt)	drainierend	Hoch
			druckhaltend	Mittel



Krit
1
2
3

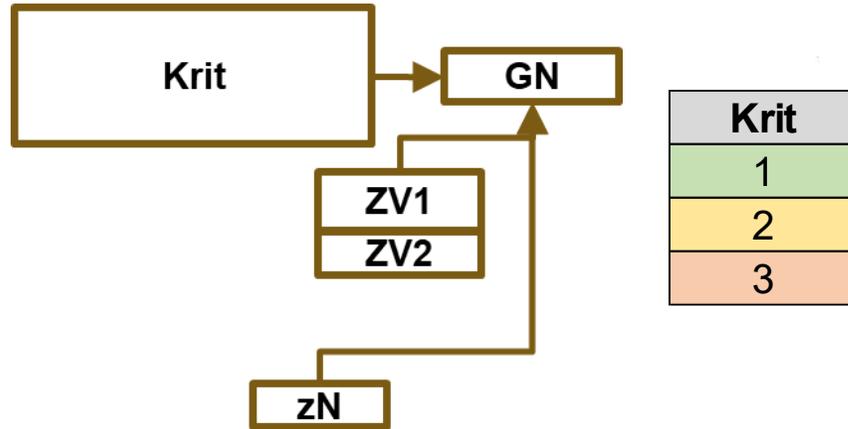


Methodik (5): Konzept Bewertung - Indikatoren für Nutzen





Methodik (6): Konzept Bewertung - Indikatoren für Nutzen



Zuverlässigkeit		
ZV1	Kategorie	Technologieakzeptanz
	1	Forschung notwendig
	2	Pilotprojekt notwendig
	3	im Einsatz

Zuverlässigkeit		
ZV2	Kategorie	Aussagekraft
	1	klein
	2	mittel
	3	gross

Ausmass		
zN	Kategorie	zusätzlicher Nutzen bei grossem Ausmass
	1	gering
	2	klein
	3	mittel
	4	gross
	5	sehr gross



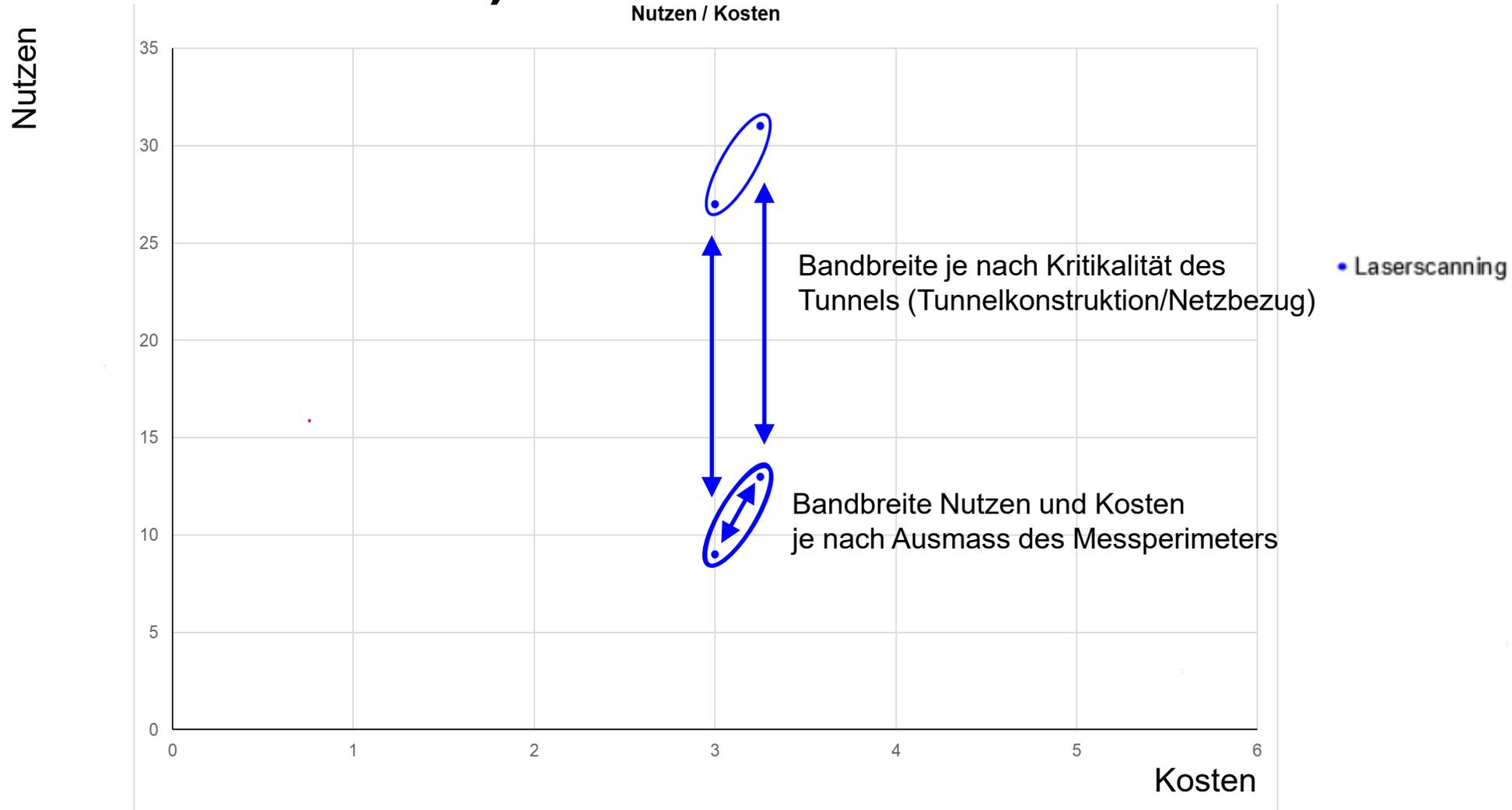
Methodik (7): Konzept Bewertung – Nutzen (2) (Beispiel Tunnel)

$$GN = \text{Krit} \cdot ZV1 \cdot ZV2 + zN$$

	Kritikalität		Objektbezogener Nutzen									
	Robustheit - Netzbezug		Kat.	Zuverlässigkeit Technologie	Kat.	Aussagekraft Indikator	Kat.	Zusätzlicher Nutzen	Resultierende Bewertung des Objektbezogenen Nutzen			
	untere Grenze	obere Grenze							untere Grenze	Zusätzlicher Nutzen (Ausmass)	obere Grenze	Zusätzlicher Nutzen (Ausmass)
Laserscanning	1	3	3	im Einsatz	3	Gross	4	gross	9	13	27	31
Geodätische Aufnahmen	1	3	3	im Einsatz	2	Mittel	3	mittel	6	9	18	21
Schlauchwaage	1	3	3	im Einsatz	1	Klein	1	gering	3	4	9	10
Faseroptische Dehnungsmessungen	1	3	3	im Einsatz	2	Mittel	5	sehr gross	6	11	18	23
Neigungsänderungen (Clinometer)	1	3	3	im Einsatz	1	Klein	1	gering	3	4	9	10
Distometer	1	3	3	im Einsatz	1	Klein	2	klein	3	5	9	11
Nivellement	1	3	3	im Einsatz	2	Mittel	3	mittel	6	9	18	21
Fugen- und Rissmessgerät	1	3	3	im Einsatz	1	Klein	1	gering	3	4	9	10

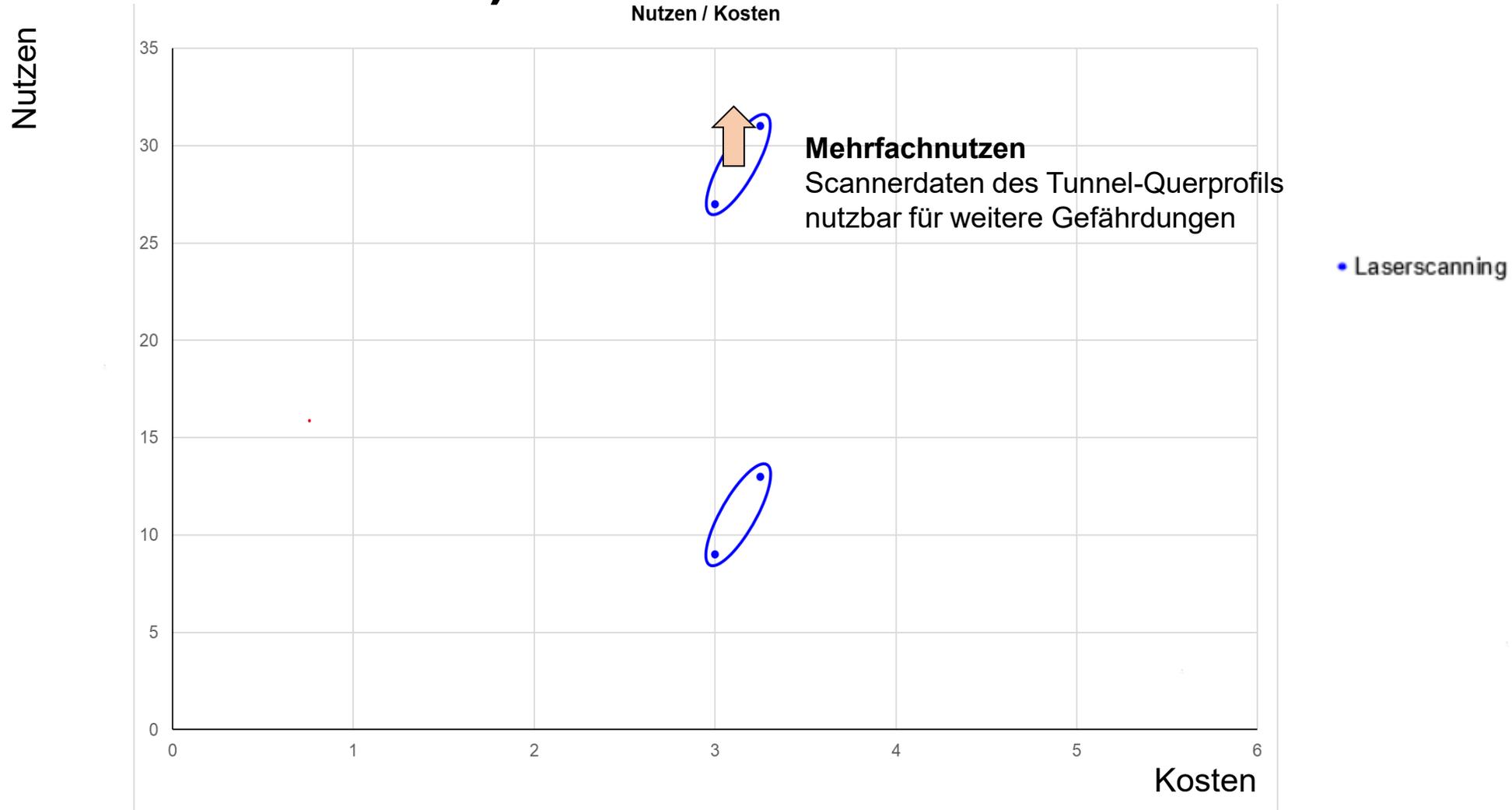


Methodik (8): Konzept Bewertung (Bsp. Quellhebung Tunnelsohle)



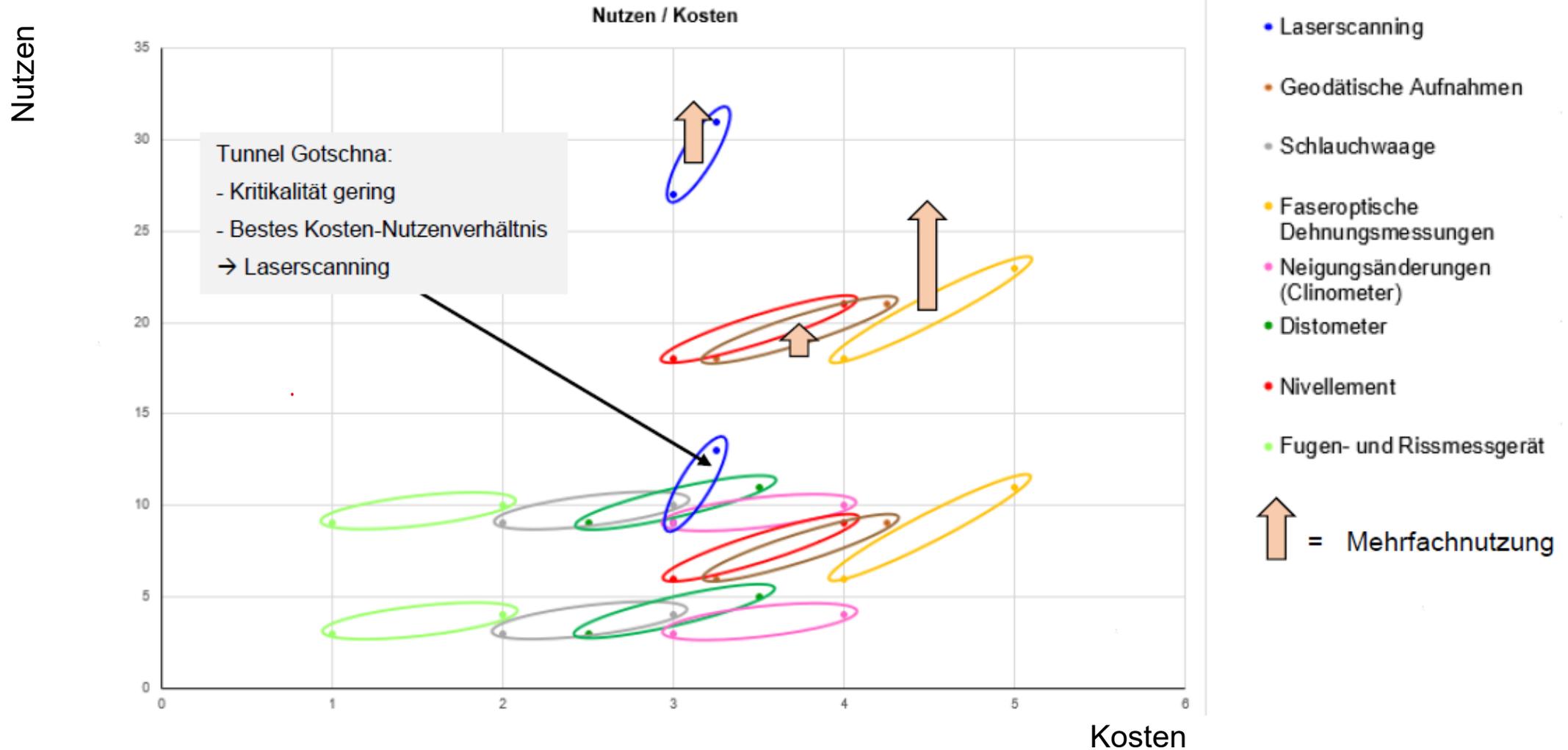


Methodik (8): Konzept Bewertung (Bsp. Quellhebung Tunnelsohle)



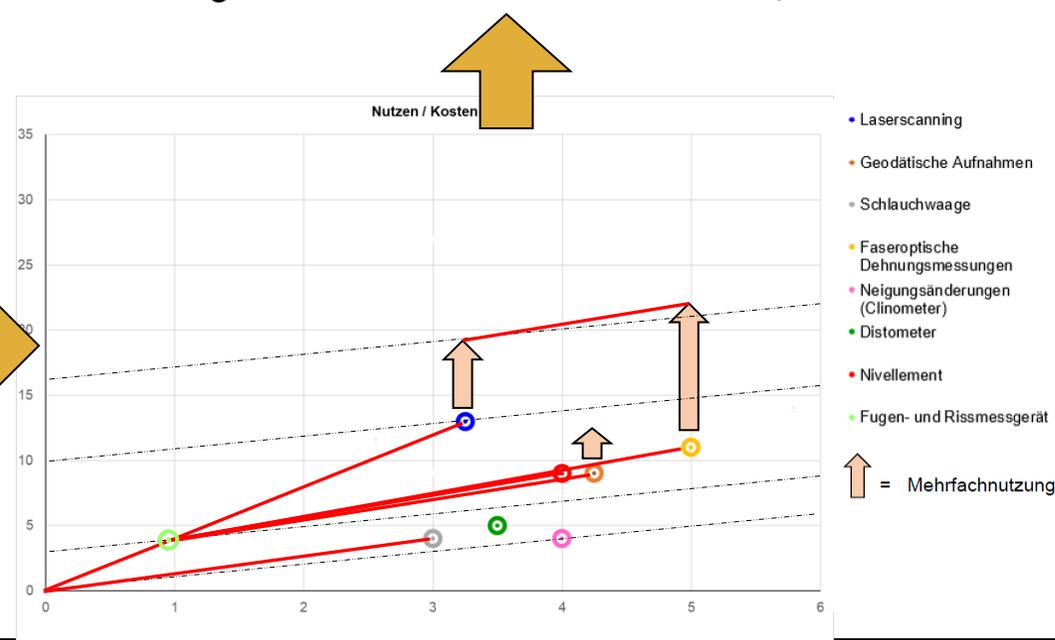
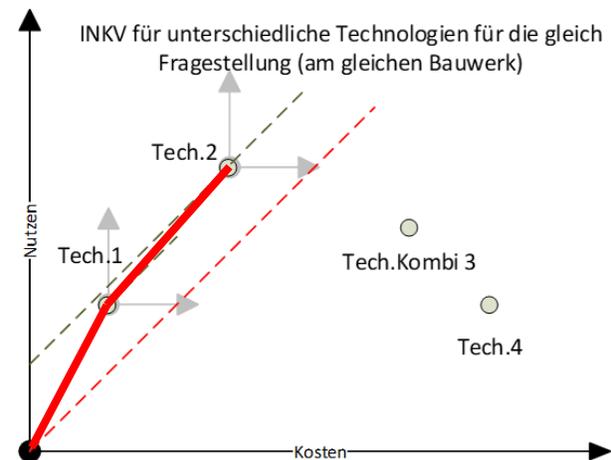
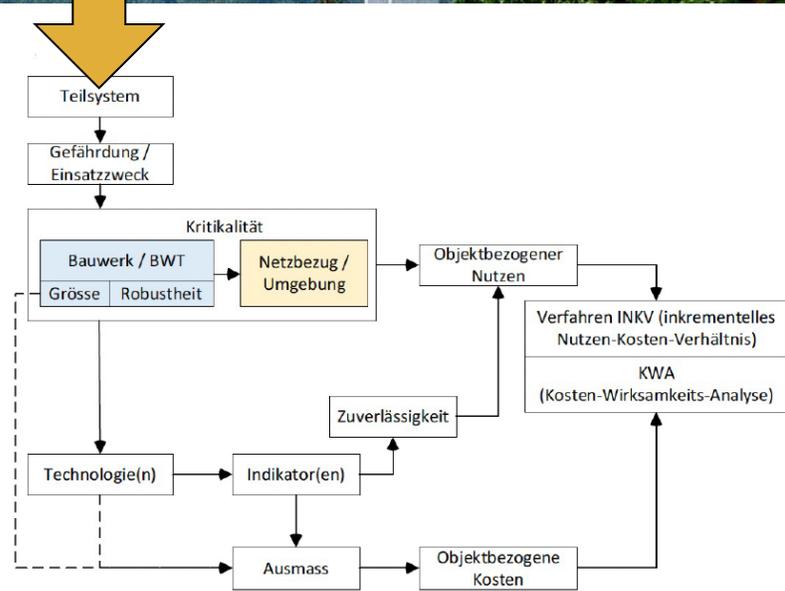
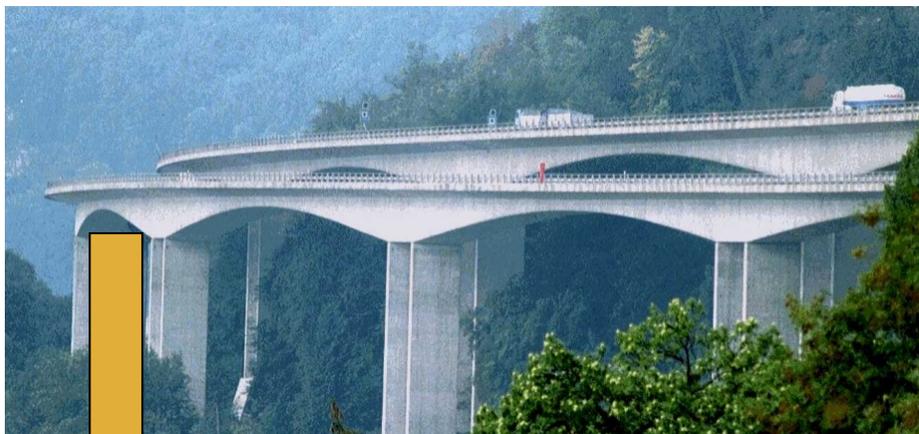


Methodik (9): Konzept Bewertung (Bsp. Quellhebung Tunnelsohle)





Resultate (3): Beurteilung am konkreten Objekt





Resultate (4): Dokumentationen ASTRA

	Fragestellung			ZIP / ZaP / ZP (NDTP) (Zerstörungsfreiezerstörung störungsfreie Prüfung)	Detaildaten (Links zu) Kapitel(n)	weitere Erläuterungen (Links zu Quellenverzeichnis)
		Name	"ID"			
Überwachung Baugrund Tunnelnabereich	Baugrundveränderung (Entfestigung, Volumen-änderung, Auflockerung, etc.)	Sondenextensometer	SXT_	ZaP	7.05	
		Inklinometer	IKV_	ZaP	7.06	
		Extensometer	EXT_	ZaP	7.07	
		Faseroptische Sensoren	FOS_	ZfP	7.10	
		Reverse-Head-Extensometer	RHE_	ZaP	7.40	
		Bohrlochdilatometer	BLD_	ZP	7.41	
	Belastungsänderungen (Quelldruck, Druckhaftes)	Bohrlochscan	BLS_	ZaP	7.42	
		Messanker	MAK_	ZaP	7.43	
		Kraftmessdose	KMD_	ZfP	7.44	
		Faseroptische Drucksensoren	FOD_	ZfP	7.45	
		Dehnungsmessstreifen	DMS_	ZfP	7.46	
		Schlitzpressenmessungen	SPM_	ZaP	7.47	
	Berg- / Grundwasser	Piezometer	PIM_	ZaP	7.29	
		Porowasserdrukgeber	PWD_	ZaP	7.30	
		Wassertemperatursensoren	WTP_	ZfP	7.32	
		pH-Wert	PHW_	ZfP	7.51	
		Leitfähigkeitsensoren	LFK_	ZfP	7.35	
	Überwachung Verkleidung und Zwischendecke	Bewehrungs-korrosion	Potentialfeldmessung	ELP_	ZfP	7.53
Chloridgehaltsmessungen			CGM_	ZaP	7.54	
Betonspannungen		Kapazitive Drucksensoren	DSK_	ZfP	7.18	
		Piezoelektrische Drucksensoren	DSP_	ZfP	7.19	
		Dehnungsmessstreifen	DMS_	ZfP	7.46	
		Faseroptische Dehnungsmessungen	FOS_	ZfP	7.10	
		Faseroptische Drucksensoren	FOD_	ZfP	7.45	
Verformungen		Laserscanning (Terrestrisch und LiDAR)	LSC_	ZfP	7.03	
		Geodätische Aufnahmen (Tachymeter)	TAC_	ZfP	7.04	
		Schlauchwaage	SWA_	ZfP	7.08	
		Faseroptische Dehnungsmessungen	FOS_	ZfP	7.10	
		Neigungsänderungen (Clinometer)	CLI_	ZfP	7.27	
		Distometer	DIS_	ZfP	7.26	
		Nivellement	NIV_	ZfP	7.09	
Fugen- und Rissmessgeräte	FUG_	ZfP	7.25			

Für jede Technologie:

- Beschreibung der Technologie
- Fragestellungen in den Fachbereichen (Kunstbauten, Tunnel, Naturgefahren, Trasse)
- Datenerfassung, Raumbezug, Messgrößen und -genauigkeit
- Entwicklungsstand, Anwendungsgrenzen, Kosten
- Ausschreibungsanforderungen
- Literaturangaben





Resultate (5): Wiki

Funktion		Einsatzbereich		Mess-Prinzip		Technologie		Einsatz in		Oberfläche		Eigenschaften		Anwendungsbereiche					
SW- Anwendungsbereich	SW- Anwendungsbereich	Name	SW- Anwendungsbereich																
Schwingung	Beschreibung	EL	FO	Beschleunigungssensoren															
						Beschleunigungssensoren													
						Beschleunigungssensoren													
						Beschleunigungssensoren													
						Beschleunigungssensoren													
						Beschleunigungssensoren													
						Beschleunigungssensoren													
						Beschleunigungssensoren													
						Beschleunigungssensoren													
						Beschleunigungssensoren													

Schwingung

Pfeiler

Stützpunkt

- Für jede Technologie:
- Beschrieb der Technologie
 - Fragestellungen in den Fachbereichen (Kunstbauten, Tunnel, Naturgefahren, Trasse)
 - Datenerfassung, Raumbezug, Messgrößen und -genauigkeit
 - Entwicklungsstand, Anwendungsgrenzen, Kosten
 - Ausschreibungsanforderungen
 - Literaturangaben

The screenshot shows the NTechWiki interface. At the top, there is a search bar and navigation options. The main content area is titled 'Technologien zur Überwachung der Infrastruktur'. Below the title, there are three large images representing different infrastructure types: 'Kunstbauten' (Artificial structures), 'Tunnel', and 'Trasse' (Route). The page also includes a sidebar with various categories and a footer with a 'Powered by MediaWiki' logo.



Zugang: Webseite ASTRA → Standards für Nationalstrassen

www.astra.admin.ch

Synthesebericht



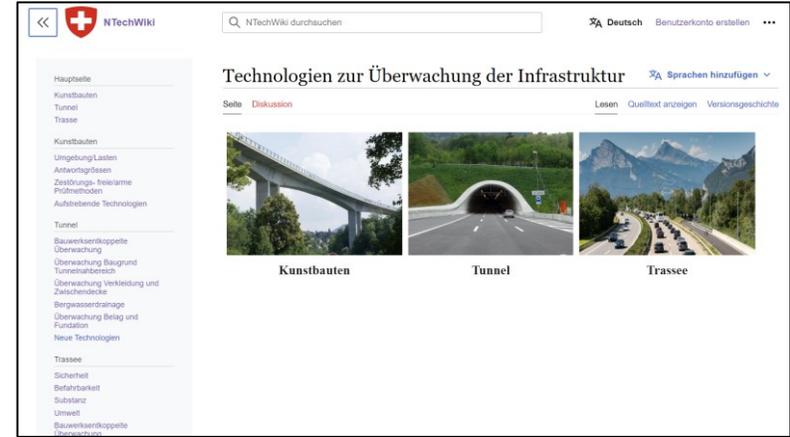
**Teilbericht
Kunstbauten**



**Teilbericht
Tunnel**



**Teilbericht
Trasse**



Wiki

Danke für die Aufmerksamkeit!

