

Systems Engineering

Ein interdisziplinärer Ansatz zur Realisierung komplexer technischer Systeme im Eisenbahnwesen

UEEIV **Ö** **ÖVG** **Forum Wien**

Dipl.-Ing. Dietmar Zierl

23.01.2020

Prolog

Ist die Eisenbahn komplex ? Wenn ja, warum ?

Komplexität:

- bezeichnet das **Verhalten eines Systems**
- komplexe Systeme lassen sich schwer durchschauen, vorhersagen oder beherrschen
- Komplexität wächst mit der Anzahl an Elementen und der Anzahl an Verknüpfungen
- vielfältige Funktionalitäten der Elemente sowie ihre (oft unüberschaubaren) Verknüpfungen führen zu noch mehr Komplexität
- Zusammenhänge bzw. Abhängigkeiten mit ihren facettenreichen Einflussfaktoren bleiben häufig verborgen
- komplexe Systeme sind schwer einschätzbar und ihr Verlauf kaum vorhersagbar.

Prolog



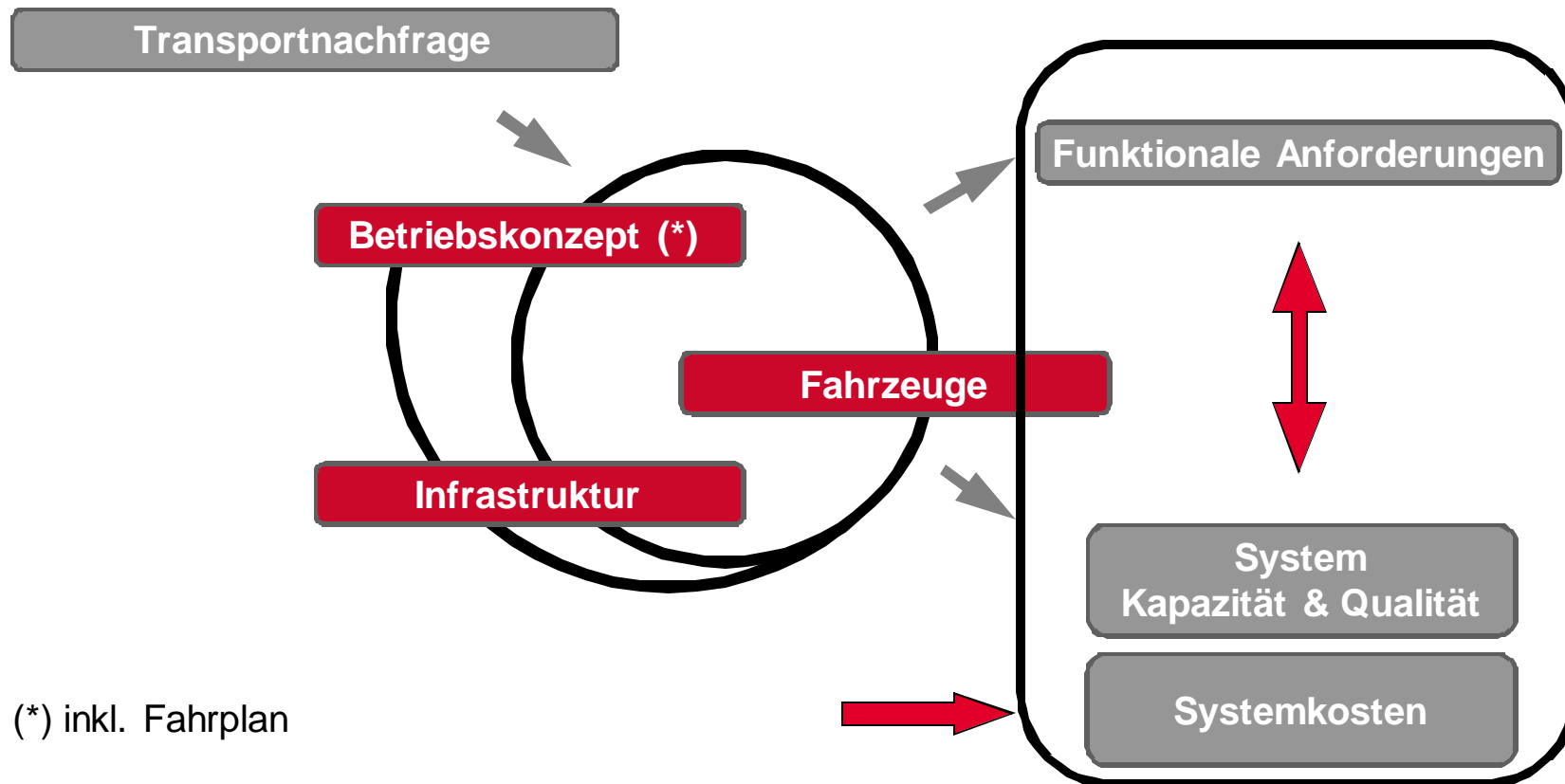
Ä wir wollen doch nur von A nach B, oder ?

Systembeschreibung und Schnittstellen

- System Bahn
 - technisch integriertes Transportsystem
 - stark vernetzt (Umfeld / Umwelt) → systemübergreifende Rückkoppelungseffekte
- Hauptschnittstellen
 - Rad - Schiene
 - Stromabnehmer . Oberleitung
 - Informationsübertragung Betriebsführer . Zug
 - Passagiere . Fahrzeug
 - Güter . Fahrzeug
- Systembetrachtungen und Systemoptimierungen
 - **Regelkreis Infrastruktur Æ Fahrzeug Æ Betrieb**

Entwerfen von Eisenbahnen

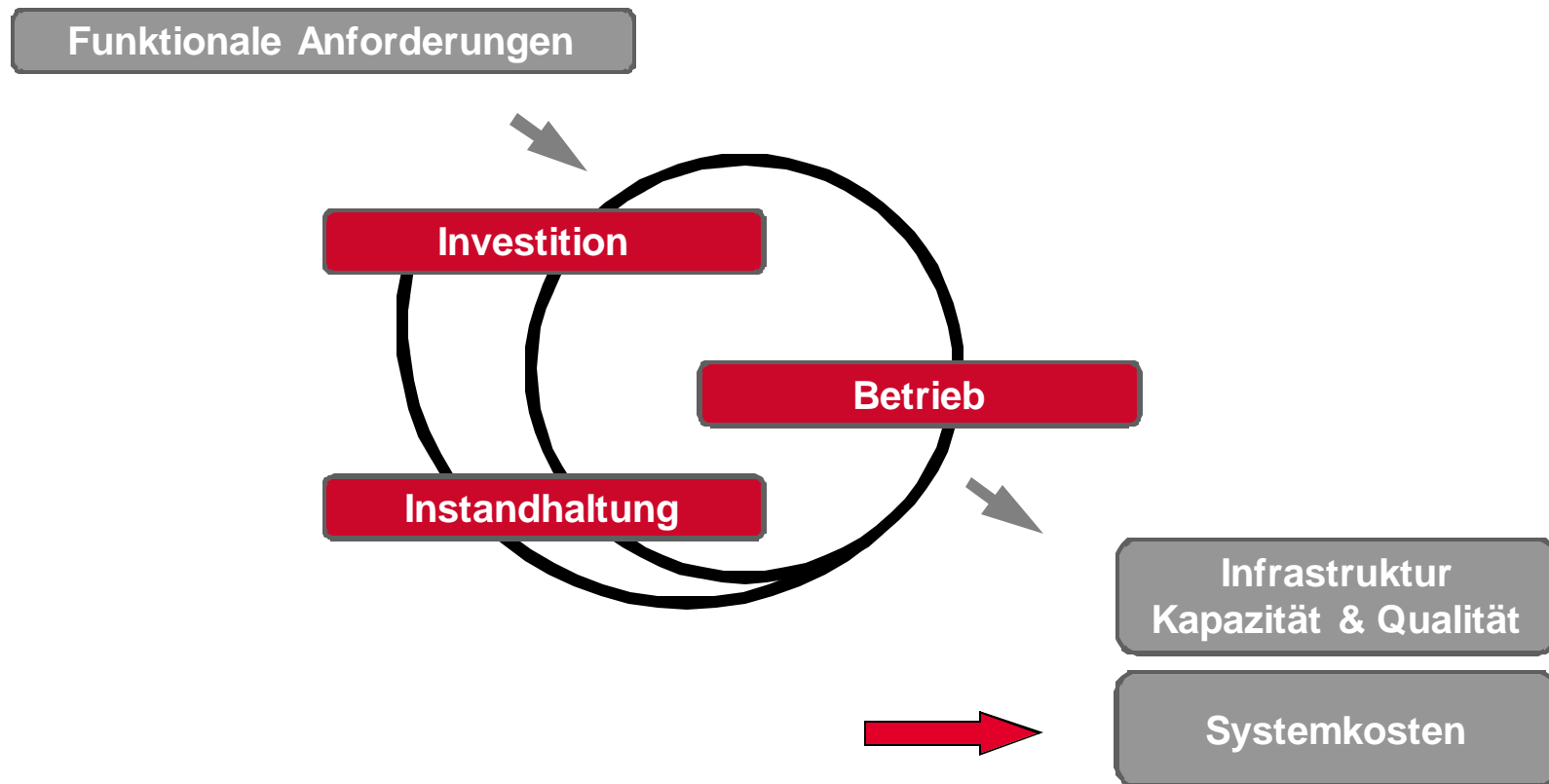
Iterativer Planungsprozess



(*) inkl. Fahrplan

Entwerfen von Bahninfrastruktur

Iterativer Planungsprozess



Entwerfen von Bahninfrastruktur

... eine Frage der Komplexität



Quelle: UPR (Union Pacific Railroad)

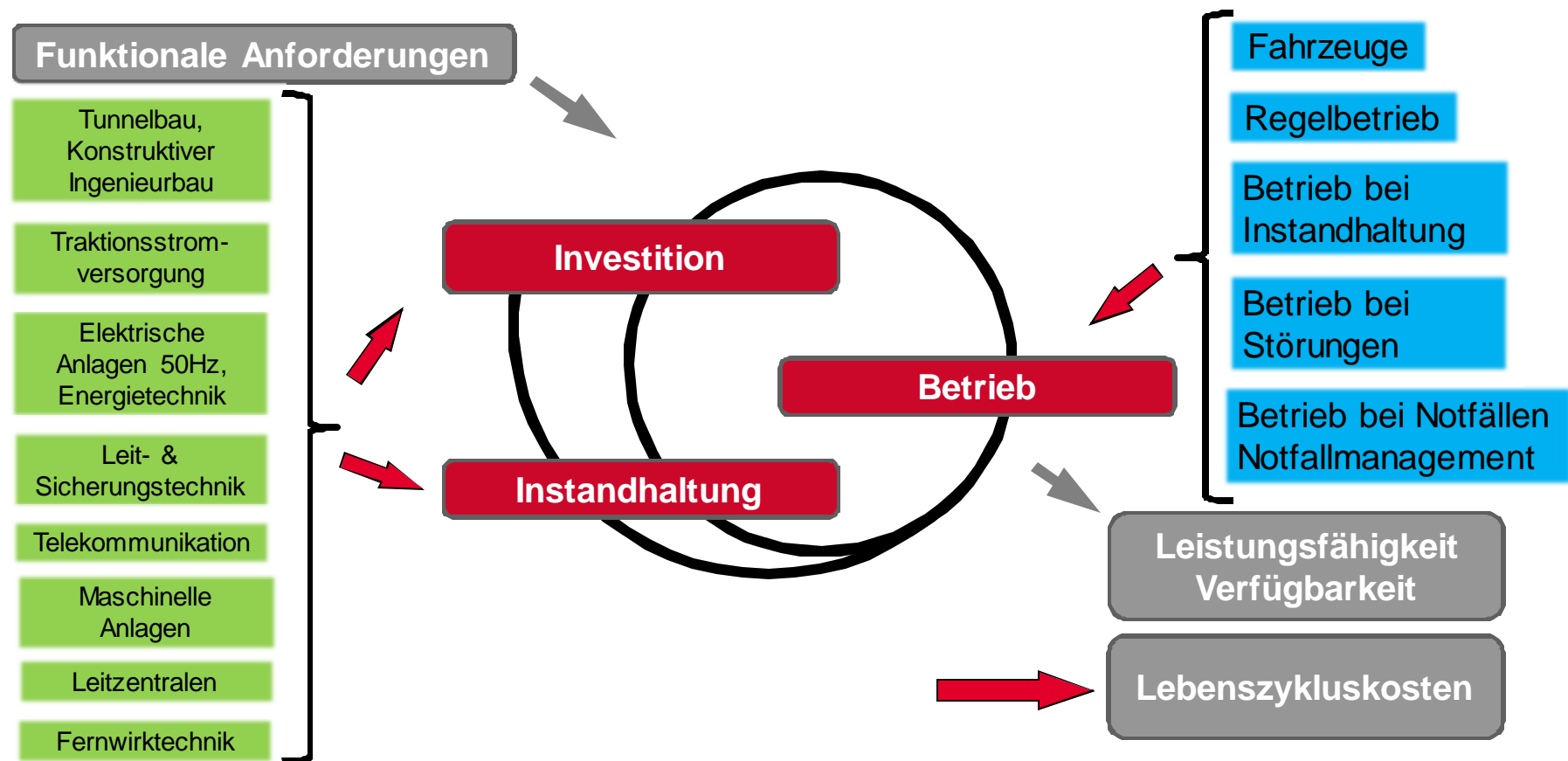


Foto: Dietmar Zierl

... aber: was ist nun das Problem?

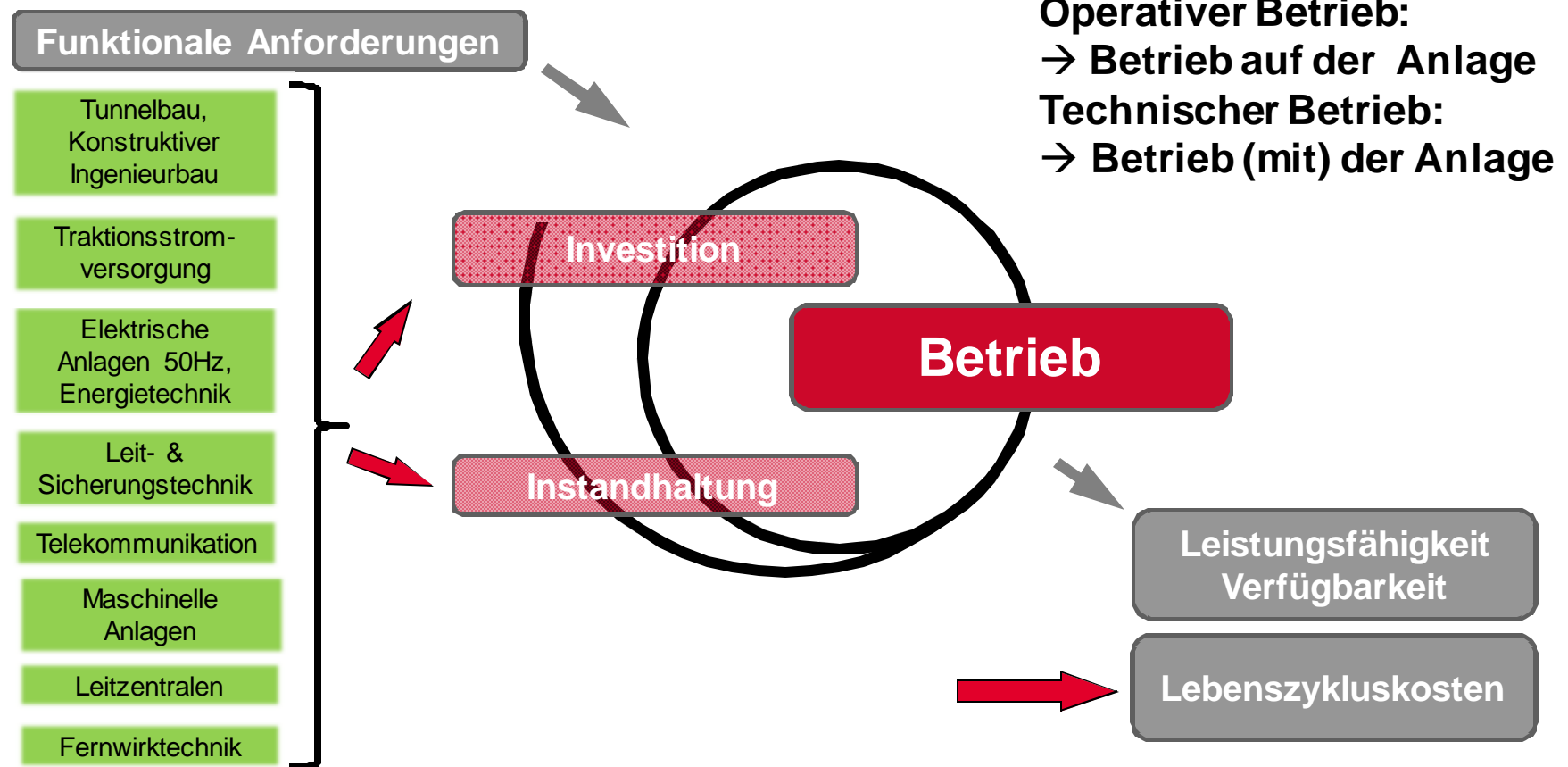
Entwerfen von Bahninfrastruktur

Methodik für Konzeption, Planung und Bau



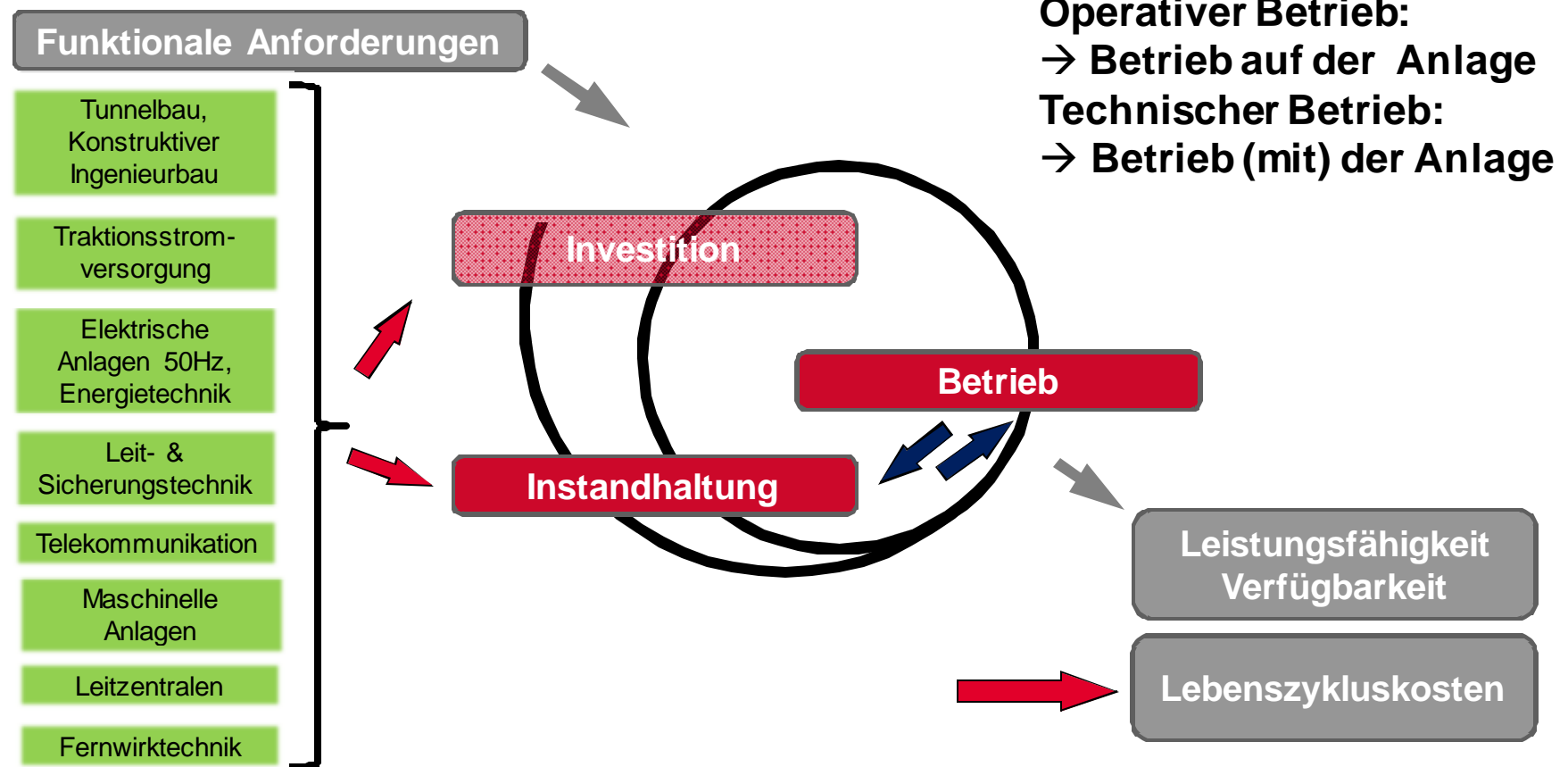
Entwerfen von Bahninfrastruktur

Methodik für Konzeption, Planung und Bau



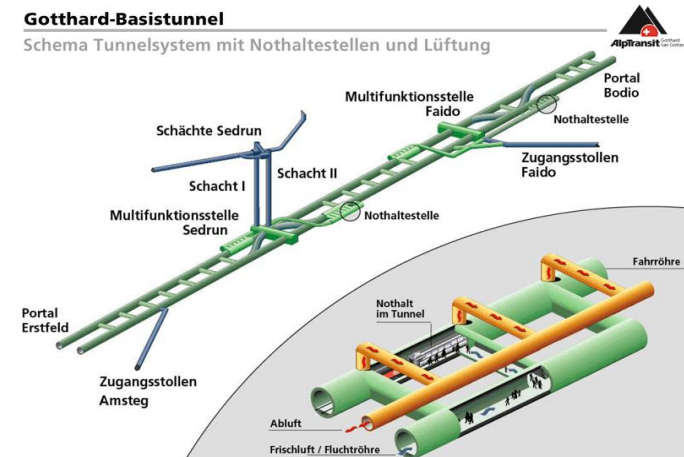
Entwerfen von Bahninfrastruktur

Methodik für Konzeption, Planung und Bau



Problemstellungen

- Massive Zunahme der Anlagendichte, u.a. durch
 - erhöhte Anforderungen an die Sicherheit
 - Komprimierung der Anlagen (sFlächenoptimierung) bei gleichzeitiger Erhöhung der Nutzungsintensität
 - Errichtung hochintegrativer Bahnhöfe (multifunktionale Anlagen)
 - Errichtung (sehr) langer Eisenbahntunnel (>10km) und Tunnelketten
 - exzessive Nutzung der technischen Möglichkeiten



Problemstellungen

- Deutliche Erhöhung der Anlagenkomplexität
 - signifikante Zunahme der Anlagenvielfalt
 - Zunahme der Spezialisierung, v.a. im Bereich elektronischer / digitaler Anlagen
 - Abkehr von analogen Anlagen
 - Mechanische Großanlagen (z.B. Tunnellüftung)



Problemstellungen

- Überblick über alle Anlagen ist praktisch nicht mehr möglich / gegeben
- Gesamtheitliche Betrachtung erreicht Grenzen der Erfassbarkeit, daher oft unzureichende koordinierte Anlagen-Gesamtplanung
- aufwendige Instandhaltung (erschwerter Zugänglichkeit, Zeitaufwand, speziell geschultes Personal)
- Reduktion der Instandhaltungsfenster, Verlagerung in teure Nachtzeiten
- Zunahme Spezialfahrzeuge und spezieller Anlagen für Instandhaltung und Ereignisse



Problemstellungen

- Überblick über alle Anlagen ist praktisch nicht mehr möglich / gegeben
- Gesamtheitliche Betrachtung erreicht Grenzen der Erfassbarkeit, daher oft unzureichende koordinierte Anlagen-Gesamtplanung
- aufwendige Instandhaltung (erschwerter Zugänglichkeit, Zeitaufwand, speziell geschultes Personal)
- Reduktion der Instandhaltungsfenster, Verlagerung in teure Nachtzeiten
- Zunahme Spezialfahrzeuge und spezieller Anlagen für Instandhaltung und Ereignisse

- Risiko von Fehlhandlungen trotz (wegen?) technisch hochkomplexer Ausrüstung
- weiter steigende Investitionskosten, massiv steigende Instandhaltungs- und Betriebskosten (bei teilweise **sinkender** betrieblicher Verfügbarkeit)

Beispiel 1 – Branddetektion in Tunnel

Anforderung TSI SRT:

- Branddetektion in technischen Räumen
- Zweck: Alarmierung des Infrastrukturbetreibers im Brandfall

Ausführung:

- Branddetektoren analog Hochbauten (kostengünstige sMarktware%)

Konsequenz:

- häufige Fehlalarme (Staub, Feuchtigkeit)
- aufwändige Wartung (Zeitaufwand für Zu- und Abfahrt)

Lösungsmöglichkeit:

- Detektion durch Anlagenausfall (Entfall der Detektoren)



Intermezzo È Parentese

Wir haben fast 200 Jahre Eisenbahnerfahrung:

Fragen:

- Ist das ausreichend?
- Hat sich das System Eisenbahn geändert?
- Müssen wir heute anders planen?

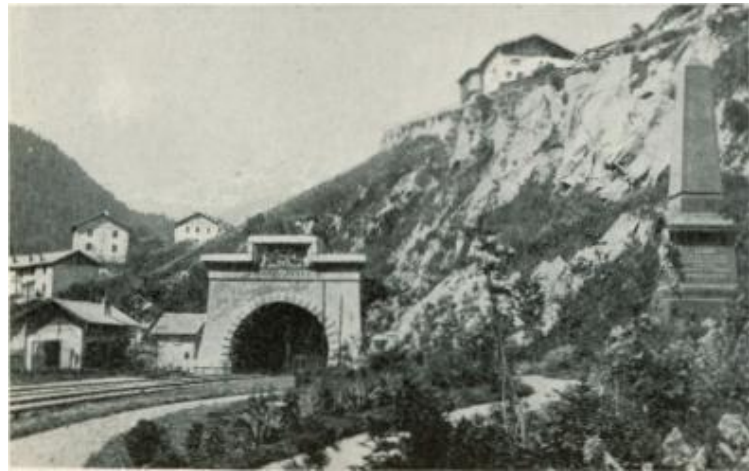
Ziel: Wir wollen die richtige% (was ist das?) Bahninfrastruktur

Schlagworte: bedarfsgerecht, effizient, nachhaltig, etc.

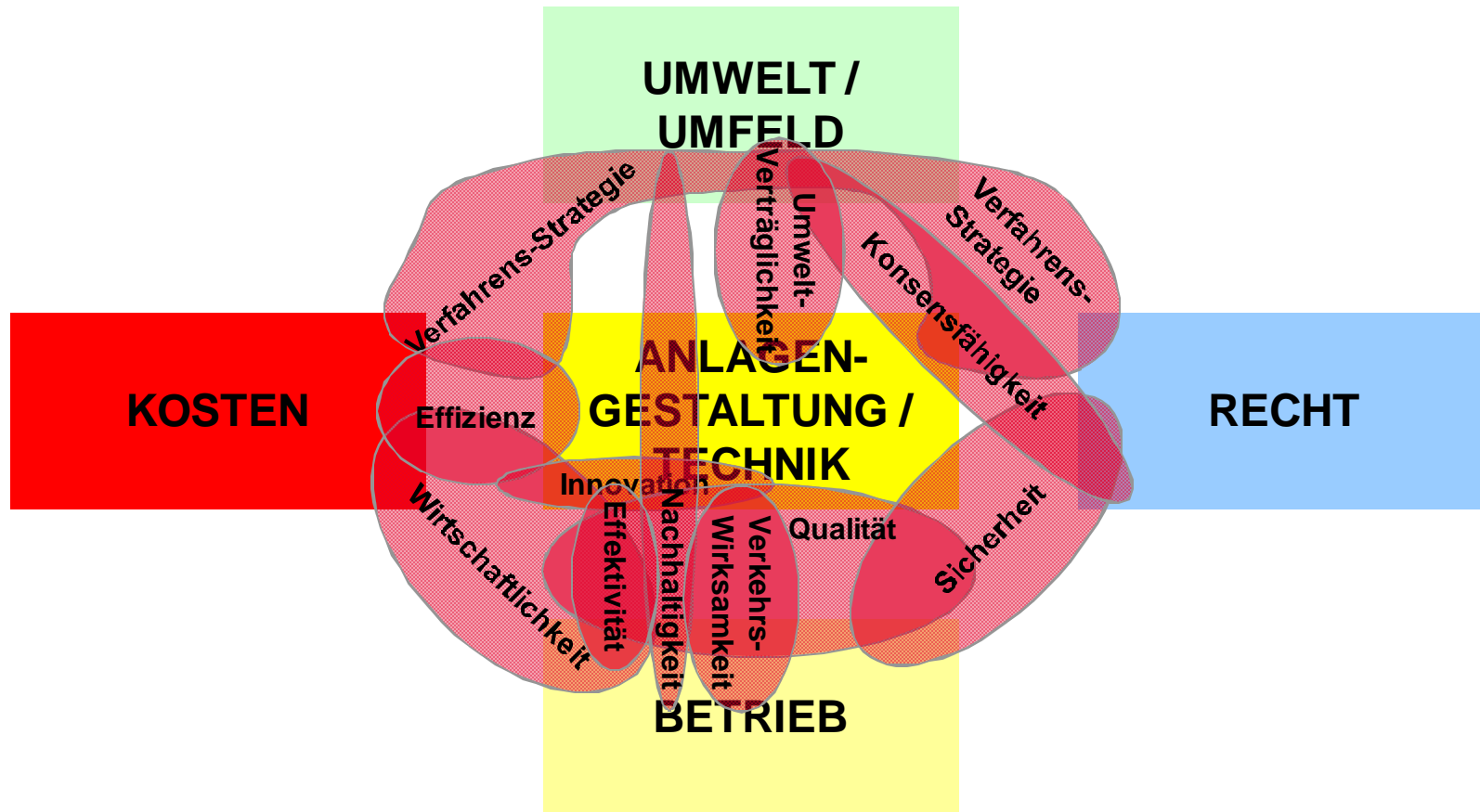
- Ist das umsetzbar?
- Lassen sich Fehlentscheidungen vermeiden?
- Wenn ja, wie?

➤ sTechnisierung%des Systems erfordert frühere und präzisere Entscheidungen

Intermezzo È Parentese



Entwerfen von Bahninfrastruktur – Betriebskonzept



Entwerfen von Bahninfrastruktur – Betriebskonzept

Wesentlichste Planungsgrundlagen für das Entwerfen der Bahninfrastruktur:

- **Betriebskonzept**
 - Operative Betriebsführung (Betrieb auf der Anlage → sZugfahren%)
einschließlich Betriebsführung bei Störungen und Ereignissen (Notfälle)
 - Technische Betriebsführung (Betrieb der Anlage → sAnlagenbereitstellung%)
Voraussetzung für das sZugfahren%)
- **Instandhaltungskonzept**
 - Direkter Kontext zur erforderlichen / gewünschten Verfügbarkeit

Grundsätze für die Erstellung:

- Klare Vorstellung (und Entscheidung) über zukünftige Betriebsabläufe sowie die Durchführung der Instandhaltung über den Lebenszyklus (inkl. späteren Austausch)
- Definition grundlegender funktionaler Anforderungen

Entwerfen von Bahninfrastruktur – Betriebskonzept

Rahmenbedingungen:

- Unflexibilität des Systems erfordert langfristige Vorausschau (Extrapolierung heutiger Abläufe?)
- Nutzungsintensität erschwert Fehlerkorrekturen

Vorgehensweise:

- Erfahrungsrücklauf (sBlick zurück%)
- Erwartungen (sBlick voraus%)

Vorgehensweise

- Verifizieren von Funktion und Verwendungszweck sowie Aufbau aller Anlagen
 - Um welche Anlage handelt es sich?
 - Wozu wird sie benötigt?
 - Wie ist sie aufgebaut?
 - Wie wirkt sie?
 - Welche Auswirkungen hat sie auf das Gesamtsystem (Wechselwirkungen)?

- Hinterfragen aller Anlagen auf:
 - Notwendigkeit
 - Wer fordert sie? . Zweck, Nutzen?

- Ziel: Reduktion der Systemkosten im Wechselfeld divergierender Anforderungen ohne hierbei die **notwendigen** Anforderungen zu beeinträchtigen.

Vorgehensweise

- Anpassung des Betrachtungshorizontes an die Lebensdauer der Anlage
 - Unterschiedliche Lebenszyklen
 - Obsoleszenzmanagement

- Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Verkehrs- und Betriebsszenarien.
 - Nur ein Szenario ist zu wenig, aber
 - Anlagen, die immer alles können, sind unwirtschaftlich.

Beispiel 2 Æ Salzburg Hauptbahnhof

Zeitungsberichte
1999 / 2000

„Stoppt die Abriss-Politiker!“

Dass Salzburgs Bahnhof renoviert werden muss, ist klar. Doch das Stadtpolitiker unverhohlen auf den Denkmalschutz „pfeifen“ und den Marmorsaal zerstören wollen, empört die Salzburger. Skandalös die Doppelrolle von Architekt Klaus Kada: Der Vorsitzende des Gestaltungsbeirates zeichnete die Pläne zum Bahnhofs-Neubau.

Andernorts – etwa in Budapest – renoviert man mit viel Liebe zum Detail die prächtigen Bahnhöfe aus der k. u. k. Zeit. Doch in der Kulturstadt Salzburg bemü-

hen sich Politiker wie Bürgermeister Heinz Schaden und der „grüne“ Stadtrat Johann Padutsch intensiv, den denkmalgeschützten Teil des Bahnhofs zu vernichten: „Man hat uns überzeugt,

zeitig auch Vorsitzender des Gestaltungsbeirates ist“, so Hans Schrott von der Initiative zur Rettung des Salzburger Hauptbahnhofs: „Es ist eigentlich ein Skandal, bei dem dir das Hirn stehen bleibt...“

Freilich haben Salzburgs Bürgermeister Schaden und „Grün“-Stadtrat Padutsch keine Kompetenz in Sachen Bahnhofs-Abriss. Die Entscheidung dazu liegt beim Bundes-Denkmalamt.

Und das hat schon vor Jahren geprüft, ob die Bundesbahn neue Schienen anstelle des Marmorsaales legen darf. Die Entscheidung damals: Der Marmorsaal steht unter Denkmalschutz!

Bahnhofs-Kämpfer Hans Schrott: „Wenn das Denkmalamt seine Entscheidung von damals umstößt, macht es sich lächerlich. Denn es gibt keine neuen Argumente für den Abriss des historischen Bahnhofs.“

Jedermann in Salzburg

... kommen die Tränen, wenn er sich die architektonischen Höchstleistungen in Salzburg ansieht. Was für eine Bereicherung ist doch das pechschwarze Heizkraftwerk für die Salzburger Silhouette! Und es wird munter weiter gewerkelt: Die Bau-Schickeria, von Salzburgs

Weg mit dem Glump!

weltstädtischen Politikern ins Haus geholt, setzt schon zum nächsten Coup an.

Reißen wir den Bahnhof ab, was brauchen wir heutzutage noch historische Bauten! Geld muss fließen, die Wirtschaft angekurbelt werden – weg mit dem alten „Glump“! Man kann jetzt schon darauf Wetten annehmen, wann diese Stadtpolitiker einen alten Plan wiederbeleben: Den Abriss der Salzburger Festung...

VON W. WEBER

dass das die bessere Lösung ist...“

Viele der Argumente dazu werden wohl von Klaus Kada gekommen sein. Er ist nicht nur der Planer für den „Bahnhof neu“, sondern auch Vorsitzender des Salzburger Gestaltungsbeirates. „Es ist wohl nur in Salzburg möglich, dass so jemand, der massive Bau-Interessen in der Stadt Salzburg hat, gleich-

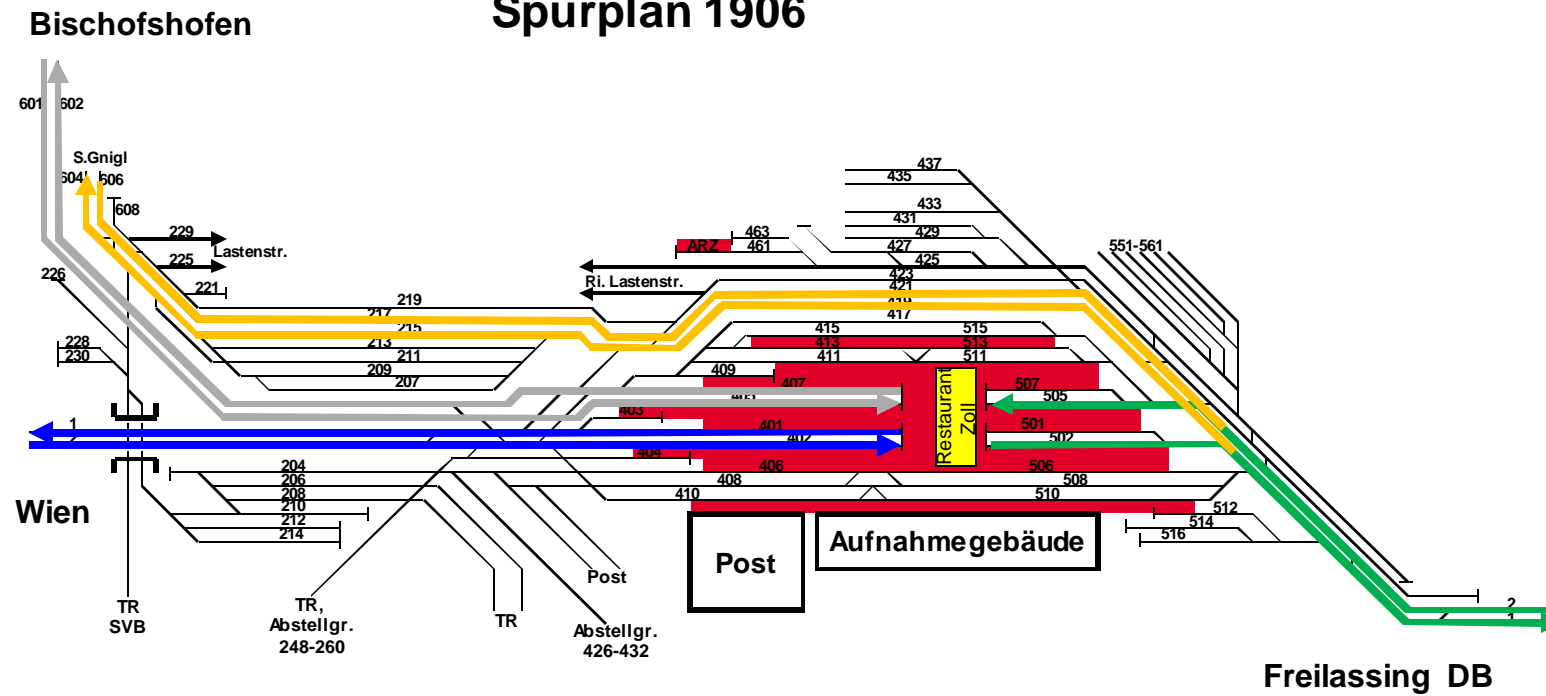
Unfall durch Fußgänger: Purzelbaum am Radweg

Auf dem Rad- und Gehweg entlang der Salzach fuhr Sonntag früh ein Sozialpädagoge aus Laufen durch Oberndorf. Plötzlich schlug vor ihm ein 21-jähriger Fußgänger aus Bürmoos einen Purzelbaum! Der Deutsche konnte nicht mehr ausweichen, stürzte und brach sich die linke Hand. Grund des Purzelbaums war Übermut: Der Fußgänger hatte 1,34 Promille.

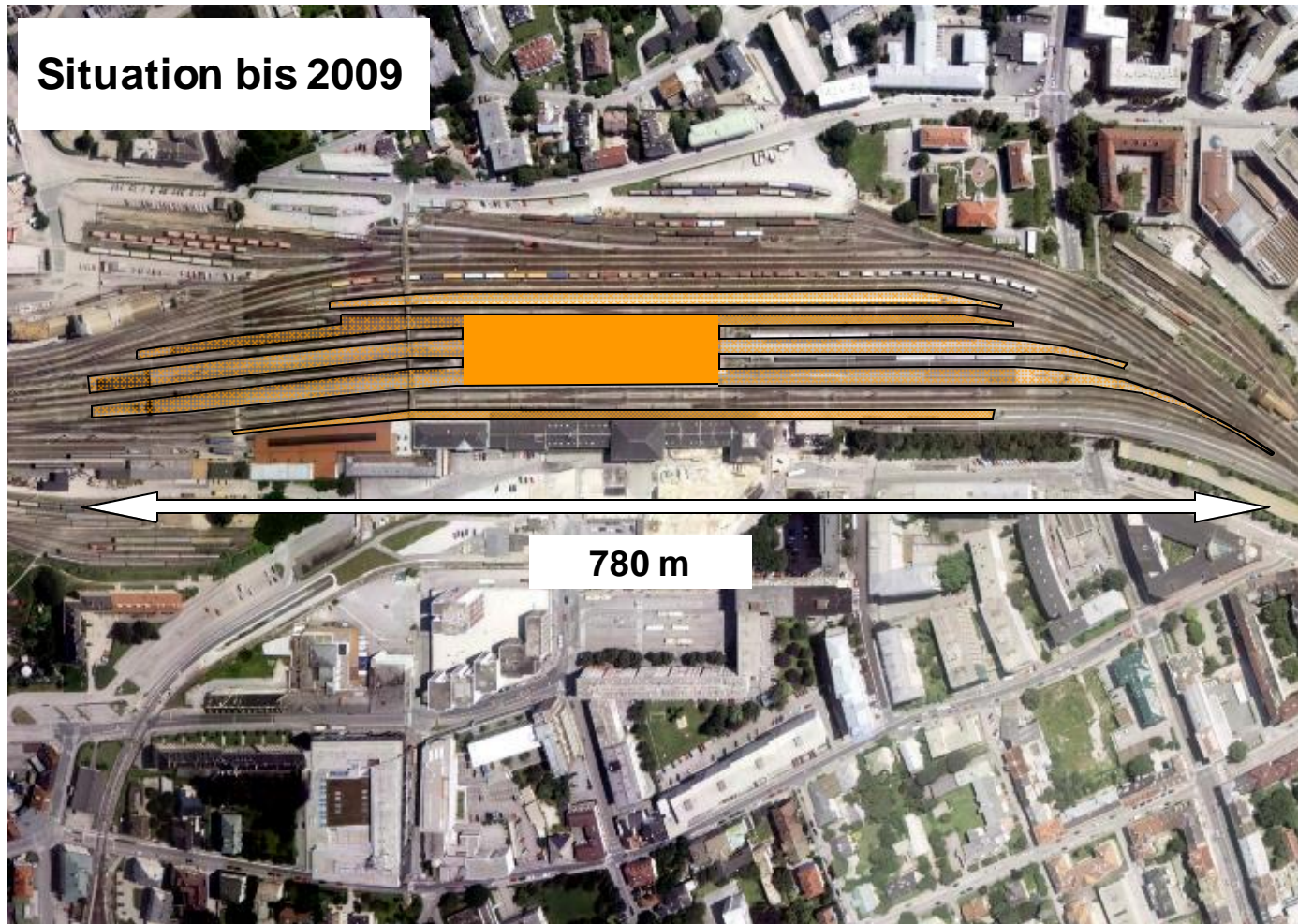


Beispiel 2 – Salzburg Hauptbahnhof

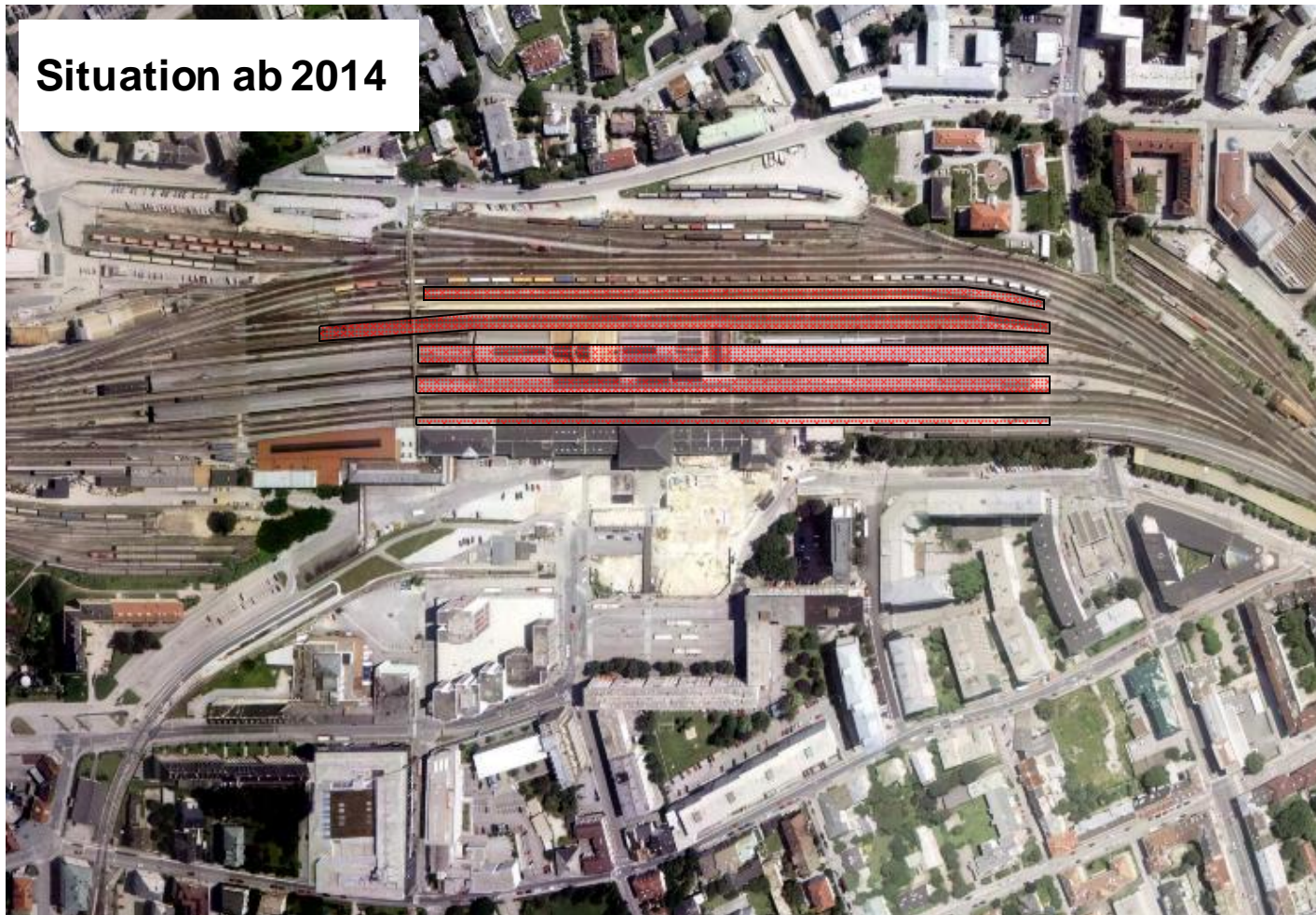
Salzburg Hauptbahnhof Spurplan 1906



Beispiel 2 Æ Salzburg Hauptbahnhof



Beispiel 2 \ddot{E} Salzburg Hauptbahnhof



Beispiel 2 – Salzburg Hauptbahnhof

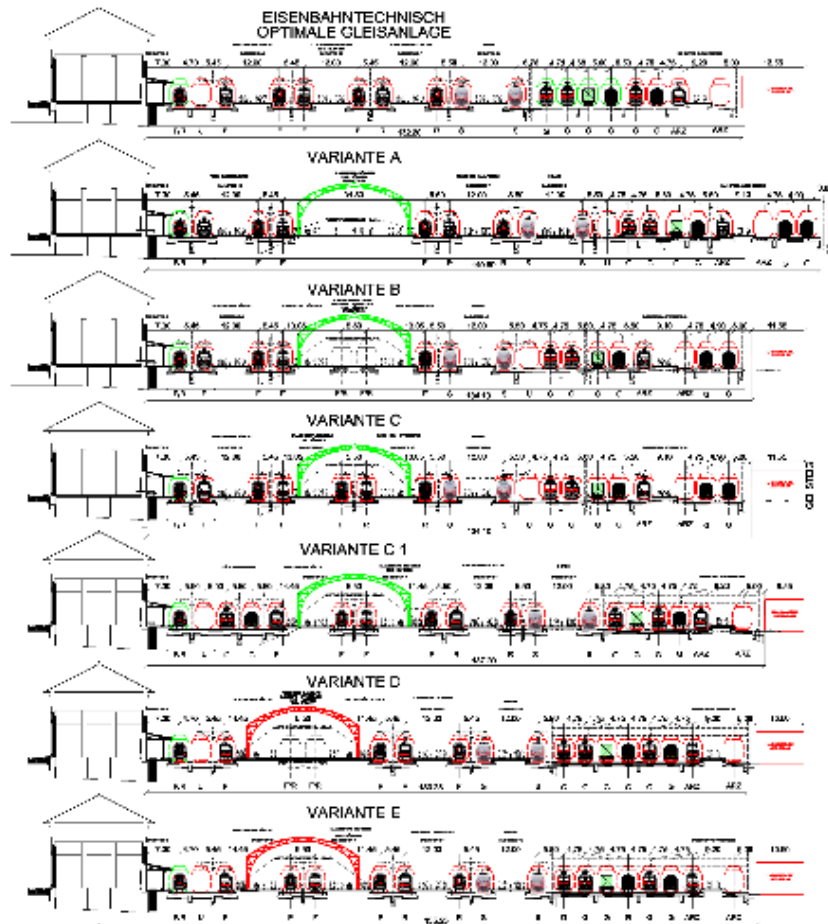
Situation 1945



Situation 2003



Beispiel 2 E Salzburg Hauptbahnhof



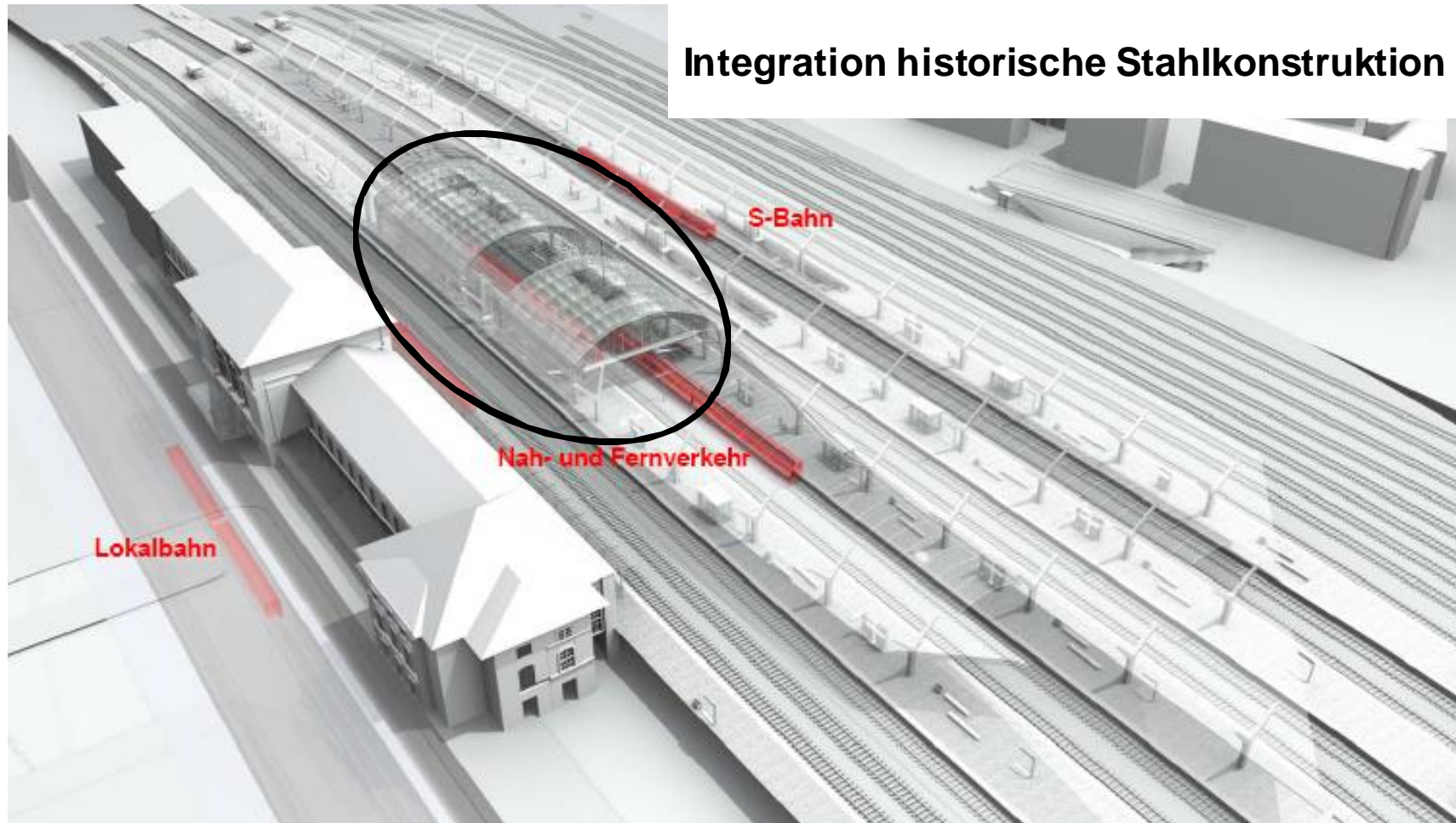
Variantenuntersuchung

LEGENDE:

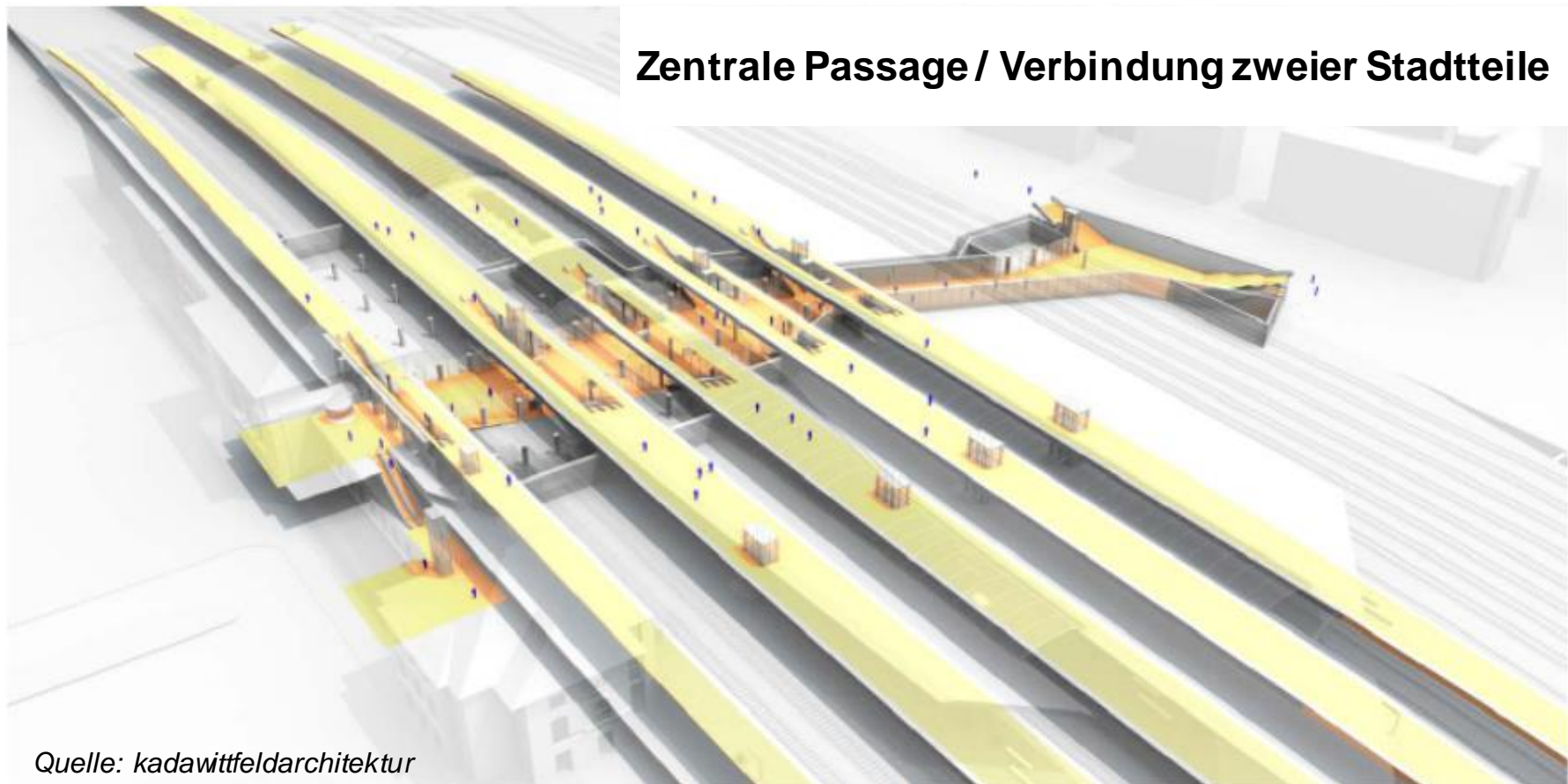
- lagemäßig unveränderte Teile
- lagemäßig veränderte Teile
- F Fernverkehr
- R Regionalverkehr
- S S-Bahn
- ARZ Autoreisezug
- G Güterverkehr
- U Umfahrgleis

Quelle: Werner Consult, ÖBB

Beispiel 2 \ddot{E} Salzburg Hauptbahnhof



Beispiel 2 **Ö** Salzburg Hauptbahnhof



Beispiel 2 \ddot{E} Salzburg Hauptbahnhof



Beispiel 2 Æ Salzburg Hauptbahnhof



Beispiel 2 ^Ö Salzburg Hauptbahnhof

Ausgewogene Zusammenführung der Anforderungen aus

- **Verkehr**
- **Betrieb**
- **Stadtplanung**
- **Denkmalschutz**
- **Technik**
- **Finanzierung**

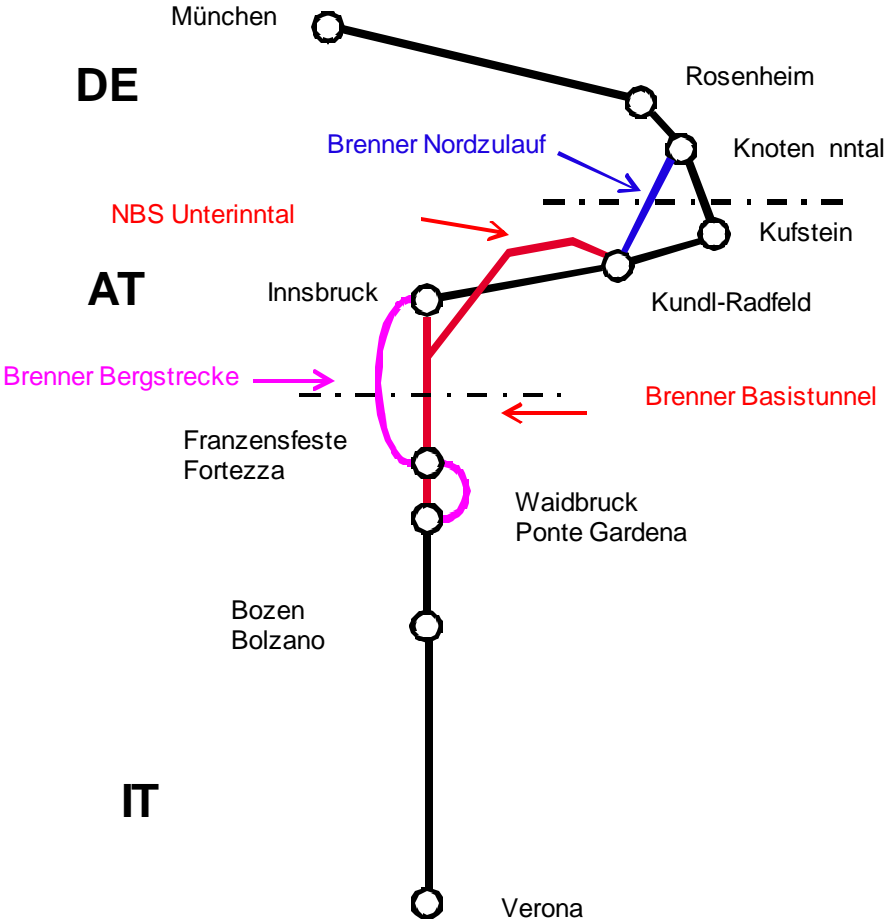
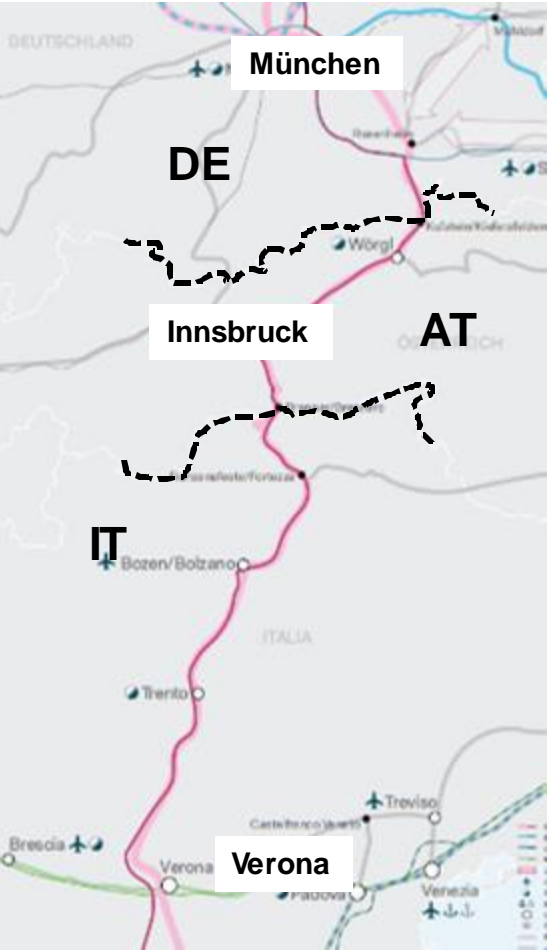


Beispiel 3 ^ÖBrenner Korridor

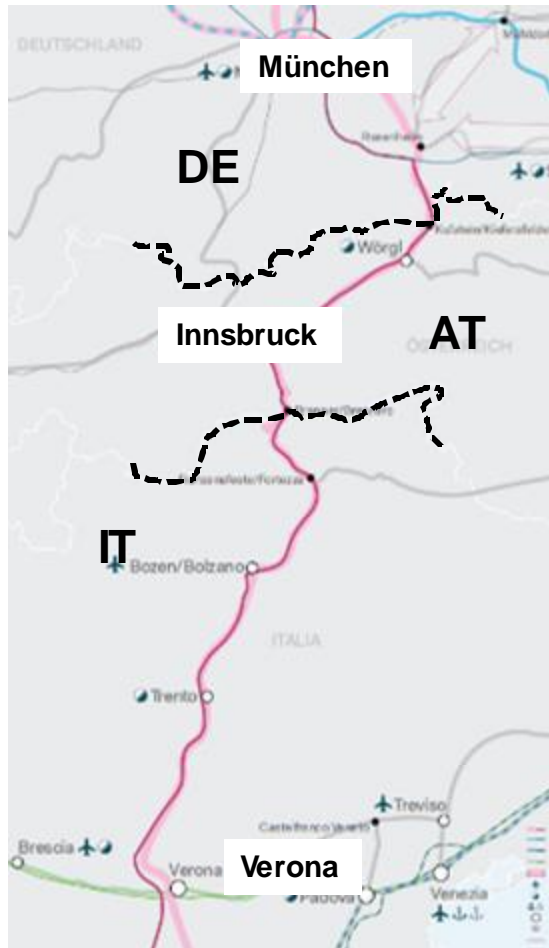
Aussage: Der Brenner Basistunnel löst (fast) alle Probleme!

Frage: Ist der Brenner Basistunnel Auslöser für neue Probleme?

Beispiel 3 – Brenner Korridor



Beispiel 3 Æ Brenner Korridor



➤ IST:

- 3 Staaten
→ 3 verschiedene gesetzliche Rahmenbedingungen
- 3 Infrastrukturbetreiber (IM)
DB Netz, ÖBB-Infra, RFI
→ 3 verschiedene Betriebsführungsregeln
- Mehrere Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)
→ verschiedene kommerzielle Interessen
- Pufferbahnhöfe an den Staatsgrenzen

Beispiel 3 ^ÖBrenner Korridor

Frage: Ist der Brenner Basistunnel Auslöser für neue Probleme?

MIT Brenner Basistunnel und Zulaufstrecke Süd

- Entfall des (Puffer) Bahnhofes Brenner / Brennero
- Betriebsführungsschnittstelle im Tunnel ist keinesfalls zu empfehlen

MIT neuer Zulaufstrecke Nord

- Zusätzlich Entfall des Pufferbahnhofes Kufstein



Beispiel 3 ^öBrenner Korridor

Lösungsansatz (**SOLL**):

- Staats- (Infrastrukturbetreiber-) übergreifendes Verkehrsmanagement sowie Verkehrssteuerung (sinnvollerweise durch eine zentrale Stelle).
- Weitgehende Vereinheitlichung der Betriebsführungsregeln (one corridor . one rule)

Das erfordert:

- Trilaterale Übereinkünfte (Politik)
- Übereinkünfte der Infrastrukturbetreiber (Unternehmen)
- Anpassung von nationalen gesetzlichen Regelungen (!!!)
- Anpassung von Regelwerken (Technik)

Basis: europäisches Denken und Handeln (ist das derzeit gefragt?)

Schlussfolgerungen

- Systems-Engineering ist Grundvoraussetzung für gesamthaften Projekterfolg!
- Betriebskonzept ist wesentlichste Planungsgrundlage und muss frühzeitig vorliegen
- Staaten und Behörden (und die Gesellschaft) müssen den Willen zur Kooperation **und** zur Veränderung haben
- Reduktion der Anlagenkomplexität und der Anlagendichte soweit mit den Sicherheits- und Qualitätszielen verträglich
- Was keinen (Mehr-) wert bringt, wird nicht gebaut

und ö .

Keep it simple!



Dipl.-Ing. Dietmar Zierl

**ÖBB-Infrastruktur AG
Gesamtkoordinator
Brenner Basistunnel
dietmar.zierl@oebb.at**