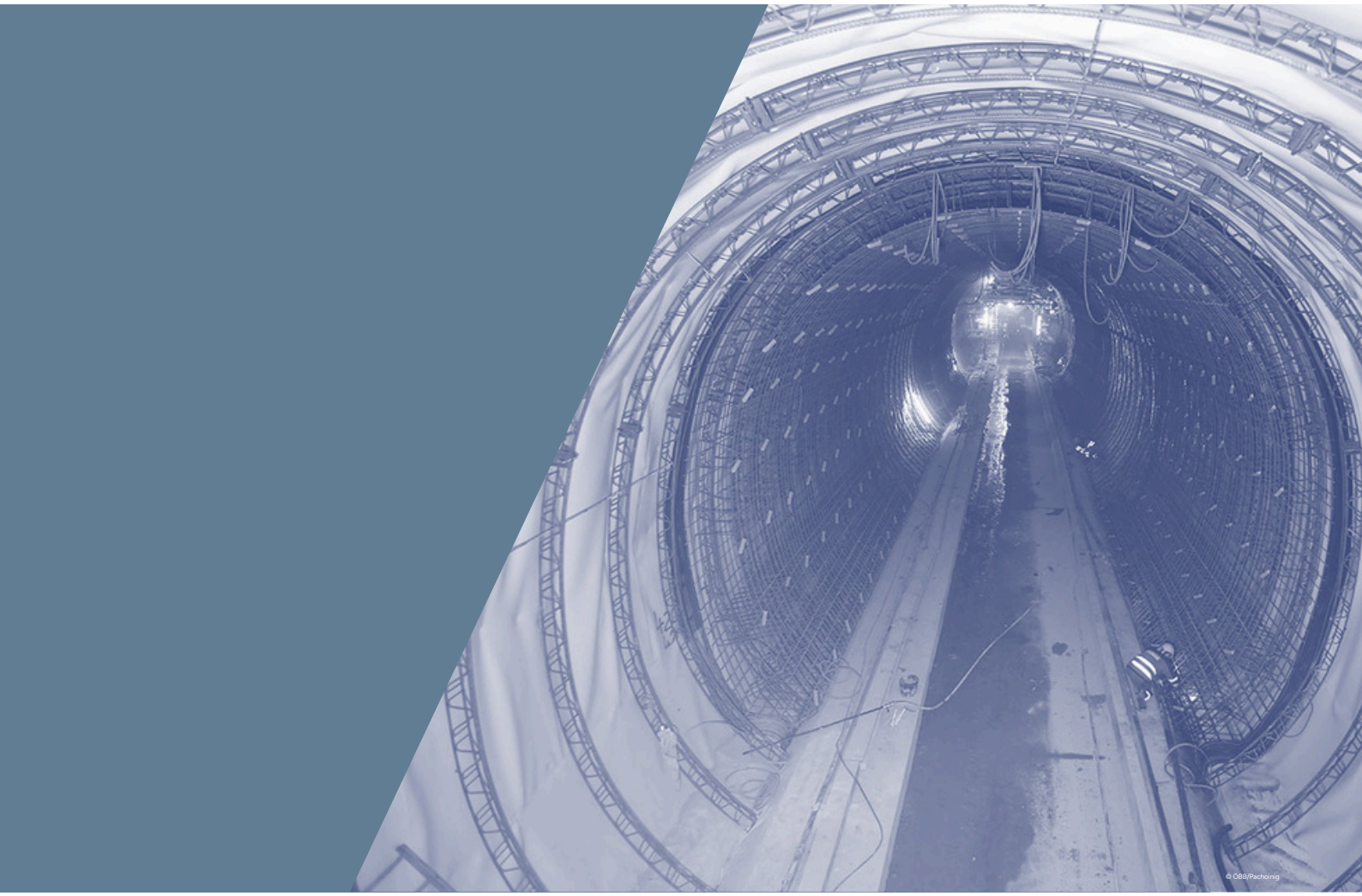
ÖZV
Österreichische Zeitschrift
für Verkehrswissenschaft

Koralmbahn - ein Jahrhundertprojekt



Nr. 3/2026

EDITORIAL

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

wie viele, die von Wien in den Süden oder von Kärnten nach Norden oder Graz reisen wollen, habe ich lange auf den Ausbau der Bahn durch den Koralmtunnel gewartet. Seit Dezember 2025 ist es soweit und man reist schnell und bequem auf der Koralmbahn. Die Freude wird noch größer sein, wenn mit dem Semmering-Basistunnel das letzte große Puzzlestück auf der Südstrecke Österreichs fertig sein wird - dann fehlt nur noch der Ausbau zwischen Graz und Maribor.

Mit dieser Ausgabe widmen wir uns einem echten Jahrhundertereignis der europäischen Verkehrsgeschichte: der Koralmbahn. Was über Jahrzehnte hinweg als visionäres Großprojekt geplant und unter höchsten technischen Anforderungen vorangetrieben wurde, ist nun Realität und setzt neue Maßstäbe für die Schieneninfrastruktur. In unseren drei Leitartikeln beleuchten wir die weitreichende Bedeutung dieser neuen Verbindung – von der erfolgreichen Umsetzung des Gesamtprojekts über die strategische Einbettung in die transeuropäischen Verkehrsnetze (TEN-T) bis hin zu den Ergebnissen der aktuellen Mobilitätsstudie für die Area Süd.

Doch ein Megaprojekt dieser Dimension lebt vor allem von ingenieurtechnischer Exzellenz und innovativen Detaillösungen. Unsere Fachbeiträge nehmen Sie mit hinter die Kulissen der Bau- und Bahntechnik: Erfahren Sie, wie beim Koralmtunnel der Weg vom komplexen geologischen Modell zur präzisen Ausführung gemeistert wurde und wie moderne Masse-Feder-Systeme für optimalen Erschütterungsschutz sorgen. Dass nachhaltige Infrastruktur und Baukunst Hand in Hand gehen, zeigt zudem ein Blick auf die pneumatisch verformte Wildbrücke, die als Vorzeigeprojekt im modernen Brückenbau Maßstäbe setzt.

Neben der technischen Meisterleistung ist die Koralmbahn auch ein positives Beispiel in Sachen Infrastrukturfinanzierung und regionaler Entwicklung. Wir gehen der Frage nach, wie bei einem solchen Vorhaben Kostenstabilität über Jahrzehnte hinweg gesichert werden konnte. Gleichzeitig richtet sich der Blick nach vorn auf die wirtschaftlichen Impulse: Vertreter der Wirtschaftskammern Kärnten und Steiermark analysieren, welche Chancen und Dynamiken die neue Achse für den gemeinsamen Wirtschaftsraum – die AREA Süd – eröffnet.

Was nützt jedoch die beste Infrastruktur ohne ein überzeugendes Angebot für die Fahrgäste? Deshalb werfen wir einen detaillierten Blick auf den Personenverkehr auf der neuen Südstrecke. Von der langfristigen Fahrplankonzeption der ÖBB PV AG über die Produktionsreife bis hin zu den ersten praktischen Erfahrungen im Betrieb zeigt sich, wie das Zusammenwachsen der Regionen im Alltag der Reisenden konkret spürbar wird.

Abgerundet wird diese Schwerpunkt-Ausgabe durch einen Blick über den Gleisrand hinaus: Unter der Rubrik „Good News" widmen wir uns dem hochaktuellen Thema der digitalen Souveränität und beleuchten technische Abhängigkeiten sowie wirksame Schutzmechanismen in einer vernetzten Welt.

Ich wünsche Ihnen eine spannende und erkenntnisreiche Lektüre!



Sylvia Leodolter

Redaktion

INHALT

S. 1 Leitartikel 1
Die Koralmbahn – Ein Jahrhundertprojekt setzt sich durch
von Klaus Schneider (ÖBB-Infrastruktur AG)

S. 11 Leitartikel 2
Zur internationalen Einbettung der Koralmbahn (TEN-T)
von Helmut Adelsberger (InfraConceptA)

S. 27 Leitartikel 3
Mobilitätsstudie Area Süd
von Marie-Therese Fallast und Kurt Fallast (PLANUM)

S. 40 Innovation im Brückenbau
Die pneumatisch verformte Wildbrücke der Koralmbahn als Vorzeigeprojekt nachhaltiger Infrastruktur
von Karin Gradenegger (ÖBB-Infrastruktur AG), Johann Kolleger (TU Wien) und Benjamin Kromoser (BOKU Wien)

S. 49 Infrastrukturfinanzierung
Koralmbahn - Kostenstabilität über Jahrzehnte
von Katharina Schreiner (ÖBB-Infrastruktur AG)

S. 56 Erfolgsfaktoren im Tunnelbau
Koralmtunnel - vom geologischen Modell zu Ausführung
von Erhard Katzianer und Dietmar Schubel (ÖBB-Infrastruktur AG)



INHALT

S. 68 Masse-Feder Systeme und Elastische Fahrwege
Erschütterungsschutz als Systemlösung am Beispiel der Koralmbahn
von Lukas Kaiser und Helmut Voltolini (Getzner Werkstoffe GmbH)

S. 72 Wirtschaftsdynamik im Süden
Koralmbahn: Hoffnung für den Wirtschaftsraum Steiermark und Kärnten – die AREA Süd
von Herwig Draxler (WK Kärnten), Ewald Verhounig und Robert Steinegger (WK Steiermark)

S. 76 ÖBB-Personenverkehr auf der neuen Südstrecke
Neue Koralmbahn: Fahrplankonzept, Produktionsreife und erste Erfahrungen
von Michael Elsner und Klaus Garstenauer (ÖBB-PV AG)

S. 88 Good News - Digitale Souveränität
Einblicke in technische Abhängigkeiten und Schutzmechanismen
von Salomé Christiani (team Technology Management GmbH)

S. 102 **ÖVG Vorausschau**



© ÖBB/EVmedia

EIN EUROPÄISCHER MEILENSTEIN

DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

VON K. SCHNEIDER

Zusammenfassung

Die Inbetriebnahme der Koralmbahn am 14. Dezember 2025 markiert den erfolgreichen Abschluss eines der bedeutendsten Eisenbahninfrastrukturprojekte Europas. Der Beitrag analysiert die Entwicklung des Projekts von den ersten Planungen bis zu den ersten Betriebserfahrungen und untersucht die zentralen Erfolgsfaktoren seiner Umsetzung. Neben technischen und verkehrlichen Aspekten werden insbesondere die Herausforderungen langfristiger Infrastrukturentwicklung an den Schnittstellen von Finanzierung, Organisation, Genehmigung und gesellschaftlicher Akzeptanz betrachtet. Die ersten Betriebserfahrungen zeigen bereits deutliche Nachfragezuwächse, eine nachweisbare Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene sowie erste wirtschaftliche und regionale Entwicklungseffekte. Aus den Erfahrungen der Koralmbahn werden Schlussfolgerungen für zukünftige Infrastruktur-Großprojekte abgeleitet.

1. Die Koralmbahn mit dem Koralmtunnel

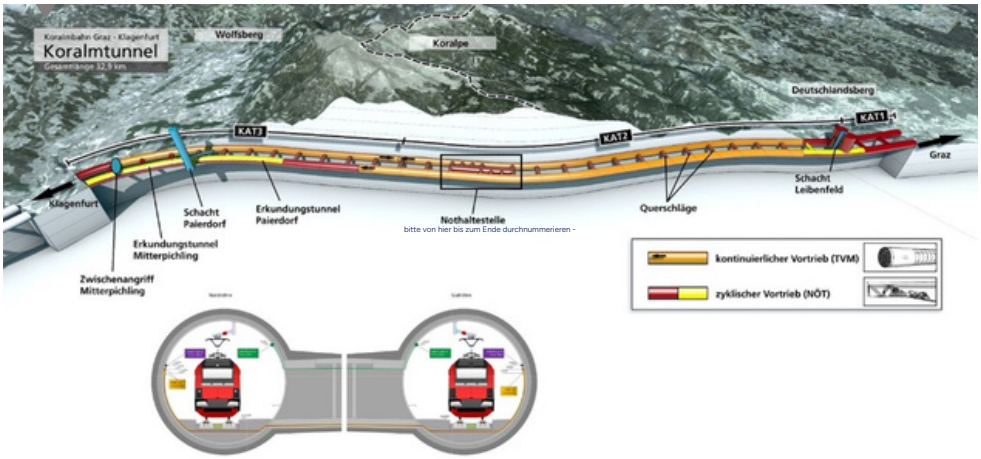
Nach rund 30 Jahren Planungs- und Bauzeit verbindet die Strecke als östlichste Alpenquerung des Baltisch-Adriatischen Korridors die Wirtschafts- und Lebensräume zwischen Ostsee und Adria. Gemeinsam mit dem Semmering-Basistunnel bildet sie das Rückgrat einer leistungsfähigen Südachse des österreichischen Schienenverkehrs und stärkt zugleich die regionale Vernetzung der Bundesländer Steiermark und Kärnten.
Die rund 130 Kilometer lange Hochleistungsstrecke verbindet Graz und Klagenfurt als zweigleisige, elektrifizierte Bahnverbindung mit einer Streckenhöchstgeschwindigkeit von 250 km/h. Mit zwölf Tunneln, über 100 Brücken und 23 Bahnhöfen zählt sie zu den größten Infrastrukturprojekten Europas. Das herausragende Bauwerk der Strecke ist der rund 33 Kilometer lange Koralmtunnel, einer der längsten Eisenbahntunnel weltweit.

Die als Hochleistungsstrecke mit geringen Steigungen ausgeführte Koralmbahn ermöglicht eine deutliche Beschleunigung des Personenverkehrs und eine wirtschaftliche Führung des Güterverkehrs. Die Fahrzeit zwischen Graz und Klagenfurt verkürzt sich von bislang nahezu drei Stunden auf 41 Minuten, wodurch die Bahn im direkten Wettbewerb mit dem motorisierten Individualverkehr erheblich an Attraktivität gewinnt.

Abbildung 1 Koralmbahn Karte - Baltisch-Adriatische Verkehrskorridore (Quelle: EU / ÖBB)



Abbildung 2 Der Koralmtunnel - Übersicht (Quelle: ÖBB)



DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

2. Spannungsfelder und Diskussionen

Die Koralmbahn war auf Grund ihrer Dimension über den gesamten Planungs- und Realisierungszeitraum hinweg Gegenstand intensiver fachlicher, politischer und öffentlicher Diskussionen. Die Debatte reichte von Fragen der Wirtschaftlichkeit, des verkehrlichen Nutzens und der regionalwirtschaftlichen Wirkung bis hin zu grundsätzlichen Überlegungen zur Ausrichtung der österreichischen und europäischen Verkehrspolitik. Neben sachlich geführten Auseinandersetzungen prägten auch zahlreiche zugespitzte und teils polemische Positionen die öffentliche Wahrnehmung des Projekts. Begriffe wie „Milliardengrab", „Prestigeprojekt" oder „Mühlenstein der Eisenbahn" standen den Argumenten der Befürwortungen gegenüber, die in der Koralmbahn einen zentralen Baustein des Baltisch-Adriatischen Korridors in Europa, einen Motor für die wirtschaftliche Entwicklung Österreichs und Europas sowie einen wesentlichen Beitrag zur Verkehrsverlagerung auf die Schiene sahen. Die Geschichte der Koralmbahn spiegelt damit nicht nur die technischen und organisatorischen Herausforderungen eines Großprojekts wider, sondern auch den Wandel verkehrspolitischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen über einen Zeitraum von mehr als drei Jahrzehnten.

Rückblickend zeigt sich, dass zahlreiche der in den vergangenen Jahrzehnten geäußerten Befürchtungen und Kritikpunkte durch die tatsächliche Entwicklung nach der Inbetriebnahme neu beurteilt werden müssen. Die hohe Nachfrage im Personenverkehr, die deutliche Verkürzung der Reisezeiten, die Entstehung eines gemeinsamen Wirtschafts- und Pendlerraums zwischen Steiermark und Kärnten sowie die internationale Aufmerksamkeit für den erfolgreichen Projektabschluss haben die Diskussion vom Grundsätzlichen zunehmend zur Diskussion über den Grad des Erfolges verschoben.

Gleichzeitig bestätigen die bisherigen Erfahrungen die strategische Bedeutung der Koralmbahn als Teil des Baltisch-Adriatischen Korridors, ihre Rolle für die Verlagerung von Verkehrsleistungen auf die Schiene sowie ihre Funktion als Impulsgeber für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung Südösterreichs. Die Entwicklung zeigt damit, dass die Wirkungen großer Infrastrukturvorhaben erst im langfristigen realen Zusammenhang von Erreichbarkeit, Mobilität, regionaler Entwicklung und europäischer Vernetzung sachgerecht bewertet werden können.

3. Thesen zur Problematik von Verkehrsinfrastrukturplanung

Die Geschichte der Koralmbahn ist daher nicht nur die Geschichte eines außergewöhnlichen Ingenieur- und Infrastrukturprojekts, sondern auch ein Beispiel dafür, wie technologische Visionen, politische Entscheidungen, gesellschaftliche Erwartungen und öffentliche Kritik über Jahrzehnte hinweg aufeinandertreffen und letztlich die Entstehung eines Projekts prägen, dessen Bedeutung heute weit über die Grenzen Österreichs hinaus wahrgenommen wird.

Bereits in früheren Veröffentlichungen wurde darauf hingewiesen, dass die Herausforderungen großer Verkehrsinfrastrukturvorhaben nur bedingt technischer Natur sind und wesentlich durch ökonomische, institutionelle, politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen geprägt werden. Die zwischenzeitlich erfolgte Fertigstellung und Inbetriebnahme der Koralmbahn bietet nun die Möglichkeit, diese Überlegungen anhand eines realisierten Großprojektes zu reflektieren und weiterzuentwickeln. Gleichzeitig verdeutlichen aktuelle Diskussionen über die Priorisierung von Infrastrukturinvestitionen im österreichischen Rahmenplan, budgetäre Restriktionen öffentlicher Haushalte, mögliche Anpassungen organisatorischer Strukturen im Eisenbahnsektor sowie die zunehmende Bedeutung digitaler Medien und Künstlicher Intelligenz in öffentlichen Diskursen die unveränderte Aktualität dieser Fragestellungen.

Die Erfahrungen aus über drei Jahrzehnten Planung, Genehmigung, Finanzierung, Bau und Inbetriebnahme der Koralmbahn zeigen, dass die zentralen Herausforderungen großer Infrastrukturprojekte häufig außerhalb der eigentlichen Ingenieurleistungen liegen. Vielmehr entstehen sie an den Schnittstellen zwischen Politik, Wirtschaft, Organisation und Gesellschaft. Vor diesem Hintergrund werden die in früheren Arbeiten entwickelten Überlegungen nachfolgend in Form von vier Thesen aktualisiert und präzisiert.

.

EIN EUROPÄISCHER MEILENSTEIN

DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

These 1: Verkehrsinfrastruktur im Spannungsfeld eines gesellschaftlichen Verteilungswettkampfes

Großprojekte der Verkehrsinfrastruktur bewegen sich stets im Spannungsfeld begrenzter öffentlicher Ressourcen und konkurrierender gesellschaftlicher Zielsetzungen. Ihre Bewertung kann daher nicht ausschließlich anhand betriebswirtschaftlicher Kennzahlen erfolgen, sondern erfordert eine gesamtwirtschaftliche und gesellschaftspolitische Perspektive.

Insbesondere bei langfristig angelegten Schieneninfrastrukturprojekten stehen hohe Investitionskosten einem Nutzen gegenüber, der sich häufig erst über mehrere Jahrzehnte entfaltet. Die Diskussion über Infrastrukturvorhaben wird dadurch zwangsläufig auch zu einer Diskussion über Prioritäten innerhalb einer Volkswirtschaft. Aktuelle Debatten über Investitionsprogramme, Budgetrestriktionen und die Weiterentwicklung nationaler Infrastrukturrahmenpläne verdeutlichen, dass die Verteilung knapper finanzieller Ressourcen weiterhin einen zentralen Konfliktpunkt darstellt. Kontroversen über einzelne Projekte sind daher weniger Ausdruck technischer Dissense als vielmehr Folge unterschiedlicher gesellschaftlicher Präferenzen hinsichtlich des Mitteleinsatzes.

These 2: Komplexität des Systems Eisenbahn erzeugt permanenten Anpassungsdruck

Die Eisenbahn stellt ein hochintegriertes sozio-technisches System dar, in dem Infrastruktur, Betrieb, Fahrzeuge, Energieversorgung, Digitalisierung und Kundenprozesse in vielfältigen Wechselwirkungen stehen. Die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems beruht dabei wesentlich auf der engen Abstimmung seiner einzelnen Komponenten und den systemimmanenten Wechselwirkungen des Rad-Schiene-Systems.

Gleichzeitig führen technologische Entwicklungen, regulatorische Veränderungen und neue Marktanforderungen regelmäßig zu Diskussionen über geeignete Organisations- und Führungsstrukturen. Die historische Entwicklung des Eisenbahnsektors lässt sich als zyklischer Wechsel zwischen organisatorischer Integration und Trennung von Infrastruktur und Absatz sowie zwischen privatwirtschaftlichen und staatlichen Gestaltungs- und Steuerungslogiken beschreiben.

Aktuelle Überlegungen zur Weiterentwicklung von Holdingstrukturen oder zur Optimierung institutioneller Steuerungsformen sind daher nicht als Ausdruck institutioneller Instabilität zu verstehen, sondern als Folge der systemimmanenten Komplexität eines Verkehrsträgers, der sich fortlaufend an veränderte Rahmenbedingungen anpassen muss.

These 3: Infrastrukturprojekte werden durch unterschiedliche Zeithorizonte geprägt

Ein wesentliches Merkmal von Eisenbahninfrastruktur ist ihre außerordentlich lange Lebensdauer. Tunnel, Brücken und Trassen werden für Nutzungszeiträume von weit über einem Jahrhundert konzipiert und selbst deren Planungs- und Realisierungszeiträume bewegen sich in Jahrzehnten. Demgegenüber stehen politische Entscheidungszyklen, Budgetperioden sowie technologische Innovationszyklen, die vielfach deutlich kürzere Zeiträume - Jahre oder Monate - umfassen.

Hieraus entsteht ein grundlegender Zielkonflikt zwischen kurzfristigen Optimierungsanforderungen und langfristigen Infrastrukturwirkungen. Während politische und wirtschaftliche Bewertungen oftmals auf kurzfristige Wirkungen fokussieren, entfalten verkehrliche, wirtschaftliche und raumstrukturelle Nutzenpotenziale ihre volle Wirkung häufig erst nach Jahrzehnten. Die Herausforderung besteht daher darin, langfristige Entwicklungsziele unter Rahmenbedingungen zu verfolgen, die durch hohe Unsicherheit und stetigen Wandel gekennzeichnet sind.

These 4: Stellung von Verkehrswissenschaft im gesellschaftlichen Kontext

Die Herausforderungen großer Infrastrukturvorhaben beschränken sich nicht mehr auf technische Planung und bauliche Umsetzung. Zunehmend rückt die Einbettung solcher Projekte in gesellschaftliche Kommunikations- und Entscheidungsprozesse in den Vordergrund.

Verkehrswissenschaftliche Fragestellungen werden selten ausschließlich aus technischer Perspektive betrachtet. Vielmehr überlagern sich technische Sachverhalte mit ökonomischen, politischen, sozialen und emotionalen Bewertungen. Durch digitale Medien und den wachsenden Einsatz Künstlicher Intelligenz hat sich die Dynamik öffentlicher Diskussionen zusätzlich

DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

verändert. Informationen können in Echtzeit verbreitet, interpretiert und vervielfältigt werden, wobei die Grenzen zwischen fachlicher Analyse, öffentlicher Meinung und politischer Positionierung zunehmend verschwimmen.

Die erfolgreiche Umsetzung von Infrastrukturvorhaben erfordert daher neben technischer Exzellenz auch die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge verständlich zu vermitteln, unterschiedliche Interessen transparent abzuwägen und faktenbasierte Diskurse zu fördern. Akzeptanz entsteht nicht allein durch technische Qualität, sondern durch die nachvollziehbare Einbindung relevanter Akteure und eine konsistente Kommunikation über den gesamten Projektlebenszyklus.

4. Wirkungen der Koralmbahn nach der Inbetriebnahme

Die Diskussionen rund um die Koralmbahn waren über Jahrzehnte hinweg maßgeblich von Prognosen, Szenarien und Erwartungshaltungen geprägt. Mit der Inbetriebnahme der Gesamtstrecke im Dezember 2025 konnte erstmals die tatsächliche verkehrliche Wirkung des Projekts beobachtet werden. Bereits die ersten Betriebsmonate zeigen, dass die Koralmbahn nicht nur eine neue Infrastruktur bereitstellt, sondern zu einer grundlegenden Veränderung des Angebotsniveaus im österreichischen Schienenverkehr sowie der Erreichbarkeits- und Raumstrukturen im Süden Österreichs geführt hat.

4.1 Verkehrliche Wirkungen

Der Fahrplanwechsel 2025/26 führte zu einer grundlegenden Neuordnung des Fernverkehrs auf der österreichischen Südachse. Mit einer Fahrzeit von rund 41 Minuten zwischen Graz und Klagenfurt, rund 29 täglichen Direktverbindungen sowie verbesserten nationalen und internationalen Anschlüssen wurde ein neues Angebotsniveau geschaffen. Verkehrswissenschaftlich entscheidend ist dabei das Zusammenwirken von Fahrzeitverkürzung, Taktdichte und Netzintegration, wodurch die Attraktivität der Schiene gegenüber dem motorisierten Individualverkehr deutlich gesteigert wurde.

Die Nachfrageentwicklung bestätigt diese Wirkung. Nach rund 160.000 Fahrgästen in den ersten Betriebswochen stieg die tägliche Nachfrage innerhalb des ersten Betriebsjahres auf etwa 10.000 Fahrgäste an. Die Unterschreitung der verkehrsplanerisch relevanten Ein-Stunden-Grenze zwischen Graz und Klagenfurt schafft erstmals die Voraussetzungen für einen gemeinsamen Arbeits-, Bildungs- und Pendlerraum.

Besonders bemerkenswert sind die bereits nachweisbaren Verlagerungseffekte. Während der Pkw-Verkehr auf der Südautobahn (A2) im Koralmkorridor im ersten Halbjahr 2026 um 4,6 % zurückging (in Kärnten sogar um 6,3%), betrug der Rückgang österreichweit lediglich 0,6 %. Damit liegt bereits wenige Monate nach Inbetriebnahme ein erster empirischer Nachweis für eine Verlagerung von Verkehrsleistungen von der Straße auf die Schiene vor.

Darüber hinaus entfaltet die Koralmbahn erhebliche Netzwirkungen. Als Bestandteil des österreichischen und europäischen Taktfahrplans verbessert sie die Erreichbarkeit entlang der gesamten Südachse und stärkt die Funktion von Graz als überregionalen Verkehrsknoten zwischen den Relationen Deutschland, Italien, Südosteuropa und Osteuropa.

4.2 Raumwirtschaftliche Wirkungen

Neben den verkehrlichen Effekten zeichnen sich bereits erste wirtschaftliche und raumstrukturelle Wirkungen ab. Durch die deutliche Verbesserung der Erreichbarkeit entsteht zwischen Kärnten und der Steiermark ein gemeinsamer funktionaler Wirtschafts- und Lebensraum. Die als „AREA SÜD" bezeichnete Region umfasst rund 1,8 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner, mehr als 150.000 Unternehmen sowie eine Wirtschaftsleistung von rund 70 Milliarden Euro. Aus raumwirtschaftlicher Sicht führt die deutlich verbesserte Erreichbarkeit zur stärkeren Integration bisher getrennter Arbeits-, Bildungs- und Dienstleistungsmärkte.

Die Koralmbahn verbessert die Integration bisher getrennter Arbeits-, Bildungs- und Dienstleistungsmärkte und erhöht die Attraktivität von Standorten entlang der neuen Bahnachse. Gleichzeitig erweitert sie das verfügbare Fachkräftepotenzial, erleichtert die Vernetzung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen (14 Hochschulen mit über 80.000 Studierenden) und stärkt die Wettbewerbsfähig-

EIN EUROPÄISCHER MEILENSTEIN

DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

keit des Wirtschaftsstandortes Südösterreich. Auch Tourismus und Freizeitwirtschaft profitieren von der verbesserten Erreichbarkeit und den neuen Mobilitätsbeziehungen innerhalb der Region.

Über die regionalen Wirkungen hinaus erhöht die Koralmbahn als Bestandteil des Baltisch-Adriatischen Korridors die Anbindung Südösterreichs an internationale Märkte und stärkt damit insbesondere die Rahmenbedingungen für exportorientierte Unternehmen und den Güterverkehr.

5. Die Erfolgskriterien eines Großprojektes

5.1 Professionelles Projektmanagement

Die erfolgreiche Realisierung komplexer Verkehrsinfrastrukturprojekte setzt ein professionelles Projektmanagement voraus, das den definierten Kundennutzen unter Einhaltung von Kosten-, Termin- und Qualitätszielen sicherstellt. Wesentliche Voraussetzungen hierfür sind eine durchgängige Projektverantwortung, leistungsfähige interdisziplinäre Teams, klare Prozesse und Entscheidungsstrukturen sowie eine auf die Projektanforderungen abgestimmte Organisation. Unterstützt wird dies durch klassische Instrumente des Projektmanagements wie Termin- und Kostensteuerung, Risikomanagement, Änderungsmanagement, Qualitätsmanagement sowie ein laufendes Projektcontrolling.

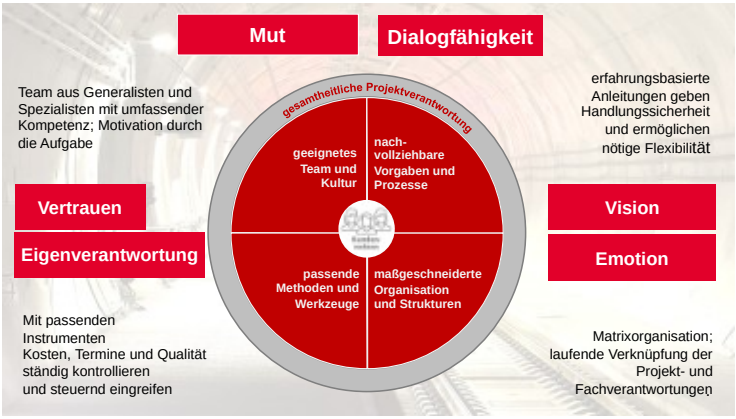
Den entscheidenden Erfolgsfaktor stellen jedoch die beteiligten Menschen dar. Großprojekte werden über Jahrzehnte hinweg von unterschiedlichen Fachdisziplinen, Organisationen und Interessensgruppen geprägt. Neben fachlicher Kompetenz entscheidet daher vor allem die Fähigkeit zur Zusammenarbeit in einem dynamischen und von Unsicherheiten geprägten Umfeld über den langfristigen Projekterfolg.

Die Erfahrungen aus dem Projekt Koralmbahn zeigen, dass neben den klassischen Instrumenten des Projektmanagements insbesondere kulturelle Faktoren erfolgskritisch sind. Als zentrale Erfolgsfaktoren erwiesen sich dabei Vertrauen und Eigenverantwortung, da beide schnelle Entscheidungsprozesse ermöglichen, die Identifikation mit dem Projekt fördern und die Zusammenarbeit über Organisationsgrenzen hinweg stärken.

Von besonderer Bedeutung waren darüber hinaus Mut und Dialogfähigkeit. Mut beschreibt dabei die Fähigkeit, auch unter Unsicherheit Entscheidungen zu treffen, langfristige Zielsetzungen konsequent zu verfolgen und Vorhaben trotz wiederkehrender Kritik weiterzuentwickeln. Dialogfähigkeit umfasst die Fähigkeit, unterschiedliche Interessen und Perspektiven aufzunehmen, Zielkonflikte transparent zu machen und tragfähige Lösungen zu entwickeln. Gerade bei Infrastrukturprojekten, die sich im Spannungsfeld von Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Öffentlichkeit bewegen, stellt sie eine zentrale Managementkompetenz dar.

Vor dem Hintergrund zunehmender Digitalisierung und des Einsatzes Künstlicher Intelligenz gewinnt diese Fähigkeit zusätzlich an Bedeutung. Während Analysen, Prognosen und Entscheidungsgrundlagen zunehmend automatisiert erstellt werden können, bleiben Interessensabwägungen, gesellschaftliche Akzeptanzbildung und die Entwicklung gemeinsamer Zielbilder auch künftig originär menschliche Aufgaben.

Abbildung 3 Professionelles Projektmanagement und kulturelle Erfolgsfaktoren (Quelle: ÖBB)



Die Erfahrungen der Koralmbahn zeigen somit, dass nachhaltiger Projekterfolg nicht allein auf fachlicher Professionalität und organisatorischer Exzellenz beruht. Ebenso entscheidend sind eine gemeinsame Projektkultur sowie die Werte Vertrauen, Eigenverantwortung, Mut und Dialogfähigkeit, getragen von einer klaren Vision und der Begeisterung für die technische und gesellschaftliche Bedeutung des Projekts. Gerade bei Infrastrukturvorhaben mit Realisierungszeiträumen von mehreren Jahrzehnten bilden diese Faktoren die Grundlage für Kontinuität, Anpassungsfähigkeit und langfristigen Projekterfolg.

EIN EUROPÄISCHER MEILENSTEIN

DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

5.2 Kostenstabilität als Ergebnis konsequenter Projektsteuerung

Die lange Realisierungsdauer von Eisenbahngroßprojekten stellt besondere Anforderungen an die Kostenstabilität. Über Zeiträume von mehreren Jahrzehnten führen technische Weiterentwicklungen, geänderte Rahmenbedingungen sowie politische und gesellschaftliche Anforderungen zwangsläufig zu Anpassungs- und Änderungsprozessen. Gleichzeitig werden Kostenprognosen bereits in frühen Projektphasen erstellt und dienen oftmals noch Jahrzehnte später als Maßstab für die Beurteilung des Projekterfolgs.

Kostenstabilität ist daher nicht nur ein betriebswirtschaftlicher Erfolgsfaktor, sondern auch ein wesentlicher Indikator für die Qualität der Projektabwicklung. Die Erfahrungen aus dem Projekt Koralmbahn zeigen, dass sie vor allem auf einem konsequenten Projekt-, Risiko- und Kostenmanagement basiert. Wesentliche Elemente waren die laufende Risikoanalyse, eine kontinuierliche Kostensteuerung, die Berücksichtigung langfristiger Preisentwicklungen sowie die Anwendung des Prinzips der „Ratio Legis" bei technischen, rechtlichen und organisatorischen Fragestellungen.

Für die Koralmbahn wurden die ersten belastbaren Kostenprognosen auf Basis einer weitgehend stabilen Trassenplanung und der ersten Umweltverträglichkeitsverfahren bereits zwischen 2004 und 2006 erstellt. Trotz einer Projektlaufzeit von rund zwei Jahrzehnten, anspruchsvoller geologischer Rahmenbedingungen, der Auswirkungen der COVID-19-Pandemie sowie einer überdurchschnittlichen Inflationsentwicklung konnten die Projektkosten auf einem außergewöhnlich hohen Genauigkeitsniveau stabil gehalten werden. Die Kostenentwicklung bewegte sich von rund 5,4 Mrd. Euro in den frühen Projektphasen auf rund 5,5 Mrd. Euro zur Inbetriebnahme im Jahr 2025 und damit innerhalb eines Schwankungsbereichs von weniger als zwei Prozent. Die heute ausgewiesenen Gesamtkosten von rund 5,9 Mrd. Euro enthalten zusätzlich Projekterweiterungen im Süden von Graz im Umfang von rund 0,4 Mrd. Euro.

Diese Kostenstabilität stellt für ein Infrastrukturprojekt dieser Größenordnung eine Ausnahmeerscheinung dar und kann als Ergebnis einer konsequenten Risiko-, Termin- und Kostensteuerung gewertet werden. Erfolgreiches Projektmanagement erfordert nicht nur die Einhaltung regulatorischer Vorgaben, sondern auch die Fähigkeit, innerhalb dieses Rahmens technisch sinnvolle und wirtschaftlich vertretbare Lösungen zu entwickeln. Dies setzt die Bereitschaft voraus, bestehende Regelwerke kritisch zu reflektieren und den notwendigen Ingenieurgeist verantwortungsvoll anzuwenden.

▼ Abbildung 4 Kostenstabilität (Quelle: ÖBB)



Zur Stabilität der Projektabwicklung trug darüber hinaus die österreichische Finanzierungssystematik wesentlich bei. Insbesondere der rollierend fortgeschriebene Sechsjahres-Rahmenplan für Eisenbahninfrastrukturinvestitionen schuf lang-fristige Planungs- und Finanzierungssicherheit und bildete damit eine zentrale Voraussetzung für die kontinuierliche Umsetzung eines Infrastrukturprojekts über mehrere Jahrzehnte hinweg und sollte daher auch zukünftig eine wichtige Richtschnur bleiben.

5.3 Innovations- und Technologieoffenheit

Große Verkehrsinfrastrukturprojekte mit langen Planungs- und Realisierungszeiträumen erfordern die Fähigkeit, technologische Entwicklungen kontinuierlich in die Projektumsetzung zu integrieren. Innovations- und Technologieoffenheit stellen daher eine wesentliche Voraussetzung dar, um die langfristige Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit der

EIN EUROPÄISCHER MEILENSTEIN

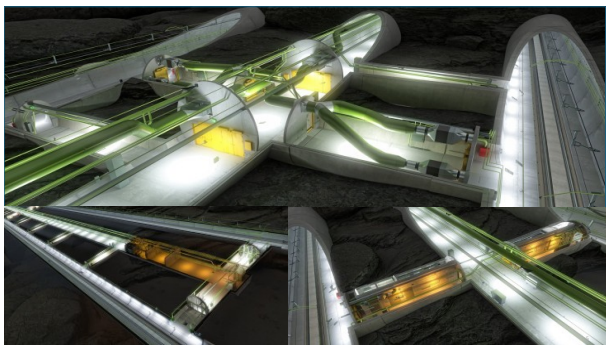
DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

Infrastruktur sicherzustellen.

Die Koralmbahn verdeutlicht diesen Zusammenhang in besonderem Maße. Mit dem Koralmtunnel als einem der längsten Eisenbahntunnel der Welt waren zahlreiche technische Fragestellungen verbunden, für die bestehende Lösungen nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung standen. Die erfolgreiche Umsetzung erforderte daher die Bereitschaft, neue Technologien zu entwickeln, innovative Lösungsansätze zuzulassen und bestehende Standards weiterzuentwickeln.

Beispielhaft dafür stehen das neu entwickelte Entwässerungssystem des Koralmtunnels, innovative Lösungen zur Beherrschung aerodynamischer Druckwirkungen bei Geschwindigkeiten bis 250 km/h, die Entwicklung neuartiger Tunnelschiebetüren, die weltweit erstmalige Anwendung einer Stromschienenanlage für Geschwindigkeiten bis 250 km/h, neue Konzepte zur Energieversorgung und Klimatisierung technischer Anlagenräume sowie die durchgängige Anwendung der BIM-Methode (Building Information Modelling) in Planung, Ausführung und Betrieb.

▼ Abbildung 5 Koralmtunnel BIM (Quelle: ÖBB / 3D Schmiede)



Die Erfahrungen der Koralmbahn zeigen, dass Innovationen bei Großprojekten nicht Selbstzweck sind, sondern einen wesentlichen Beitrag zur technischen Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und langfristigen Zukunftssicherheit der Infrastruktur leisten. Voraussetzung dafür ist eine Projektkultur, die technologische Entwicklungen frühzeitig aufgreift Forschung und Innovation gezielt fördert und gleichzeitig die Bereitschaft besitzt, etablierte Lösungsansätze kontinuierlich zu hinterfragen und weiterzuentwickeln. Die Innovations- und Technologieoffenheit des Projekts war somit ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Realisierung der Koralmbahn.

5.4 Kontinuität in Genehmigungsverfahren und Inbetriebnahme

Die erfolgreiche Umsetzung großer Verkehrsinfrastrukturprojekte erfordert neben der technischen und organisatorischen Kompetenz, auch die Fähigkeit, Genehmigungs- und Behördenverfahren über lange Zeiträume hinweg konsistent und rechtssicher zu steuern. Dies gilt insbesondere für die Koralmbahn, deren Planung, Genehmigung, Errichtung und Inbetriebnahme mehr als drei Jahrzehnte umfasste.

Über die gesamte Projektlaufzeit wurden neben den zahlreichen Umweltverträglichkeitsprüfungen mehr als einhundert Verfahren nach unterschiedlichen Materiengesetzen durchgeführt. Die zentrale Herausforderung bestand dabei weniger in der Durchführung einzelner Verfahren als in der Sicherstellung einer durchgängigen fachlichen und rechtlichen Logik über den gesamten Projektlebenszyklus. Wesentlich dafür war die konsequente Gliederung des Projekts in verkehrlich wirksame Teilabschnitte sowie geografisch und fachlich zusammenhängende Projektbereiche. Dadurch konnten Planungs-, Genehmigungs- und Bauprozesse schrittweise entwickelt und gleichzeitig frühzeitig Teilnutzen realisiert werden – dies aber immer unter der Gesamtsicht des Projektes.

Von besonderer Bedeutung war die konsequente Wahrung der ursprünglichen Projektidee trotz laufender technischer, rechtlicher und gesellschaftlicher Veränderungen. Dieses Spannungsfeld lässt sich mit dem Heraklit zugeschriebenen Gedanken beschreiben, dass niemand zweimal in denselben Fluss steigen kann - einem immer neues Wasser entgegenfließt. Während sich Anforderungen, Technologien und Rahmenbedingungen kontinuierlich verändern (Wasser), muss

EIN EUROPÄISCHER MEILENSTEIN

DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

die grundlegende Zielsetzung eines Projekts erhalten bleiben (Flussbett). Erfolgreiches Genehmigungsmanagement bedeutet daher nicht, Veränderungen zu vermeiden, sondern diese innerhalb eines stabilen strategischen und genehmigungsrechtlichen Rahmens zu steuern. Die Herausforderung besteht darin, die Dynamik des Projekts zuzulassen, ohne die grundlegende Zielsetzung und den Verfahrensgegenstand zu verlassen.

Vor diesem Hintergrund wurden nach Fertigstellung wesentlicher Bauabschnitte systematisch Änderungsgenehmigungen durchgeführt. Dadurch konnten technische Optimierungen und neue Erkenntnisse rechtzeitig in den Genehmigungsbestand übernommen werden, ohne die spätere Erlangung der Betriebsbewilligungen zu gefährden. Gleichzeitig gelang es, unterschiedliche Interessen innerhalb der verfahrensrechtlichen Möglichkeiten auszugleichen und die inhaltliche Konsistenz des Gesamtprojekts zu erhalten.

Die Leistungsfähigkeit dieses Ansatzes zeigte sich insbesondere in der abschließenden Inbetriebnahmephase. Im Rahmen von 660 Test-, Mess- und Probefahrten mit 39.000 Kilometern (sowie 3.400 Schulungsfahrten mit über 164.000 Kilometern) wurden sämtliche betrieblichen und sicherheitstechnischen Systeme bis zu Geschwindigkeiten von 250 km/h erfolgreich verifiziert. Parallel dazu erfolgten die Übergabe der Anlagen an die Betreiberorganisationen, umfangreiche Schulungsmaß-nahmen sowie der Aufbau der Wartungs- und Instandhaltungsprozesse.

Besonders bemerkenswert ist, dass die für die Betriebsbewilligungen erforderlichen Unterlagen für ein Projekt mit rund 130 Kilometern Neubaustrecke, einem Tunnelbauwerk internationaler Dimension und einer Projektgeschichte von nahezu drei Jahrzehnten innerhalb von lediglich 3 Quartalen erstellt und erfolgreich genehmigt werden konnten. Dies stellt auch im internationalen Vergleich eine außergewöhnliche Leistung dar.

Die erfolgreiche Inbetriebnahme der Koralmbahn war damit nicht allein Ergebnis technischer und organisatorischer Leistungen, sondern zugleich Ausdruck einer über viele Jahre gewachsenen Projektkultur.

▼ Abbildung 6 Inbetriebnahme Koralmbahn Testfahrten; © ÖBB/Ferk



EIN EUROPÄISCHER MEILENSTEIN

DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

Fazit

Die Entwicklung der Koralmbahn über einen Zeitraum von mehr als drei Jahrzehnten bestätigt, dass die Herausforderungen großer Verkehrsinfrastrukturvorhaben weit über technische Fragestellungen hinausreichen. Finanzierung, organisatorische Komplexität, unterschiedliche Planungshorizonte sowie gesellschaftliche Akzeptanz erwiesen sich als ebenso wesentlich für den Projekterfolg wie die eigentlichen ingenieurtechnischen Leistungen. Gleichzeitig zeigt die Koralmbahn, dass die erfolgreiche Umsetzung komplexer Infrastrukturvorhaben unter diesen Rahmenbedingungen möglich ist.

Eine besondere Erkenntnis der Koralmbahn liegt dabei in der Bedeutung des Faktors Mensch. Die Erfahrungen aus Planung, Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme zeigen, dass nachhaltiger Projekterfolg nicht allein durch technische Systeme, Prozesse und Organisationsstrukturen entsteht. Von zentraler Bedeutung sind vielmehr die handelnden Personen und die von ihnen geprägte Projektkultur. Vertrauen, Eigenverantwortung, Dialogfähigkeit und Mut erwiesen sich dabei als wesentliche Voraussetzungen, um komplexe Fragestellungen über organisatorische, fachliche und generationelle Grenzen hinweg erfolgreich zu bewältigen.

▼ Abbildung 7 Menschen als Träger des Erfolgs; © ÖBB/Franz Georg Pikl



Quellen

[1] ASFINAG (2026): Verkehrszählungsdaten zur Entwicklung des Verkehrsaufkommens auf der Südautobahn (A2) im Koralmkorridor; Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Wien.

[2] Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) (2026): Investitionen in Bahninfrastruktur: Österreich im europäischen Spitzenfeld. Wien.

[3] Climate Change Centre Austria (CCCA) (2026): Weniger Verkehr auf der A2 durch Koralmbahn. Wien.

[4] Europäische Kommission (2024): Trans-European Transport Network (TEN-T) Policy and Baltic-Adriatic Corridor. Brüssel.

[5] Exxpress: Koralmbahn; Prestigeprojekt oder Milliardengrab auf Schiene Wien 23.10.2025

[6] Heraklit von Ephesos (ca. 500 v. Chr.): Fragment B12: „Man steigt nicht zweimal in denselben Fluss." In: Diels, H.; Kranz, W.: Die Fragmente der Vorsokratiker.

[7] Joanneum Research (verschiedene Jahre): Studien zu regionalwirtschaftlichen Auswirkungen von Verkehrsinfrastruktur und Standortentwicklung in Südösterreich. Graz.

[8] Kärntner Hochschulkonferenz / Steirische Hochschulkonferenz (2025–2026): Strategiepapiere zum Hochschul- und Forschungsraum Süd. Graz/Klagenfurt.

[9] Kleine Zeitung: Kritiker bleibt dabei: Koralmbahn ist ein Milliardengrab; Klagenfurt 8.12.2025

[10] Land Kärnten (2025): Koralmbahn: Land Kärnten setzt Maßnahmen mit Strategie Schritt für Schritt um. Klagenfurt.

EIN EUROPÄISCHER MEILENSTEIN

DIE KORALMBAHN – EIN JAHRHUNDERTPROJEKT SETZT SICH DURCH

[11] ÖBB-Infrastruktur AG (2025/26): Koralmbahn – Projekt- und Inbetriebnahmeunterlagen. Wien. Verkehrs- und Betriebskennzahlen der Koralmbahn im ersten Betriebsjahr. Wien.

[12] ORF Kärnten/Steiermark (2026):
Positive Auswirkungen der Koralmbahn. Klagenfurt.

[13] Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR) (verschiedene Jahre): Raumordnungs- und Infrastrukturstudien zu TEN-T-Korridoren und regionalen Entwicklungseffekten. Wien.

[14] Schneider, ÖBB-Infrastruktur AG: Die Koralmbahn, Ingenieurkunst aus Österreich, Schneider, Egger; Swiss Tunnel Congress 2020

[15] Schneider, ÖBB-Infrastruktur AG: Das Finale der 130 km langen Koralmbahn mit dem 33 km langen Koralmtunnel, Schneider, Steiner; Swiss Tunnel Kongress 2024

[16] Schneider, ÖBB-Infrastruktur AG: Die Koralmbahn - ein Jahrhundertprojekt; Artikel im ETR Austria – September 2025 – Nr. 9

[17] Schneider, ÖBB-Infrastruktur AG: Die Koralmbahn mit dem 33 km langen Koralmtunnel - Ein Jahrhundertprojekt im Finale; Stuva Vortrag am 25.11.2025

[18] Statistik Austria (2025–2026): Regionale Wirtschafts-, Beschäftigungs- und Bevölkerungsdaten für Kärnten und die Steiermark. Wien.

[19] Steiermark Business / AREA Süd (2026): AREA SÜD – Wie die Koralmbahn einen neuen Wirtschaftsraum schafft. Graz.

[20] Universität Graz (2025): Koralmbahn: Neue Chancen für Hochschulen in Kärnten und der Steiermark. Graz

[21] Verkehrsclub Österreich (VCÖ) (2026): Auswertung der ASFINAG-Verkehrsdaten zur Entwicklung des Straßenverkehrs im Koralmkorridor. Wien.

[22] Wirtschaftskammer Kärnten (2023): Koralmbahn: Wirtschaft begrüßt Eröffnung des Kärntner Teilstücks. Klagenfurt.

[23] Wirtschaftskammer Steiermark /Wirtschaftskammer Kärnten (2025–2026): Unterlagen und Stellungnahmen zum Wirtschaftsraum „AREA SÜD". Graz/Klagenfurt.



DI Dr. Klaus Schneider begleitet das Großprojekt Koralmbahn seit 1997 als Gesamtprojektleiter und war davor schon im Rahmen der Tätigkeit am Eisenbahnwesen der TU Graz bei Voruntersuchungen und Machbarkeitsstudien beteiligt. Daneben wurden unter der Leitung auch der Hauptbahnhof Graz bzw. Graz Hbf 2020 und unzählige Bahnhofsprojekte in der Steiermark umgesetzt. Parallel leitet er weitere Infrastrukturprojekte und verantwortet Planung, Umsetzung und Risikomanagement. Ein Höhepunkt war die Inbetriebnahme der Koralmbahn am 14.12.2025 – ein erfolgreich realisiertes Jahrhundertprojekt.

LÜCKE GESCHLOSSEN

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

VON H. ADELSBERGER

Einleitung – grundsätzliche Aspekte

Im europäischen Verkehrssystem ist im Grunde jedes Netzelement, Knoten oder Kante, international eingebettet. Unterschiedliche Ausprägungen bestehen aber, da der jeweilige Anteil an Personen- und Güterverkehr mit Quelle und/oder Ziel im Ausland von der jeweiligen Lage und Ausrichtung, von der Entfernung zu politischen Grenzen und vom Ausbauzustand abhängt.

Dabei zeichnen sich für Netzelemente zwei grundsätzliche Aspekte ab:

- der funktionell-geographische Aspekt: die Lage und Funktionalität im räumlichen Zusammenhang mit der Gelände-, Siedlungs- und Wirtschaftsstruktur, etwa im Verlauf „natürlicher" Korridore;
- der normativ-politische Aspekt: die rechtlich festgelegte Verankerung im transeuropäischen Verkehrsnetz (TEN-T).

Die Koralmbahn liegt in keinem naturgegebenen Korridor. Trotzdem sah man in ihr von Anfang an einen wichtigen Baustein des europäischen Schienennetzes [1], [2].

Der Blick zurück in die Geschichte zeigt folgendes Bild: Die antike „Bernsteinstraße" verlief quer durch Europa von Aquileia über Emona (heute: Ljubljana) und Savaria (Szombathely) östlich an den Alpen vorbei und weiter entlang der March und über die Mährische Pforte zur Ostsee (Abb. 1). Faktisch hat schon Mitte des 19. Jahrhunderts die Südbahn Wien – Triest über den Semmering und durch das Industrieland Steiermark eine Verschiebung dieses historischen Korridors nach Westen bewirkt.

Seit dem Lückenschluss von Bruck an der Mur zur Rudolfsbahn bei St. Michael ob Leoben folgte die Strecke Wien – Kärnten – Italien der Mur-Mürz-Furche und über den Neumarkter Sattel. Die Grenzziehung nach dem 1. Weltkrieg hat diesen Verlauf verfestigt, der von H. Eicher als „schräger Durchgang" [3]. (Abb.2) bezeichnet wurde und auch „Pontebbana-Achse" hieß. Dadurch geriet Graz, ohne die Destination Triest im Süden, in eine Randlage des österreichischen Verkehrsnetzes, abseits dieses Korridors.

Wurde schon 1936 die Packer Bundesstraße, 2007 auch die vierstreifige A2 über den Packsattel fertiggestellt, so blieb Graz im österreichischen Schienennetz bis vor Kurzem nahezu ein „dead end". Erst um 1990 hatte ein



Abbildung 1 Bernsteinstraße; Quelle: Wikipedia

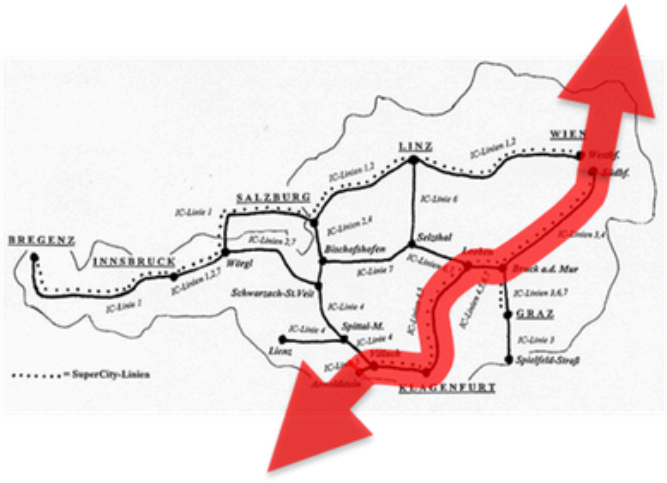


Abbildung 2 Pontebbana-Achse ("schräger Durchgang"); Quelle: ÖBB / Grundkarte)

LÜCKE GESCHLOSSEN

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Umdenken begonnen: Von der damals angedachten „Südostspange" [4] (Abb.3) war immerhin von deren südlichem Teil die Koralmbahn übriggeblieben. Aber da dieses Projekt nicht betriebswirtschaftlich, sondern staatspolitisch motiviert war, folgte noch ein sehr langer Weg voller Hürden und Rückschläge, bis es tatsächlich realisiert wurde. Erst die Aufnahme in den neuen, über Graz und Villach laufenden multimodalen „Ostsee-Adria-Korridor" [5] hat, nicht zuletzt mit der Aussicht auf EU-Zuschüsse, auch den nötigen politischen Rückhalt für die Realisierung geboten.

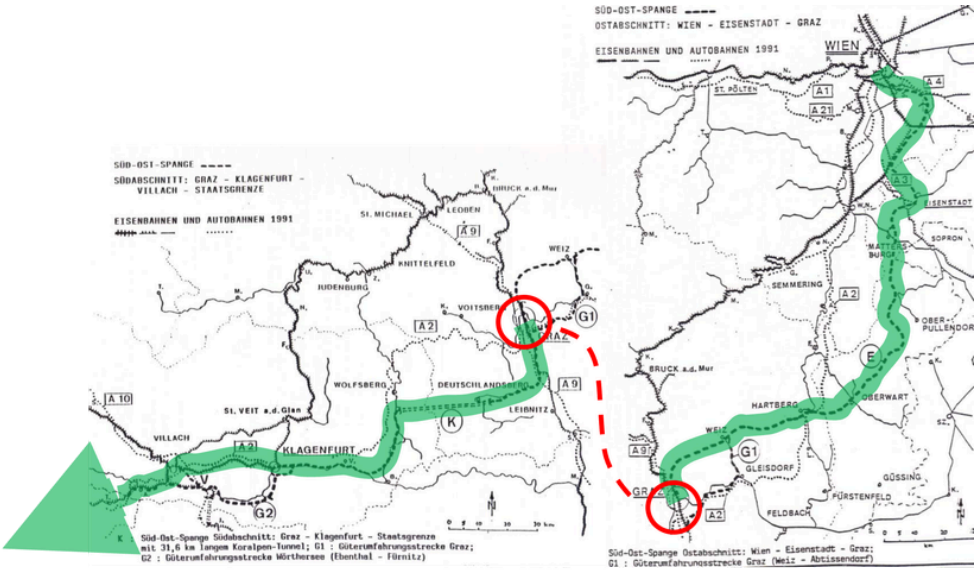
Indem die Koralmbahn als Flachbahn und Hochgeschwindigkeitsstrecke – max. 9 ‰ Steigung und Gesamtfahrzeit Graz – Klagenfurt von nur noch ca. 40 min - die Barriere der Koralpe durchörtert und damit deren Trennwirkung aufhebt, transformiert sie diesen „politischen" Korridor zusammen mit dem künftigen Semmering-Basistunnel (SBT) in einen „natürlichen" Korridor. Damit übertrifft die Koralmbahn die in relativer Nähe parallel verlaufenden Strecken (Neumarkter Sattel sowie Ungarn – Slowenien und Ungarn – Kroatien) bei Weitem an Attraktivität. Daher ist die Koralmbahn weit mehr als der Lückenschluss Graz – Klagenfurt auf der Schiene; eingebettet ins europäische Schienennetz ist sie auch physisch großräumig verkehrswirksam und international verknüpft.

Die funktional geographische internationale Einbettung der Koralmbahn

Zusammenhänge zwischen der geographischen Lage und der Morphologie einer Region einerseits und der Netzkonfiguration der Schieneninfrastruktur andererseits wurden am Beispiel der Steiermark herausgearbeitet [6]. Wie dargelegt, wirkt sich ein Netzschluss von der Dimension der Koralmbahn allein schon durch ihre Existenz und Attraktivität, auf das Schienennetz weit über die Grenzen Österreichs hinaus aus, unabhängig von jeglicher formellen Zuordnung zu einem Korridor.

Unmittelbar hat die Koralmbahn den Verzweigungspunkt der Südstrecke Wien – Italien bzw. Wien – Slowenien von Bruck an der Mur nach Graz verschoben. Dies hat eine im europäischen Maßstab eher kleinräumige Routenverlagerung vom Neumarkter Sattel zur Koralmbahn bewirkt, die aber immerhin Graz in den nationalen und internationalen Personen- und (zum Teil) auch Güterverkehr Wien – Kärnten – Italien integriert.

Für Klagenfurt ist diese Verlagerung insofern weniger relevant, als es weitgehend dieselben Verkehrsströme sind, die die Stadt bisher von Norden, jetzt von Osten her erreichen.



▲ Abbildung 3 " Südostspane": linkes Bild - südlicher Teil, rechtes Bild - östlicher Teil
Quelle: Machbarkeitsstudie zur Südost-Spange (Grundkarte) [4]

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Darüber hinaus hat die Attraktivität der Koralmbahn zu weiteren Routenänderungen geführt, die auch die Gesamteffizienz und vor allem die internationale Bedeutung der Koralmbahn steigern:

- Da die Fahrzeit Graz – Salzburg über Villach um rund 30 min kürzer ist als über Leoben und das Ennstal, wird nunmehr auch der nationale Personenverkehr Graz – Salzburg über die Koralmbahn geführt, sowie auch der internationale Personenverkehr von und nach Deutschland.
- Ebenso wird ein großer Teil des Verkehrs Wien – Graz – Ljubljana von der klassischen Südbahnstrecke über Maribor auf die Koralmbahn und die Karawankenstrecke verlagert.

Aufgrund ihrer geographischen Ausrichtung sowie ihrer Ausbauparameter zieht die Koralmbahn internationale Verkehrsströme vor allem in der Relation Nordost – Südwest an, insbesondere im Güterverkehr: Besonders hohe Potenziale bestehen zwischen Polen, dem Land Ostmitteleuropas mit dem höchsten Wirtschaftswachstum, und dem norditalienischen Industrieraum.

Darüber hinaus spielt die Koralmbahn eine Schlüsselrolle als Teil der Hinterlandanbindung vor allem der italienischen Adriahäfen Triest, Venedig, Ravenna, etc., auch im Zusammenwirken mit den Güterterminals in Fürnitz bei Villach, Werndorf bei Graz und den Terminals in Wien.

Fürnitz kooperiert als „dry port" mit dem Hafen Triest. Das Cargo Center Graz in Werndorf ist eines der zehn größten Güterterminals Europas, dessen „Anbindung an die Koralmbahn die Leistungsfähigkeit des Standorts nachhaltig erhöhen" (aus der Website des Terminals) und seine Rolle als internationales Logistikzentrum stärken. Wien ist als TEN-Knoten [7] und auch als Binnenhafen an der Donau von internationaler Relevanz.

Wie schon erwähnt, wird die Koralmbahn an internationaler Bedeutung zulegen, sobald auch der SBT in Betrieb geht. Beide Neubauabschnitte zusammen bilden eine durchgehende Flachbahn von der Ostsee bis zur Adria – vorerst noch unterbrochen vom kurzen Abschnitt Arnoldstein – Tarvisio-Boscoverde mit 20 ‰ Steigung.

Nennenswerte Verkehrspotenziale ergeben sich auch aus einem Zusammenwirken mit der steirischen Ostbahn Graz – Gleisdorf (– Weiz) – Fehring – Körmend – Szombathely – Budapest, sobald auch diese besser ausgebaut und elektrifiziert ist, und noch mehr mit angedachten Netzergänzungen in der Oststeiermark. Vorerst limitiert aber der Kapazitätsengpass im Abschnitt über die Lassnitzhöhe die Verkehrswirksamkeit dieses Streckenzugs. Auch der parallele eingleisige Abschnitt Szombathely – Körmend – Murska Sobota – Ormož - Pragersko des „Mediterranen Korridors" weist Engpässe auf, für die die Koralmbahn eine Alternative bieten könnte.

Die innerösterreichischen Routenverlagerungen infolge der Koralmbahn wirken sich in unterschiedlicher Weise auf die betroffenen Regionen aus. Entsprechende Ausgleichsmaßnahmen haben aber noch Verbesserungspotenzial.

Abgesehen von den evidenten Vorteilen einer schnellen Direktverbindung für die Räume Graz und Klagenfurt ergeben sich für diese beiden Regionen die folgenden Vorteile:

- Infolge der Routenverlagerung vom Neumarkter Sattel zur Koralmbahn rückt Graz (und das Grazer Becken) aus der bisherigen Peripherität in eine zentrale Knotenlage. Das bedingt eine deutliche Erhöhung des Zugsangebots im Personenverkehr und, im Rahmen der Kapazität im Abschnitt Bruck an der Mur – Graz sowie der Koralmbahn selbst, auch im Güterverkehr.
- Klagenfurt und Villach ziehen Nutzen aus der Verlagerung des Verkehrs Graz – Salzburg – Deutschland und Wien – Ljubljana über die Koralmbahn.
- Beide Großräume gemeinsam profitieren von einer besseren Einbindung ins internationale Schienennetz, insbesondere nach Mittel- und Nordosteuropa, sowie

LÜCKE GESCHLOSSEN

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

- nach Italien und zu den Adriahäfen. Vor diesem Hintergrund ist es durchaus realistisch, dass die Steiermark und Kärnten, wie seit Langem prognostiziert, zu einem gemeinsamen „Wirtschaftsraum Süd" zusammenwachsen – mit der Koralmbahn als zentraler Verbindungsachse.

Auf der anderen Seite zieht die Koralmbahn durch ihre Attraktivität aus einigen abseits davon gelegenen Regionen Verkehr ab:

- Als direkte Folge der Koralmbahn, als unvermeidlicher „Kollateralschaden", werden in der Steiermark das Murtal westlich von Bruck/Mur bis in den Bezirk Murau um den Neumarkter Sattel und weiter in Kärnten der Bezirk St. Veit/Glan vom Hauptstrom des hochrangigen Personenverkehrs Wien – Kärnten – Italien abgeschnitten.
- Hingegen ist die Verlagerung des hochrangigen Personenverkehrs Graz – Salzburg – Deutschland über Villach betrieblich gesteuert, um die Fahrzeitvorteile der Koralmbahn auch für diese Verkehrsströme nutzen zu können. Davon ist jedoch der Raum Schoberpass – Ennstal, vor allem die Tourismusregion Radstadt – Schladming, schmerzlich betroffen.

Um diese Nachteile auszugleichen, wurden mit der Inbetriebnahme der Koralmbahn so genannte „InterRegio"-Verbindungen (IR) eingeführt. Diese neue Zuggattung wird zwar dem Fernverkehr zugerechnet, jedoch weisen diese Verbindungen zumindest in Teilabschnitten die Haltemuster eines Regionalverkehrs auf. Trotz guter Beschleunigungswerte der Fahrzeuge hat das zu längeren Fahrzeiten geführt, was die Attraktivität einer erhöhten Bedienungsfrequenz konterkariert; gerade der Süden Österreichs verliert dadurch einen Teil des Nutzens der Koralmbahn. Es wäre sehr zu wünschen, wenigstens einige dieser Verbindungen künftig wieder als traditionelle IC-Züge zu führen. Eine bessere fahrplanmäßige Abstimmung mit weiterführenden Fernzügen, z.B. in Linz von/nach Tschechien, könnte den internationalen Anteil im Personenverkehr erhöhen, mit entsprechend positiven Auswirkungen auch auf die Koralmbahn. (Der Verein „Fahrgast Kärnten" hat deshalb erst neulich konkret die IR-Verbindung „Aichfeld" kritisiert, die wegen der häufigen Zwischenhalte den Charakter eines Regionalverkehrs aufweist.)

Im Raum Bruck/Mur – Neumarkter Sattel – Klagenfurt leben ca. 210.000 Menschen, im Raum Bruck/Mur – Graz – Klagenfurt ca. 630.000, also dreimal so viele. Wenn man ferner davon ausgeht, dass die durch gesteuerte Umlagerungen entstandenen Nachteile der Koralmbahn, etwa im Ennstal, durch Rückverlagerung oder höherwertige Ersatzangebote ausgeglichen werden, überwiegt im Saldo eindeutig deren Nutzen. Zudem braucht der obersteirische Industrieraum eine internationale Anbindung vor allem im Güterverkehr, die dadurch gegeben ist, dass dieser nicht zur Gänze zur Koralmbahn verlagert wird.

Die normativ-politische internationale Einbettung der Koralmbahn

Kurz nach Österreichs EU-Beitritt wurden 1996 die ersten TEN-V-Leitlinien [8] beschlossen. Bereits damals schien die Südost-Spange als geplante Hochgeschwindigkeitsstrecke auf.

Schon 1997 wurden in Abstimmung mit den damaligen EU-Mitgliedsstaaten und den damaligen Beitrittskandidaten 9 „Paneuropäische Korridore" festgelegt, die das infrastrukturelle Grundgerüst für die nachmaligen EU-Erweiterungsrunden (2004, 2007 und 2013) bilden und mit finanzieller Hilfe der EU ausgebaut werden sollten [9]. Der für die Koralmbahn potenziell relevante Schienenteil des „Paneuropäischen Korridors VI" wurde im Verlauf von der Grenze AT-CZ bei Břeclav über Ostrava und Warschau nach Danzig definiert.

Unmittelbar nach dem ersten Schritt der EU-Osterweiterung im Jahre 2004 fand eine Revision der TEN-T statt, in die die Vorschläge einer hochrangigen Gruppe unter Karel van Miert für 30 vorrangige TEN-Projekte einflossen [10]. Dabei wurde der Schienenteil

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

des Paneuropäischen Korridors VI als vorrangiges TEN-Projekt 23 von Břeclav bis Wien verlängert (der Straßenteil als vorrangiges TEN-Projekt 25). SBT und Koralmbahn blieben jedoch ausgespart, weil damals der SBT zwischen Niederösterreich und der Steiermark umstritten war und weite Kreise in Politik und ÖBB die Koralmbahn strikt ablehnten.

Aber schon zwei Jahre danach gelang es, das vorrangige TEN-Projekt 23 (und 25) vom bisherigen südlichen Endpunkt in Wien über Graz – Klagenfurt – Villach – Udine – Triest / Venedig bis Bologna zu verlängern. Aufgrund einer spontanen Initiative aus dem damaligen BMVIT wurde im Lenkungsausschuss des Paneuropäischen Korridors VI eine Sondersitzung im Juni 2006 in Graz anberaumt, an der auch eine Delegation aus Italien teilnahm. Am 12. Oktober 2006 unterzeichneten die Verkehrsminister Polens, Tschechiens, der Slowakei, Österreichs und Italiens den Letter of Intent für den „Baltisch-Adriatischen Korridor" („Ostsee-Adria-Korridor") [11] und übergaben ihn dem damaligen Verkehrskommissar Antonio Tajani.

Diesem multimodalen Baltisch-Adriatischen Korridor lag der folgende Verlauf zugrunde:

- Gdansk – Warszawa – Katowice – Ostrava – Brno – Wien – Graz – Klagenfurt – Villach – Udine – Trieste / Venezia – Bologna, mit einem Ast Katowice – Žilina – Bratislava – Wien.

2009 startete eine grundlegende Überarbeitung der transeuropäischen Netze („TEN-T Policy Review") sowie die Schaffung des entsprechenden Finanzierungs- und Umsetzungsinstruments „Connecting Europe Facility" (CEF), die 2013 in den Verordnungen [12] und [13] ihren Abschluss fanden. Ziel war ein nach einheitlichen Kriterien erstelltes zweilagiges multimodales Verkehrsnetz (TEN-T), bestehend aus dem TEN-Gesamtnetz („com-prehensive network") und dem TEN-Kernnetz („core network") der verkehrsstrategisch wichtigsten Knoten und Kanten des Gesamtnetzes. Dieses sollte das bisherige System der willkürlich und ohne funktionalen Zusammenhang festgelegten vorrangigen TEN-Projekte ersetzen: Eine eigens dafür entwickelte, mit allen EU-Mitgliedsstaaten abgestimmte EU-weit anwendbare TEN-Planungsmethode [14] sah vor,

- im ersten Schritt die Primärknoten (EU-Hauptstädte, Millionenstädte, Städte mit besonderer strategischer Bedeutung) auszuwählen,
- im zweiten Schritt entlang jener bestehenden oder geplanten Kanten des Gesamtnetzes zu verbinden, über die jeweils der dominante Teil des Verkehrs zwischen den jeweiligen Primärknoten fließen würde.

Obwohl man seitens der Kommission für den Baltisch-Adriatischen Korridor einen Verlauf Wien – Graz – Maribor – Ljubljana – Trieste – Venezia (also ohne Koralmbahn) vorgezogen hätte, war es aufgrund dieser Kriterien klar, dass nur der Verlauf über die Koralmbahn diese Bedingung erfüllen könnte. Denn infolge der Koralmbahn würde sich der Verkehr Wien – Venedig (den zwei maßgebenden Primärknoten) vom Neumarkter Sattel zum Verlauf über Graz verlagern, nicht jedoch über Ljubljana. Denn als Verbindung Wien – Venedig wäre diese Strecke, die der k.k. Südbahn Wien – Trieste entspricht, geländebedingt wesentlich länger. (Auf derselben methodischen Grundlage sind aber auch die Strecken Wien – Ljubljana und Ljubljana – Venezia im TEN-Kernnetz.)

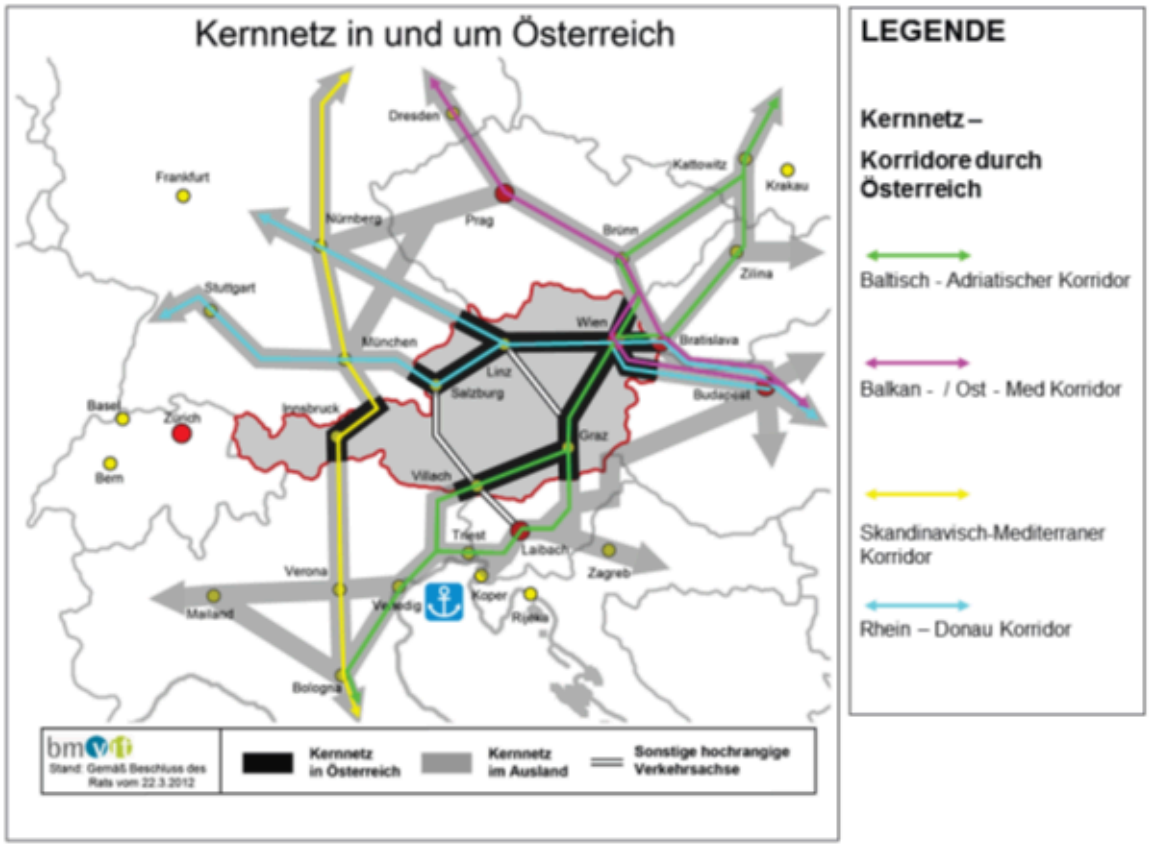
Auf dieser Grundlage kam die Koralmbahn tatsächlich ins TEN-Kernnetz und wurde definitiv ein Abschnitt des Baltisch-Adriatischen Korridors, nunmehr „Ostsee-Adria-Kernnetzkorridor" genannt. Dabei wurden diesem noch die folgenden weiteren Äste hinzugefügt:

- Szczecin – Katowice und Gdansk – Bydgoscz – Katowice,
- Graz – Maribor – Ljubljana – Divača – Koper / Trieste – Venezia,
- Bologna – Ravenna.

Der SBT und die Koralmbahn sind die österreichischen Schlüsselelemente dieses transnationalen Korridors, welcher – ähnlich der historischen „Bernsteinstraße" – die Ostsee mit der Adria verbindet („from Poland to Po-Land" bzw. „da Polonia a Bologna").

Seit der „Ostsee-Adria-Kernnetzkorridors" einschließlich

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)



▲Abbildung 4 Das TEN-Kernnetz und die TEN-Korridore 2013 in und um Österreich; Quelle: BMVIT

der Koralmbahn im höchstrangigen TEN-Korridorsystem der EU verankert wurde, sind die Stimmen der Projektgegner weitgehend verstummt. Seither hat man zielgerichtet an der Realisierung der Koralmbahn arbeiten können. Gerade dieses Beispiel zeigt, wie sehr die normativ-politische Verankerung eines Projekts dessen Umsetzung erleichtern kann.

Die jüngste Revision der TEN-T Verordnung 2022 [15] war für die Koralmbahn kaum noch relevant, zumal sie sich da schon weit fortgeschritten in der Fertig--stellungsphase befand. Daher nur zur Vollständigkeit: Die bisherigen TEN-Kernnetzkorridore wurden mit den jeweiligen „Schienengüterverkehrskorridoren" [16] fusioniert; einige wurden erweitert. Da Letztere nicht ausschließlich Teile des TEN-Kernnetzes enthielten, spricht man jetzt von „EU-Transportkorridoren" (Abb.5).

Der nunmehrige „EU-Transportkorridor Ostsee-Adria" umfasst seither auch weitere, überwiegend parallele Strecken von der Slowakei über Ungarn bis Slowenien und Kroatien, als Teile des vormaligen „Ostsee-Adria-Schienengüterverkehrskorridors", so auch die Strecke über den Neumarkter Sattel. Und in Italien wurde er von Bologna über Ancona bis Bari verlängert.

Entlang seines Verlaufs quert oder tangiert der EU-Transportkorridor Ostsee-Adria-Korridor die folgenden weiteren EU- Transportkorridore. (Hier ist jeweils nur der jeweilige Hauptkorridor angeführt, außer ein spezieller Korridorast hat besonderer Bedeutung für die Koralmbahn. Die Berührungs- und/oder Kreuzungspunkte mit dem relevanten Hauptkorridor des Ostsee-Adria-Korridors sind hier fett gedruckt hervorgehoben.)

LÜCKE GESCHLOSSEN

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

- **Der „Nordsee-Ostsee-Korridor“:**

Nordsee-Häfen – Berlin – **Warszawa** – Kaunas – Riga – Tallinn – Helsinki – Oulu – Luleå
bzw. Berlin – Wroclav – **Katowice** – Lviv – Kyiv und **Warszawa** – Kyiv - Mariupol

- **Der „Ostsee-Schwarzmeer-Ägäis-Korridor“:**

Tallinn – Riga – Kaunas – **Warszawa** – Lublin – Rzeszow – Košice – Debrecen – Timişoara – Sofia – Thessaloniki – Athina

- **Der „Rhein-Donau-Korridor“:**

Hamburg – Berlin – Prag – Wien / Frankfurt / Strasbourg – Linz – **Wien – Bratislava** – Budapest – Timişoara – Bucureşti – Constanţa

- **Der „Westbalkan – Ostmittelmeer-Korridor“**:

(Salzburg – **Villach** – Ljubljana –) / (Wels / Linz – **Graz** – Maribor –) – Zagreb – Beograd
(– Tirana) – Niš (– Sofia – Grenze BG-TR) –Skopje – Thessaloniki – Athen – Lefkosia (Dieser Nachfolgekorridor des vormaligen Paneuropäischen Korridors X war schon 2020 unter dem Titel „Alpen-Südost-Kernnetzkorridor“ [17] initiiert und beworben worden.)

- **Der „Mittelmeer-Korridor“:**

Algeciras – Madrid – Barcelona – Marseille – Lyon / Milano – **Venezia – Trieste** – Ljubljana / Zagreb – Budapest – Lviv

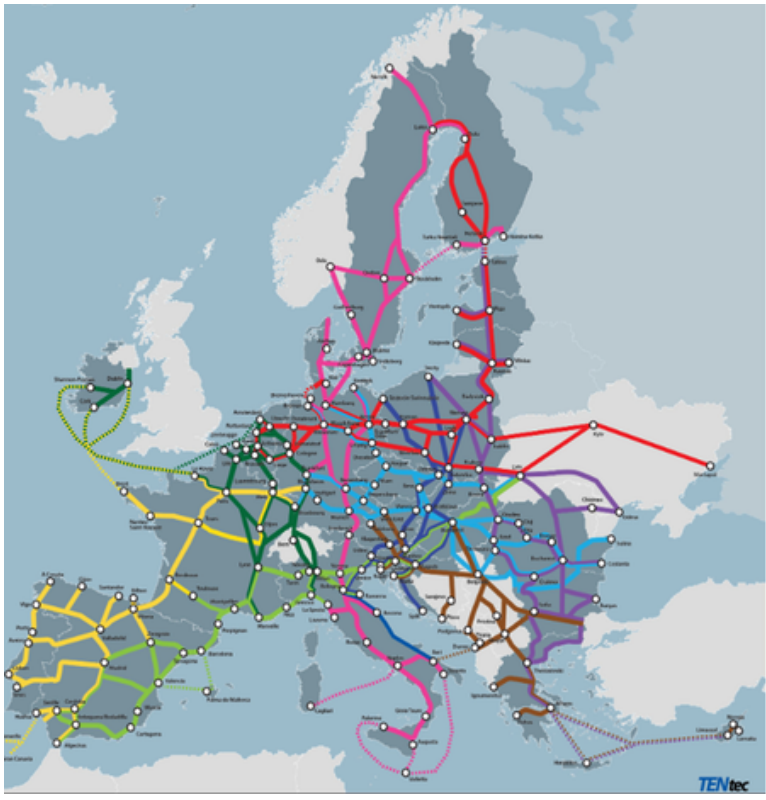
- **Der „Skandinavien-Mittelmeer-Korridor“:**

Oulu – Luleå - Stockholm – Kopenhagen – Berlin – München – Innsbruck – **Bologna** – **Ancona** – Rom – **Bari** / Palermo.

Soweit die Verläufe dieser TEN-Korridore zusammen mit dem „Ostsee-Adria-Korridor“ potenziell verkehrswirksame „Über-Eck-Verbindungen“ ermöglichen, können internationale Verkehrsströme auch aus anderen Korridoren zur Koralmbahn fließen, unabhängig von ihrer politischen Festlegung als TEN-Korridor, zum Beispiel im Norden vom/zum Rhein-Donau-Korridor, im Norden und Süden vom/zum Westbalkan-Ostmittelmeer-Korridor, im Süden vom/zum Mittelmeer-Korridor.

Die bereits erwähnte steirische Ostbahn setzt die Koralmbahn nach Osten fort. Sie ist „nur“ Teil des TEN-Gesamtnetzes und nicht eines EU-Transportkorridors. Doch ist die derzeit noch geringe Verkehrswirksamkeit dieser Relation nicht diesem Umstand, sondern vor allem dem mangelhaften Ausbauzustand geschuldet. Ein Lücken-schluss zur Thermen- bzw. Aspangbahn, wie er im Gespräch ist, könnte die Verkehrswirksamkeit der steirischen Ostbahn als Fortsetzung der Koralmbahn nach Osten weiter steigern, allerdings nur in geringem Ausmaß in Bezug auf internationale Verkehre.

Diese geänderten Rahmenbedingungen haben insbesondere die internationale Bedeutung von Graz gestärkt, was sich schon vorweg eindrucksvoll in der Gestaltung des modernisierten Grazer Hauptbahnhofs und in der Entwicklung der Hotellerie in dessen Umfeld zeigt [18].



▲ Abbildung 5 Die EU-Transportkorridore gemäß TEN-Revision 2022; Quelle: EU-Kommission

LÜCKE GESCHLOSSEN

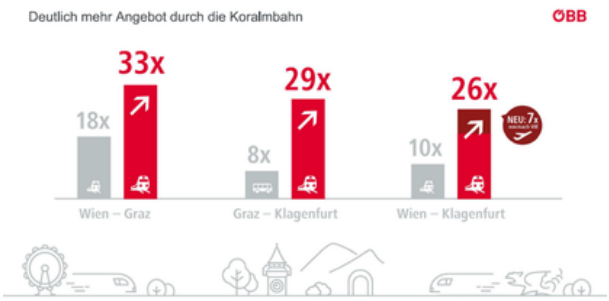
ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Internationale Personen- und Güterverkehrsströme der Koralmbahn

Die vorangegangenen Abschnitte beschreiben die internationale Bedeutung der Koralmbahn im realen Schienennetz sowie als Teil des EU-Korridornetzwerks, ohne sie entsprechend zu quantifizieren. Da offizielle Daten zu den Verkehrsströmen nicht zugänglich sind, erfolgt in diesem Abschnitt der Versuch, diese allgemeinen Überlegungen durch möglichst fundierte Abschätzungen der tatsächlichen Mengen des internationalen Personen- und Güterverkehrs zu konkretisieren.

1. Personenverkehr

Die folgende Abb.6 zeigt das gesamte aktuelle Zugangebot je Richtung auf der Südstrecke mit der Koralmbahn (außer den Zügen der privaten Westbahn):



▲ Abbildung 6 Züge auf der Südstrecke 2026; Quelle ÖBB

Davon besteht auf der Koralmbahn Graz – Klagenfurt in der jeweils angegebenen Fahrtrichtung das folgende internationale Zugsangebot (Quelle: Scotty):

- 5 Züge/Tag: Deutschland – Salzburg – Graz,
- 3 Züge/Tag: Wien – Graz – Italien (2 nach Venezia, 1 nach Trieste),
- 3 Züge/Tag: Tschechien – Graz – Villach (davon 1 Zug bis Venezia),
- 1 Nachtzug: Wien – Graz – Roma,
- 1 Nachtzug: Graz – Villach – Zürich.

Es besteht keine perfekte Paarigkeit dieser Züge; in der jeweiligen Gegenrichtung gibt es vereinzelt weniger direkte Züge, jedoch existieren in jedem Fall entsprechende Umsteigeverbindungen, was für die folgenden Betrachtungen einer Paarigkeit annähernd gleichkommt. Aus diesem Grund wird der Gesamtverkehr als Summe beider Richtungen mit 2 x 29 = 58 Zügen des Personenfernverkehrs angenommen.

Zu den Fahrgastzahlen kursiert die nicht sehr akkurate Aussage, wonach täglich im Schnitt 7.000 Personen den Koralmtunnel passieren, zuletzt ist sogar von bis zu 10.000 Personen die Rede. Letzterer Wert enthält möglicherweise auch die Fahrgäste der privaten „Westbahn" und könnte temporär die Urlaubszeit widerspiegeln. Für den Gesamtjahresdurchschnitt wird daher eine Größenordnung zwischen 7.500 und 8.000 Personen je 24 h angenommen.

Für die Definition des internationalen Personenverkehrs ist nicht die Nationalität der Fahrgäste relevant, sondern ob die Quelle und/oder das Ziel der jeweiligen Fahrt im Ausland liegt. Und das trifft in der Regel nur für einen mehr oder weniger geringen Anteil an Fahrgästen zu, zumindest im langjährigen Durchschnitt.

Eine sachlich fundierte Abschätzung könnte auf einer Personenverkehrsspinne beruhen, die mit dem Verkehrsmodell Österreich (VMÖ) für die Richtung Ost => West ermittelt und dankenswerter Weise von DI. Dr. Kurt Fallast [19] zur Verfügung gestellt wurde (Abb. 7). Allerdings liegt dieser eine Umlegung einer Verkehrsmatrix aus dem Jahr 2023 zugrunde, als der Schienenverkehr noch mit einem deutlich geringeren internationalen Zugsangebot über den Neumarkter Sattel lief. Es ist also davon auszugehen, dass damit der grenzüberschreitende Personenverkehr unterschätzt wird.



▲ Abbildung 7 Spinne Personenverkehr auf Datengrundlage 2023; Quelle: PLANUM

LÜCKE GESCHLOSSEN

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Diese Verkehrsspinne weist für den Koralmtunnel in westlicher Richtung 2.791 Fahrgäste je 24 h aus. Die prozentuellen Anteile grenzüberschreitender Fahrgäste ergeben sich als die Verhältnisse der jeweiligen Fahrgastzahlen über die relevanten Grenzübergänge zu 2.791:

- Tarvisio: 205 => 7,3 %
- Salzburg: 53 => 1,9 % Summe: 17,8 %
- Břeclav: 240 => 8,6 %

Für einen groben Vergleich mit diesen Ergebnissen bietet sich eine Abschätzung mit einem einfacher Gravitationsansatz an (Tabelle 1):

$P_{1\text{-}2} = k \times E_1 \times E_2 / t_{1\text{-}2}^2$

Darin ist $P_{1\text{-}2}$ das Fahrgastpotenzial einer Relation zwischen zwei Orten oder Agglomerationen 1 und 2, E_1 die Einwohnerzahl der Agglomeration 1, E_2 die der Agglomeration 2 (jeweils in Millionen Personen) und $t_{1\text{-}2}$ die Fahrzeit zwischen den beiden Orten oder Agglomerationen (in Minuten).

Es geht dabei nicht um Absolutwerte, sondern um relative Anteile bzw. relative Veränderungen, sowie darum, dass die Zahlen in einer praktikablen Größenordnung liegen. Deshalb wird der Wert k für alle inländischen Quell-Ziel-Relationen 1,000.000 gesetzt, für ausländische Quellen und Ziele 100.000, für wirtschaftlich oder touristisch besonders relevante ausländische Quellen und Ziele (Venedig, München, Prag) 300.000. Dies soll berücksichtigen, dass grenzüberschreitende Relationen ceteris paribus generell deutlich weniger nachgefragt sind als inländische. In der folgenden Berechnung wird für alle Knoten der Wert 1,000.000 verwendet, aber die jeweilige Einwohnerzahl ausländischer Knoten mit dem Faktor 0,1 bzw. 0,3 reduziert. Eine Kalibrierung ist wegen fehlender Verkehrsdaten nicht machbar, daher muss auf diese willkürlichen Annahmen zurückgegriffen werden, wobei aber auf deren Plausibilität geachtet wird.

Daraus würden sich die folgenden Anteile der relevanten Grenzübergänge am Gesamtpersonenverkehr durch den Koralmtunnel er-geben:

- Tarvisio: 9,34 / 115,14 = 8,1 %
- Salzburg: 7,87 / 115,14 = 6,8 % Summe: 15,8 %
- Břeclav: 1,08 / 115,14 = 0,9 %

Tabelle 1: Fahrgastpotenziale der Koralmbahn nach Quell-Ziel-Relationen:

Fahrzeiten in Minuten				NACH:																
				Klagenfurt	Villach	Spittal-M.	Lienz	St. Johann i.P.	Salzburg	München	Ulm	Stuttgart	Mannheim	Frankfurt M.	Köln	Düsseldorf	Duisburg, Essen	Münster W.	Udine	Trieste	Venezia
		EW		0,16	0,13	0,07	0,05	0,08	0,32	2,90	0,19	2,80	0,50	5,80	1,03	0,65	1,08	0,32	0,09	0,23	0,86
	EW	red.		0,16	0,13	0,07	0,05	0,08	0,32	0,87	0,02	0,28	0,05	0,58	0,10	0,07	0,11	0,03	0,01	0,07	0,26
VON:	Praha	1,40	0,42	456	483														581		692
	Brno	0,69	0,07	296	323														421		532
	Wien	3,00	3,00	201	228	254	301	324	377										326	398	437
	Wr.Neustadt	0,10	0,10	169	196	222	269	292	345										294	366	405
	Bruck/M.-Kapf.	0,04	0,04	89	116	142	189	212	265										214	286	325
	Graz	0,66	0,66	54	81	107	154	177	230	329	418	475	527	582	651	702	725	802	179	251	290

Relative Fahrgastpotenziale		NACH:																	
		Klagenfurt	Villach	Spittal-M.	Lienz	St. Johann i.P.	Salzburg	München	Ulm	Stuttgart	Mannheim	Frankfurt M.	Köln	Düsseldorf	Duisburg, Essen	Münster W.	Udine	Trieste	Venezia
VON:	Praha	0,32	0,23														0,01		0,23
	Brno	0,13	0,09														0,00		0,06
	Wien	11,88	7,50	3,26	1,66	2,29	6,75										0,28	1,33	4,08
	Wr.Neustadt	0,56	0,34	0,14	0,07	0,09	0,27										0,01	0,05	0,16
	Bruck/M.-Kapf.	0,81	0,39	0,14	0,06	0,07	0,18										0,01	0,03	0,10
	Graz	36,21	13,08	4,04	1,39	1,69	3,99	5,30	0,08	0,82	0,12	1,13	0,16	0,09	0,14	0,03	0,21	0,73	2,04
Teilsummen Ausland			1,08					5,30	0,08	0,82	0,12	1,13	0,16	0,09	0,14	0,03	0,52	2,15	6,67
			1,08													7,87			9,34
Teilsummen Inland			70,77		10,74		15,33												
Gesamtsummen			18,29		96,85		115,14												

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Insgesamt ist die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen relativ gut, sehr gut für den Grenzübergang Tarvisio. Im Falle des Grenzübergangs Salzburg liegt der Wert aus dem Gravitationsansatz höher, für Břeclav geringer als auf Basis der Verkehrsspinne ermittelt.

Als internationale Fahrten müssten logischer Weise auch jene vom und zum Flughafen Wien (VIE) gelten, denn nahezu sämtliche Abflüge und Ankünfte am Flughafen VIE sind international. Auf der Koralmbahn betrifft das je Richtung 7 tägliche Züge Flughafen VIE – Villach, die zum Teil auch weiter nach Lienz oder Salzburg geführt werden.

Für die Ermittlung der für die Koralmbahn relevanten Fahrten macht die Anwendung eines Gravitations-ansatzes kaum Sinn. Hier scheint es eher angemessen zu sein, die am Flughafen Wien ein- und aussteigenden Fluggäste im Verhältnis der Einwohnerzahlen der von diesen Zügen erschlossenen Gebiete aufzuteilen (Tabelle 2). (Die unvermeidbare Ungenauigkeit dieser Schätzungen ist insofern tolerabel, als es sich um absolut und relativ geringe Verkehrsmengen handelt, sodass Fehler sich in der Gesamtmenge nur geringfügig auswirken.):

- Wien: 20 % (weil Wien auch von Rail-Jets der Weststrecke, vom CAT und von der S-Bahn erschlossen wird),
- Niederösterreich: 35 % (nur das Industrieviertel),
- Steiermark: 100 %,
- Kärnten, Osttirol: 100 %.

Tabelle 2: Fahrgäste vom/zum Flughafen VIE:

Anteil der Fahrgäste der Koralmbahn vom/zum Flughafen Wien		
Region:	Einwohner:	%
Wien	400.000	*14,5*
Niederösterreich Industrieviertel	600.000	*21,8*
Steiermark	1.130.000	*41,1*
Kärnten und Osttirol	620.000	*22,5*
Summe	2.750.000	*100,0*

Unter der Annahme, dass sich die Fahrgäste einigermaßen gleichmäßig auf die 58 täglichen Züge der Koralmbahn aufteilen, würde insgesamt ein Anteil von 2 x 7 / 58 = 24 % der täglichen Fahrgäste in Zügen vom/zum Flughafen VIE unterwegs sein, wobei eine große Zahl davon nicht vom oder zum Flughafen VIE fahren.

Es wird angenommen, dass die Züge zwischen Wien Hbf. und Flughafen VIE nur zu ca. 30 % ausgelastet sind. Davon würden ca. 22,5 % von/nach Kärnten oder Osttirol fahren, das wäre ein zusätzlicher Anteil an international Reisenden von ca. 24 x 0,30 x 0,225 = 1,6 %.

Diese Fahrgäste konzentrieren sich auf die entsprechenden internationalen Züge sowie die Züge vom/Zum Flughafen VIE. Nicht darin enthalten ist die Minderheit umsteigender Fahrgäste, die in anderen Zügen Staatsgrenzen überschreiten.

Des Weiteren sind für den internationalen Personenverkehr auch die Nachtzüge Wien – Graz – Roma und Graz – Villach – Zürich relevant. Diese weisen je Garnitur 254 Sitz- und Liegeplätze auf; die jeweiligen Auslastungen können mangels zugänglicher Daten nur geschätzt werden. Für beide Verbindungen wird in beiden Richtungen eine durchschnittliche Gesamt-auslastung von jeweils 70 % angenommen.

Davon könnten in den Nachtzügen Wien – Roma und zurück jeweils rund 90 % bereits ab bzw. bis Wien und Graz belegt sein, sodass von einer Belegung von 63 % der Platzkapazität auszugehen wäre, das wären rund 2 x 0,63 x 254 = 320 Fahrgästen pro Nacht auszugehen ist. Bezogen auf 7.500 bis 8.000 Fahrgäste je 24 h wären das 4,0 bis 4,3 % des Gesamtauskommens der Koralmbahn.

In den Nachtzügen Graz – Zürich und zurück wird angenommen, dass davon rund 60 % ab bzw. bis Graz belegt sind, das wären ca. 42 %, also 2 x 0,42 x 254 = 213 Fahrgäste, bzw. 2,6 bis 2,0 % des täglichen Gesamtaufkommens.

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Wenn man für die einzelnen Komponenten eine Fehlerschwelle von +/- 10 % in Rechnung stellt, würde der Anteil der grenzüberschreitenden Fahrten auf der Koralmbahn Insgesamt betragen:

- mindestens: (15,8 + 1,6 + 4,0 + 2,7) x 0,90 = 21,7 %·
- höchstens: (17,8 + 1,6 + 4,3 + 2,8) x 1,10 = 29,2 %.

Aus der Betrachtung der Ergebnisse sowohl des Verkehrsmodells als auch des Gravitationsansatzes lässt sich also eine Gesamtzahl von täglich ca. 1.200 bis 2.300 Fahrgästen mit Quelle und/oder Ziel jenseits der Staatsgrenzen durch den Koralmtunnel ableiten.

2. Güterverkehr

In Analogie zum Personenverkehr geht es auch hier nicht um grenzüberschreitende Züge, sondern um die beförderten Tonnagen mit Quelle und/oder Ziel im Ausland, also Import-, Export- und Transitmengen. Dankenswerter Weise hat dazu das BMIMI eine Spinne des Schienengüterverkehrs über den Semmering zur Verfügung gestellt (Abb. 8), die von der Erhebung des alpenquerenden Güterverkehrs (CAFT) 2024 [20] stammt. Darin wird zwischen Wagenladungs- und unbegleitetem kombiniertem Verkehr unterschieden. Eine „Rollende Landstraße" gibt es über den Semmering nicht, allein schon aus technischen Gründen. Das könnte sich mit dem Semmering-Basistunnel ändern.

Da 2024 die Koralmbahn noch nicht in Betrieb war, ist darin der Verlauf des Güterstroms in beiden Richtungen über den Neumarkter Sattel dargestellt: Der Unterschied der Breiten des dargestellten Verkehrsstroms zwischen Semmering und Neumarkter Sattel (bzw. dem Koralmtunnel) entspricht dem Beitrag der Steiermark als Quelle und Ziel der Transporte in/aus Nordost (Niederösterreich, Wien, Tschechien, Polen, Slowakei, Ungarn, …), während entsprechende Beiträge der Steiermark in/aus Südwest (Kärnten, Italien, …) darin nicht enthalten sind. Es sind dazu keine Daten verfügbar; diese Beiträge abzuschätzen ist seriös nicht möglich und unterbleibt daher in diesem Rahmen.

Es ist bekannt, dass gerade im Güterverkehr eine nennenswerte Anzahl von Zügen weiterhin über den Neumarkter Sattel verkehrt, nicht jedoch, wie viele das sind. Das ist Kapazitätsproblemen zwischen Bruck/Mur und Graz, zum Teil auch auf der Koralmbahn selbst, geschuldet, zusätzlich auch dem Umstand, dass das Befahren der Koralmbahn nur mit ETCS-ausgerüsteten Loks möglich ist. Unabhängig von der tatsächlichen Verteilung der Güterzüge zwischen Neumarkter Sattel und Koralmbahn wird hier die Summe der internationalen Anteile beider Strecken dargestellt.



▲ Abbildung 8 Spinne Schienengüterverkehr Semmering; Quelle: CAFT 2024

LÜCKE GESCHLOSSEN

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

In dieser Spinne (Tabelle 3) wird unterschieden:

- einerseits zwischen Wagenladungsverkehr (WL, rot) und unbegleitetem kombinierten Verkehr (UKV, blau),
- andererseits zwischen Binnenverkehr, Quell-Ziel-Verkehr und Transitverkehr. Im Zusammenhang mit dem internationalen Verkehr interessieren nur Quell-/Ziel- sowie Transitverkehr.

▼ Tabelle 3: Güterverkehr über den Semmering; Quelle: CAFT 2024

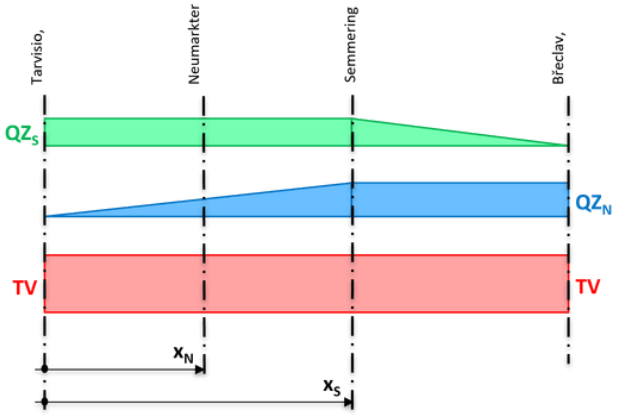
Gütermengen Semmering 2024 in 1000 Tonnen	Binnen	Quell-Ziel	Transit	Summen
WL	1694	1782	1629	5105
UKV	710	674	1852	3236
Summen	2404	2456	3481	8341

Durch entsprechende Skalierung lassen sich aus den Abmessungen der Spinne (Tabelle 4) näherungsweise die konkreten Gütermengen ermitteln, die über die relevanten Grenzübergänge und über den Semmering laufen.

▼ Tabelle 4: Näherungsweise Ermittlung de rGütermengen an den relevanten Grenzübergängen

Zuscheidung des Quell-Zielverkehrs zu Grenzübergängen	Abmessungen der Spinne *)				Quell-Ziel-Verkehr in 1000 Tonnen		Transitverkehr in 1000 Tonnen		Internat. Verkehr in 1000 Tonnen	
	WL		UKV		WL	UKV	WL	UKV	WL	UKV
	abs.	rel.	abs.	rel.						
Semmering	17,00	1,00	13,00	1,00	1782	674	1629	1852	3411	2526
Břeclav	3,92	0,23	3,71	0,29	411	192				
Sopron	5,23	0,31	2,79	0,21	548	145				
Tarvisio	6,54	0,38	5,57	0,43	686	289				
Jeseniče	1,31	0,08	0,93	0,07	137	48				

Zur Ermittlung des internationalen Güterverkehrs über den Neumarkter Sattel – und in der Folge über die Koralmbahn – werden gemäß Abb. 9 die folgenden Überlegungen angestellt:



▲ Abbildung 9 Mit Bezug auf den Neumarkter Sattel näherungsweise linear interpolierte Verläufe der internationalen Güterverkehrsströme über den Semmering

- Der Transitverkehr („TV") läuft unveränderlich zwischen den relevanten Grenzübergängen im Norden („N: Břeclav, Sopron) und Süden („S": Tarvisio, Jeseniče) und umgekehrt.
- Der Quell-Zielverkehr („QZ") über die jeweils betrachteten Grenzübergänge auf der einen Seite läuft unveränderlich bis zum Semmering-Querschnitt und nimmt dann bis zu den gegenüberliegenden Grenzübergängen auf null ab. (Der lineare Verlauf dieser Abnahme ist eine grobe Vereinfachung, die dem Mangel genauerer Daten geschuldet ist.)

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden Eckwerte, die für die näherungsweise Ermittlung der Verkehrsmengen über den Neumarkter Sattel relevant sind:

Für den WL:

- TV = 1,629.000 t,
- QZ_N = 411.000 + 548.000 = 959.000 t (Summe Břeclav, Sopron),
- QZ_S = 686.000 + 137.000 = 823.000 t (Summe Tarvisio, Jeseniče).

Für den UKV:

- TV = 1,852.000 t,
- QZ_N = 192.000 + 145.000 = 337.000 t (Summe Břeclav, Sopron),
- QZ_S = 289.000 + 48.000 = 337.000 t (Summe Tarvisio, Jeseniče).

Für die lineare Interpolation zwischen dem Semmering-Querschnitt und den Grenzübergängen Tarvisio und Jeseniče sind die Entfernungen x_N und x_S maßgebend:

- x_N = 140 km, x_S = 290 km,

Unter Vernachlässigung von größenmäßig nicht bekannten Gütermengen in der Relation Steiermark – Italien und umgekehrt würden sich damit für den Neumarkter Sattel (und den Koralmtunnel) ein internationaler Güterverkehr von TV + QZ_S + QZ_N x x_N / x_S ergeben:

Für den WL:

- Internationaler WL =1,692.000 + 823.000+ 959.000 x 140/290 = 2,978.000 t

Für den UKV:

- Internationaler UKV =1,852.000 + 337.000+ 337.000 x 140/290 = 2,352.000 t

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Der Quell-Ziel-Verkehr der Steiermark über die Grenzübergänge Tarvisio und Jeseniče ist aus der vorliegenden Güterverkehrsspinne nicht ableitbar. Ohne diesen ergibt sich in Summe ein internationaler Güterverkehr über den Neumarkter Sattel von ca. 5,330.000 t. Wie oben erwähnt, wird dieser nur zum Teil auf die Koralmbahn verlagert, wobei das entsprechende Volumen nicht nur von den unterschiedlichen technischen Parametern der beiden Strecken abhängt. Es ist anzunehmen, dass durch die Bedienung beider Strecken das Potenzial an erfassbaren Gütermengen in Summe größer ist als die hier ausgewiesene Summe; für die Koralmbahn kommt jedenfalls noch der durch Graz und das CCG generierte Güteraufkommen hinzu. (Auch hierzu sind keine konkreten Daten zugänglich.) Auf der anderen Seite ist in den letzten Jahren ein genereller Rückgang des Schienengüterverkehrs zu beklagen, sodass aktuell auch geringere Gütervolumina denkbar sind.

Zum Nutzen der Koralmbahn

Schon in den 1990er beauftragte das Verkehrsministerium (damals: BMöWV) das Österreichische Institut für Raumplanung (ÖIR) [21] und das Institut für Stadt- und Regionalforschung der TU Wien unter der Leitung von Prof. Dieter Bökemann [22], [23], die erwartbaren erreichbarkeitsbedingten Auswirkungen verschiedener Schienenprojekte, darunter auch der Koralmbahn, auf die regionale Wirtschaft zu untersuchen. Beide Studien haben für die Koralmbahn ein sehr günstiges Wirkungsbild ausgewiesen, vor allem für den Wirtschaftsstandort Südösterreich.

Prof. Bökemann hat, abweichend vom üblichen Konzept der „zentralörtlichen Erreichbarkeiten", Erreichbarkeit als Anzahl von Personen definiert, welche in Bereichen sesshaft sind, die innerhalb gewisser Fahrzeiten erreichbar sind, wobei diese Zahl mit zunehmender Fahrzeit exponentiell abnehmend gewichtet wird. Somit galten auch die Zentren selbst nicht als absolute Bezugspunkte, sondern standen ihrerseits in räumlichem Bezug zu ihrer näheren und ferneren Umgebung. Daraus hat er für die Koralmbahn ein zusätzliches Wertschöpfungspotenzial als Summe über alle relevanten Regionen vom Semmering bis Osttirol von ca. 2,3 Mrd. ATS (= ca. € 170 Millionen) pro Jahr ermittelt – Potenzial deshalb, weil es voraussetzt, dass die ansässigen Wirtschaftsbetriebe die neue Standortgunst auch tatsächlich nutzen. Diese Wirkungen würden nicht schlagartig mit der Inbetriebnahme der Koralmbahn eintreten, sondern ein Teil dieser Potenziale würde bereits vorweg, in der Erwartung der Verbesserung, realisiert werden (z. B. Cargo Center Graz (CCG)), der Großteil aber zeitverzögert, sukzessiv über Jahre hinweg.

Ebenfalls im Auftrag des Verkehrsministeriums wurden 2008 die allgemeine Gültigkeit dieser Wirkungszusammenhänge von Basler & Partner und Prof. Peter Cerwenka [24] bestätigt und vertieft untersucht. Die Ergebnisse lagen in ähnlicher Größenordnung.

In einer aktuellen Studie hat das ÖIR im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung die Wirkungen der Koralmbahn Entwicklungen konkret und detailliert untersucht. Daraus wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet, um diese positiven Effekte koordiniert zu nutzen und zu verstärken [25], von einer geordneten Bodenpolitik bis zur Zusammenarbeit der Länder, z.B. im Bereich des Arbeitsmarktes, von Bildung und Forschung. Das steht durchaus auch im Einklang mit den Erwartungen und Zielvorstellungen für den „Wirtschaftsraum Süd" [26].

So wichtig diese Erkenntnisse auch sind – oder seinerzeit für die Argumentation pro Koralmbahn waren – so bleiben alle diese Studien die Antwort auf die Frage schuldig, in welchem Ausmaß die internationale Einbettung der Koralmbahn oder ihr internationaler Personen- und Güterverkehr zu ihrem gesamtwirtschaftlichen Nutzen beitragen. Auf jeden Fall gelten in Bezug auf den internationalen Nutzen der Koralmbahn die folgenden Feststellungen:

- Der Gütertransitverkehr nützt dem jeweiligen Eisenbahn-Verkehrsunternehmen (EVU) und dem Infrastrukturbetreiber, nicht jedoch den betroffenen Regionen.
- Mit Bezug auf Neumarkter Sattel und Koralmbahn sind regionalwirtschaftlich die jeweils über den Neumarkter Sattel und durch den Koralmtunnel fließenden Anteile am Quell-Ziel-Verkehr relevant:

  1. für die Steiermark über die Grenzübergänge im Südwesten (Tarvisio und Jeseniče),

  2. für Kärnten über die Grenzübergänge im Nordosten (Břeclav und Sopron).

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Der internationale Personenverkehr bewirkt volkswirtschaftlichen Nutzen vor allem durch die Stärkung des Tourismus: Kärnten ist ein traditionelles Tourismusland; über die Koralmbahn kann Kärnten sein Potenzial sowohl im Tagestourismus als auch in Tschechien und Polen entfalten. In der Steiermark ist insbesondere für Graz eine nennenswerte Stärkung des Geschäftsverkehrs sowie des Kongress- und Städtetourismus zu erwarten. Hinzu kommen Vorteile für das Weinland und die Thermenregion.

Im Gegenzug zum Nutzen der internationalen Verkehrsströme für die Steiermark und Kärnten ist auch zu erwarten, dass zusätzliches Wachstum im „Wirtschaftsraum Süd" auch dessen grenzüberschreitende Verkehrsverflechtungen vermehren und die internationalen Verkehrsmengen der Koralmbahn steigern wird.

Schlussbetrachtung und Blick in die Zukunft

Obwohl die Koralmbahn kein Projekt mit dem „klassischen" Ziel war, vorhandene Verkehrsströme zu bewältigen, sondern vor allem zur aktiven Gestaltung der Raum- und Netzstruktur sowie der Verbesserung der regionalen Erreichbarkeit und zur Standortaufwertung beitragen sollte, hat sie doch eine Verkehrsnachfrage induziert, die manche überrascht hat. Dies schließt insbesondere auch internationale Personen- und Güterverkehrsströme ein, die erhebliche Anteile des Gesamtverkehrs ausmachen.

Dabei beruht das zuletzt häufig kolportierte Zusammenwachsen der Regionen Südösterreichs zu einem einheitlichen „Wirtschaftsraum Süd" bei Weitem nicht nur auf der Verkürzung der Fahrzeit zwischen Graz und Klagenfurt, sondern auch und ganz besonders auf der insgesamt wesentlich verbesserten Einbettung dieser Regionen ins europäische Schienennetz, die in der Vergangenheit erhebliche internationale Erreichbarkeitsdefizite aufwiesen. Zusammen mit ihren Verknüpfungen mit anderen TEN-Strecken und -Korridoren trägt die Koralmbahn wesentlich zur internationalen Verflechtung des „Wirtschaftsraums Süd" bei.

Trotz sehr eingeschränkter Zugänglichkeit empirischer Daten scheint es im Rahmen dieser Arbeit gelungen zu sein, die internationale Verkehrsnachfrage auf der Koralmbahn einigermaßen realistisch abzuschätzen und damit die grundsätzlichen Überlegungen zu den verkehrlichen Funktionalitäten der Koralmbahn zu quantifizieren.

Diese Verkehrsmengen könnten in Zukunft durchaus noch zunehmen:

- durch weitere Ausbaumaßnahmen im Bereich der Zulaufstrecken, insbesondere den SBT,
- durch wirtschaftliche Nachholeffekte zufolge der verbesserten nationalen und internationalen Erreichbarkeit des „Wirtschaftsraums Süd",
- sowie als Folge eines noch attraktiveren Zugangebots im Personenverkehr.

So wäre es vorstellbar, dass nach Fertigstellung des SBT – ähnlich wie auf der Brennerachse – auch über die Südstrecke italienische „Frecciarossa-Züge" Wien, vielleicht sogar darüber hinaus Prag oder Warschau mit italienischen Metropolen verbinden - auch ohne Hilfestellung (Abb. 10). Testfahrten auf der Südstrecke haben bereits stattgefunden, wie "Eisenbahn Österreich" 12/2026 mit entsprechendem Titelbild berichtet [27].



▲ Abbildung 10 ÖBB-„Taurus" zieht „Frecciarossa 1000" durch Österreich; © Michael Kalkhofer/ÖBB Rail Cargo Group

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

Unser Ziel sollte sein, Südösterreich künftig noch stärker national und international einzubinden: Die Koralmbahn als Abschnitt des EU-Transportkorridors Ostsee-Adria und Verbindung zwischen der Tauern- und der Pyhrnachse des EU-Transportkorridors Westbalkan-Ostmittelmeer sowie zur steirischen Ostbahn ist optimal in das internationale Schienennetz eingebettet. Weitere Ausbaumaßnahmen in benachbarten Netzbereichen, insbesondere die Fertigstellung des SBT, werden die funktionale Bedeutung der Koralmbahn als Arterie des „Wirtschaftsraums Süd" weiter stärken und alle Stakeholder motivieren, diese Schieneninfrastruktur zum Nutzen für Mensch, Wirtschaft, Umwelt und Klima zu nutzen.

Literatur

[1] H. Adelsberger: Verkehrsknoten Österreich; Praxis Geographie Heft 9, Westermann Schulbuchverlag, Braunschweig 2002

[2] Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 7 – Wirtschaftsrecht und Infrastruktur, A. Kreiner: Jahrhundertprojekt Koralmbahn – der Weg nach Europa; Klagenfurt 2011

[3] H. Eicher: Kärnten. deine Wege – Die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur in Kärnten, Verlag Johannes Heyn, Klagenfurt 2009

[4] AG Peter Faller, Roman Jaworski, Erich Marx, Gerhard Riedmüller, Klaus Riessberger, ÖIR: Machbarkeitsstudie Süd-Ost-Spange im Auftrag der ÖBB, des Bundesministeriums für öffentliche Wirtschaft und Verkehr, der Länder Burgenland, Steiermark, Kärnten, Wien 1991

[5] H. Eicher: Kärnten und die Baltisch-Adriatische Verkehrsachse, Schriftenreihe der Verkehrsplanung in Kärnten, Heft 4, Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 7, Klagenfurt 2006

[6] H. Adelsberger, H. Petzmann: Schienenkorridore für die Steiermark, im Auftrag der steirischen Sozialpartner (WK, AKL, ÖGB, IV), Graz März 2018

[7] O. Schwetz, A. Rauter, H. Adelsberger: Wien – ein nationaler und internationaler Verkehrsknoten, in: Wien – Europa findet Stadt, Wiener Perspektiven Band 1, echomedia Buchverlag, Wien 2012

[8] Europäische Kommission: Entscheidung Nummer 1692/96/EG vom 23. Juli 1996 über gemeinschaftliche Leitlinien für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes; Brüssel 1996

[9] TINA Vienna Transport Strategies, EU Commission DG TREN: Status of the Pan-European Transport Corridors and Transport Areas, final report Wien 2002

[10] Europäische Kommission: Impulse für das transeuropäische Verkehrsnetz (IP/04/515): Loyola de Palacio begrüßt die heute angenommenen neuen Leitlinien (884/2004/EC); Brüssel 2004

[11] OTS (APA): EU-Verkehrsministerrat: Gorbach fixiert Baltisch-Adriatischen Korridor; Wien 2006

[12] European Union (EU): Regulation (EU) 1315/2013) of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans- European transport network, Brüssel 2013

[13] European Union (EU): Regulation (EU) 1316/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 establishing the Connecting Europe Facility, Brüssel 2013

[14] European Commission (EC): Commission Staff Working Document SWD (2013) 542 final: The planning methodology for the trans-European transport network (TEN-T); Brüssel 2014

[15] European Union (EU): Regulation (EU) 2024/1679 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network, amending Regulations (EU) 2021/1153 and (EU) No 913/2010 and repealing Regulation (EU) No 1315/2013 (Text with EEA relevance), Brüssel 2024

[16] European Union: Regulation (EU) 913/2010 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 concerning a European rail network for competitive freight, Brüssel 2010

[17] H. Adelsberger: Die Tauern- und Pyhrnachse als Teile eines künftigen „Alpen-Südost-Kernnetz-korridors", Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft (ÖZV), Ausgabe 3-4/2020

© Stadt & Wand

ZUR INTERNATIONALEN EINBETTUNG DER KORALMBAHN (TEN-T)

[18] K. Schneider: Graz Hauptbahnhof und die Koralmbahn – Projekte der Baltisch-Adriatischen Achse in Österreich; ETR Austria Spezial – Großprojekte der ÖBB, ÖBB-Infrastruktur AG und TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften, DI. Dr. N. Ostermann, DVV Media Group /Eurail press Hamburg, Wien 2010

[19] Planum (K. Fallast): Mobilitätsstudie Area Süd (Steiermark, Kärnten), im Auftrag der Länder und der WK Steiermark und Kärnten Graz, Klagenfurt 2026

[20] Planum (P. Stern): Erhebung des alpenquerenden Güterverkehrs in Österreich (CAFT 2024) im Auftrag des BMK (noch nicht veröffentlicht)

[21] Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR), (Reinhold Deußner): Arbeitspaket N1, Aufbereitung von Entscheidungskriterien für die Untersuchungsbereiche im Netzentwurf zum Masterplan 1996/97, im Auftrag des BM für öffentliche Wirtschaft und Verkehr (BMöWV), Wien 1998

[22] D. Bökemann, H. Kramar: Arbeitspaket "N0-E" (Strukturdatenintegration und Erreichbarkeitsevaluation) für den österreichischen Bundesverkehrswegeplan (BVWP-Ö), Wien 1997

[23] D. Bökemann, H. Kramar: Arbeitspaket "N0-S" (Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen auf die regionale Standortqualität) für den BVWP-Ö, Wien 2000

[24] Ernst Basler & Partner (Frank Bruns, Ralf Chaumet, Reinhard Haller) und Peter Cerwenka: Berücksichtigung von erreichbarkeitsbedingten Veränderungen der Wertschöpfung in Kosten-Nutzen-Analysen (Bewertung der Standortqualität), TU Wien, IVS-Schriften Band 30, Wien 2008

[25] Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR), (Erich Dallhammer, Wolfgang Neugebauer, Cristian Andronic, Katrina Herre, Reinhard Pichler): Studie Koralmbahn – Entwicklungschance für den Raum Steiermark – Kärnten im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Wien 2024

[26] Joanneum Research (Eric Kirschner), Institut für Wirtschafts- und Standortentwicklung: Studie „Die Koralmbahn und ihre regionalökonomische Wirkung: Ein neuer, international sichtbarer Ballungsraum entsteht" im Auftrag der Länder und Wirtschaftskammern Steiermark und Kärnten, Graz, Klagenfurt 2022

[27] Verlag Minirex: Eisenbahn Österreich, Heft 12/2026, S. 542, 543 (stat): „Frecciarossa 1000 in Österreich", Luzern 2026



DI Dr. Helmut Adelsberger studierte Bauingenieurswesen an der TU Graz und war ab 1977 als Statiker und Projektleiter in der VOEST-Alpine in Linz tätig. Von 1993 bis 2009 war er für die Generalverkehrsplanung und internationale Verkehrskorridore im Verkehrsministerium in Wien zuständig und anschließend nationaler Experte in der EU-Kommission (DG MOVE) in Brüssel. Seit Ende 2013 im Ruhestand, seither selbständiger Konsulent (Integrierte Verkehrsplanung **InfraConceptA**) und Obmann des Vereins INFRA PRO AUSTRIA:

TRANSFORMATION DURCH VERBINDUNG

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

VON M.-T. FALLAST UND K. FALLAST

Kurzfassung

Die Koralmbahn verkürzt nicht nur Wege – sie verändert die Erreichbarkeit und damit die Standortqualität für die Region AREA SÜD mit folgendem Fokus:

Kernaussagen

Die neue Hochleistungsstrecke bietet für die umliegenden Gemeinden und ihre Bevölkerung (Pendlerinnen und Pendler, Besucherinnen und Besucher) sowie für den Tourismus große Chancen. Damit diese Chancen und Vorteile auch in der Region ankommen, muss die Erschließung der Gemeinden effizient und bedarfsgerecht organisiert werden. Die größte Wirkung entsteht dort, wo die schnelle Bahnverbindung mit einer guten ersten und letzten Meile zusammenspielt. Die Hauptachse ist leistungsfähig; die entscheidenden Lücken liegen häufig in der Feinerschließung.

Die AREA-SÜD-Studie liefert eine wichtige Entscheidungsgrundlage für Erschließungs-maßnahmen und bildet ein Werkzeug für detaillierte Informationen zur aktuellen ÖV-Erreichbarkeit: Sie zeigt konkret auf, wo derzeit räumlich und zeitlich Optimierungspotenziale im Mobilitätsangebot bestehen und welche Potenziale für Betriebe, Bildungseinrichtungen sowie Freizeit- und Tourismusangebote noch besser genutzt werden können.

Durch die hochrangige Bahnverbindung rücken Graz, Klagenfurt und die Koralmbahnstationen funktional deutlich näher zusammen. Der Öffentliche Verkehr ist besonders auf den längeren, länderübergreifenden Relationen gegenüber dem Pkw-Verkehr hinsichtlich der Reisezeiten im Vorteil.

Für Gemeinden in der Area Süd entstehen durch die reduzierten Reisezeiten neue Chancen bei Arbeitsmarkt, Standortentwicklung und sozialer Teilhabe. Die Unternehmen im der gesamten Region erreichen einen größeren Arbeitskräftepool. Entscheidend ist, dass der Weg vom Bahnhof zum Betrieb einfach, schnell und kostengünstig abgewickelt wird. Für den Tourismus ist der Pkw bei vielen dezentralen Zielen weiterhin schneller als der ÖV. Gute Shuttleanbindungen, saisonale Direktangebote und kombinierte Tickets können die Erreichbarkeit mit der Bahn deutlich verbessern. Besonders im Bildungsbereich zeigen sich die Vorteile, der ÖV ist häufig schneller als der Pkw. Damit erweitert die Koralmbahn sowohl die Auswahl an Schulen und Hochschulen als auch die Kooperationsmöglichkeiten zwischen den Bildungseinrichtungen.

Für die weitere Verbesserung zeigt sich die Priorität abgestimmter Zubringerbusse, des Mikro-ÖV für die flächenhafte Bedienung, die sichere Anbindung für den Rad- und Fußverkehr, von Mobilitätshubs und der gezielten Fahrplanverbesserungen. Durch ein laufendes Monitoring der Verkehrsentwicklung und die Integrierung der aktuellsten Fahrplandaten soll die kontininuierliche Verbesserung des ÖV-Angebotes sichergestellt werden.

Die “Mobilitätsstudie Area Süd” wurde im Auftrag der Wirtschaftskammern Kärnten und Steiermark sowie dem Amt der Kärntner Landesregierung (Abt. 7) und dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Abt 16) erstellt.

1. Ausgangslage und Ziel

Mit der Koralmbahn rücken die südlichen Bundesländer Kärnten und Steiermark funktional näher zusammen. Der betrachtete Wirtschafts-, Arbeits- und Lebensraum umfasst mehr als 1,8 Millionen Einwohner:innen. Seit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2025 haben sich vor allem die Reisezeiten im Öffentlichen Verkehr zwischen der Steiermark und Kärnten deutlich verändert. Damit wird die tatsächliche Reisezeit zum zentralen Standortfaktor gegenüber der Luftlinie, die vielfach noch im Bewusstsein und damit die Entscheidungsgrundlage bei der Verkehrsmittelwahl war.



▲ Abbildung 1 Bezugspunkte Graz Hbf, Bahnhof Weststeiermark, St. Paul im Lavanttal, Kühnsdorf und Klagenfurt Hbf; Quelle: PLANUM 2026

TRANSFORMATION DURCH VERBINDUNG

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

Fragestellungen:

- Wie gut sind Gemeinden und Siedlungsschwerpunkte von den fünf Koralmbahnstationen erreichbar?
- Wie verändern sich die Möglichkeiten für Industrie und Gewerbe, Tourismus sowie Bildungsstandorte?
- Wo bestehen trotz der schnellen ÖV-Hauptachse noch Lücken – besonders bei Zubringermöglichkeiten mit anderen Verkehrsmitteln?
- Wann und wo ist der Öffentliche Verkehr im Reisezeitvergleich mit dem Pkw konkurrenzfähig oder schneller?

2. Methodik

Die aktuellen Fahrpläne 2026 für Bahn und Busse, das Verkehrsnetz für den Kfz- und Radverkehr für den Bestand 2025, sowie die Strukturdaten werden im Verkehrsmodell zu realistischen Reisezeiten zusammengeführt. Für den Berufs- und Ausbildungspendlerverkehr ist das Verkehrsangebot für den Zeitraum von 5:00 Uhr bis 8:00 Uhr relevant. Alle für den Berufs- und Ausbildungspendler durchgeführten Analysen beziehen sich auf diesen Zeitrahmen. Diese Vorgangsweise bietet im Vergleich zu sonst verwendeten ÖV-Erreichbarkeiten über einen Tagesdurchschnitt als Kenngröße für die ÖV-Güteklassen eine nutzerspezifische Aussage.

Für den Freizeit- und Tourismusverkehr wurde der Zeitraum von 8:00 bis 11:00 Uhr am Samstag als repräsentativer Zeitrahmen angesetzt.

Durch die Berücksichtigung von verschiedenen Zeitscheiben an Werktagen und am Samstag wird gegenüber Tagesdurchschnitten eine verbesserte Aussage über die Angebotsqualität im Bezug zur differenzierten Verkehrsnachfrage möglich.

Datengrundlage und Berechnung

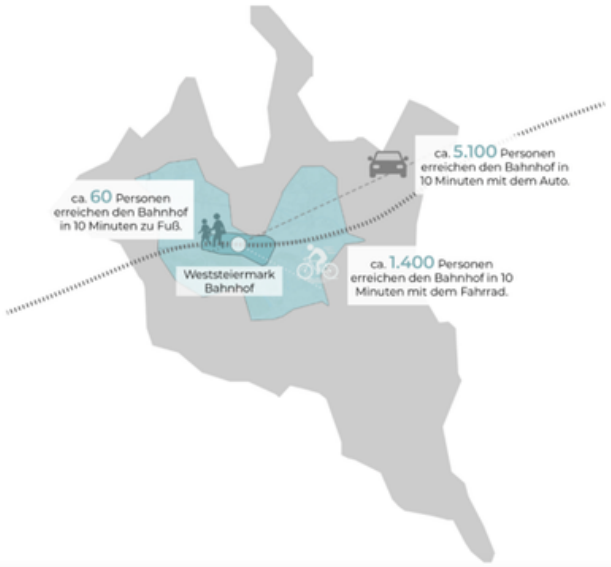
- Basis ist das für die Region Area Süd räumlich verfeinerte Wegenetz aus dem Verkehrsmodell Österreich.
- Die Fahrpläne von Bahn, Bus und Stadtverkehr werden über die aktuellen Fahrplandaten in das Modell integriert (Stand Februar 2026).
- Berechnet wird die gesamte ÖV-Reisekette mit Zugang zur Haltestelle, Wartezeit, Fahrtzeiten, Umstieg und Weg zum Ziel.
- Die Ergebnisse werden haltestellengenau ausgewertet und mit Daten der Siedlungsräume sowie den soziodemografischen Daten verknüpft.
- Für ausgewählte Use Cases werden mit identen Start- und Zielpunkten die Reisezeiten für ÖV und Pkw verglichen.

Zeitfenster und Einordnung

Anwendungsfall	Untersuchtes Zeitfenster	Bewertung
Pendeln / Bildung	Werktag 05:00–08:00 Uhr	Reisezeiten in 15-Minuten-Stufen bis 75 min
Tourismus	Samstag 08:00–11:00 Uhr; Rückfahrt 15:00–18:00 Uhr	Angebot am Wochenende ist teilweise dünner
Pkw-Vergleich	gleiche Relation	Verkehrsbelastung berücksichtigt; Parkplatzsuche nicht enthalten

Erste und letzte Meile

Die Koralmbahn ist die starke Hauptachse. Entscheidend ist, wie potenzielle Nutzer vom Wohnort zum Bahnhof und vom Bahnhof zum Ziel gelangen.



▲ Abbildung 2 10-Minuten-Einzugsbereich Bahnhof Weststeiermark; Quelle: PLANUM 2026

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

Am Bahnhof Weststeiermark zeigt sich das Prinzip besonders klar: Innerhalb von zehn Minuten erreichen theoretisch rund 60 Personen den Bahnhof zu Fuß, etwa 1.400 Personen mit dem Fahrrad und rund 5.100 Personen mit dem Pkw. Das verdeutlicht, wie stark die Reichweite vom Zubringerverkehrsmittel abhängt.

Eignung und Prioritäten von Maßnahmen

Maßnahme	Geeignet wenn …	Priorität
Fuß- und Radwege	Siedlungen in kurzer Distanz liegen und sichere Verbindungen fehlen	hoch
Regionalbustakt / Anschlussoptimierung	ausreichende Nachfrage für regelmäßige Linien vorhanden ist	hoch
Mikro-ÖV	Nachfrage räumlich verteilt oder zeitlich schwankend ist	hoch
Car- und Bikesharing	Bahnhof als multimodaler Knoten genutzt wird	mittel–hoch
Autonome Shuttles	Pilotkorridore technisch und betrieblich geeignet sind	prüfen
Park&Ride	andere Zubringer nicht ausreichend funktionieren	ergänzend

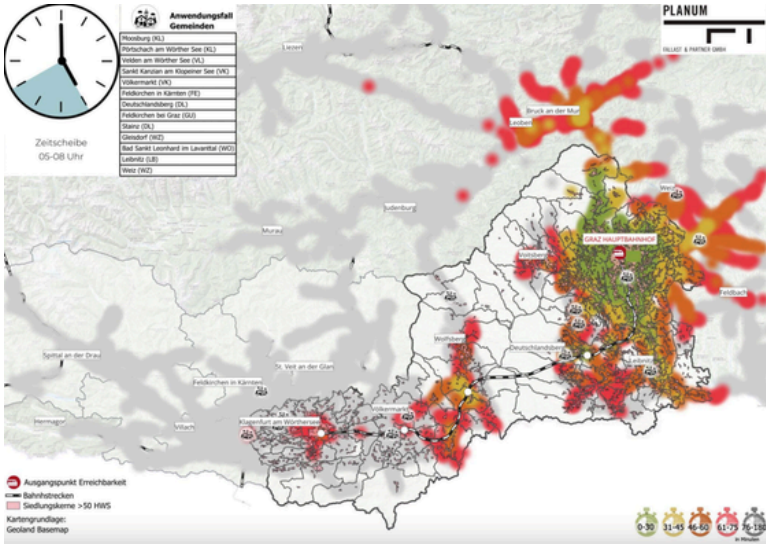
Methodischer Vorteil

Die haltestellengenaue Betrachtung zeigt die Erreichbarkeits-Unterschiede innerhalb einer Gemeinde. Damit werden Siedlungsbereiche sichtbar, die in einer reinen Gemeindezentrum-Betrachtung zu gut oder zu schlecht bewertet würden. Die detaillierte Analyse in Zeitscheiben verbessert die nutzerspezifische Aussage zu Erreichbarkeiten. Für die Bedienung der ersten und letzten Meile werden Entscheidungsgrundlagen aufbereitet, für welche Maß-nahmen Investitionen eine hohe Priorität verbunden mit hohem Nutzen haben.

3. Gemeinden - Erreichbarkeit

Von Graz aus reicht die gute ÖV-Erreichbarkeit entlang der Hauptachsen weit über den Zentralraum hinaus.

Im für den Berufs- und Schülerpendlerverkehr wichtigen Zeitraum von 5:00 bis 8:00 Uhr wurde das tatsächliche ÖV-Angebot analysiert und nach der realen Reisezeit räumlich differenziert dargestellt. Die Erreichbarkeit ist in 5 Zeitstufen unterteilt. Insgesamt wurden 138 Gemeinden sowie angrenzende Bezirke betrachtet. Entscheidend ist die Auswertung auf Haltestellenebene: Sie zeigt, dass die Koralmbahn auf längeren Relationen deutliche Vorteile bringt, während lokale Verbindungen weiterhin von Linienführung und Umstiegen abhängen.



▲ Abbildung 3 ÖV-Erreichbarkeit der Area-Süd-Gemeinden vom Hauptbahnhof Graz, haltestellengenau; Quelle: PLANUM 2026

Beispiele für Reisezeiten ab Graz Hauptbahnhof

Ziel	ÖV	Pkw	Einordnung
Leibnitz	32 min	41 min	ÖV schneller
Deutschlandsberg	47 min	49 min	nahezu gleich
Völkermarkt	70 min	77 min	ÖV schneller
Pörtschach am Wörthersee	80 min	105 min	deutlicher ÖV-Vorteil

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

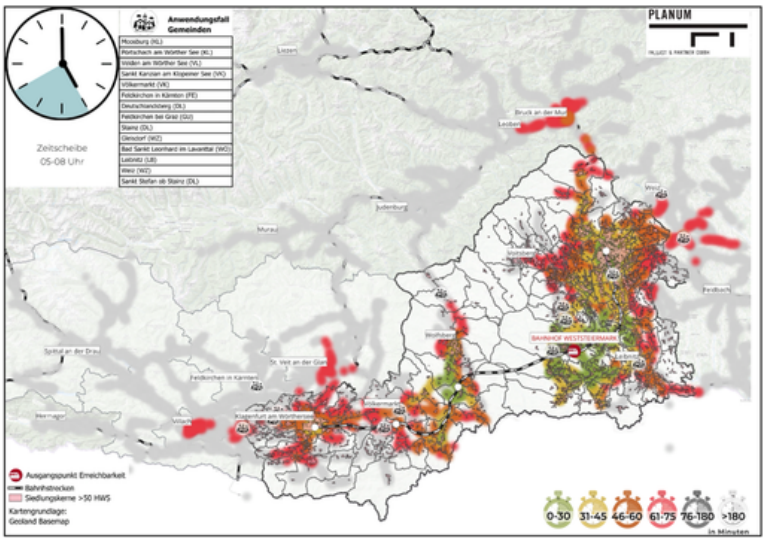
4. Gemeinden - Knoten und Lücken

Die fünf Stationen haben unterschiedliche Stärken für die umgebenden Gemeinden, erst die lokalen Anschlüsse entscheiden über den tatsächlichen Nutzen einer hochrangigen Verbindung.

Station	Stärken	Wichtigster Handlungsbedarf
Graz Hbf	sehr starke Nord-Süd-Achse; viele Ziele in Kärnten gut erreichbar	westliche und regionale Zubringer teilweise verbessern
Weststeiermark	beide Zentralräume in etwa 45–60 min erreichbar	erste/letzte Meile; lokale Relationen mit Umstiegen
St. Paul im Lavanttal	sehr gute Kärnten-Verbindungen; gute Lage zwischen beiden Ländern	Umsteige- und Zubringerketten vereinfachen
Kühnsdorf–Klopeiner See	starke regionale Erreichbarkeit und wichtige IC-Anbindung	westliche und weiter entfernte Ziele; Anschlussqualität
Klagenfurt Hbf	sehr gute Kärnten-Verbindungen; starke Achse Richtung Graz	Feinerschließung entfernterer Teilräume

Die Analyse zeigt zum Beispiel für die Umgebung um den Bahnhof Weststeiermark, dass die Zentralräume Klagenfurt und Graz in annähernd gleicher Zeit erreichbar sind.

Ebenso weist der Raum um den Bahnhof St. Paul im Lavanttal von Graz aus eine nur unwesentlich längere Reisezeit auf als die Reisezeit nach Klagenfurt. Damit eröffnen sich für diese Gemeinden neue Standortqualitäten im Hinblick auf die Rekrutierung von Arbeitskräften aus der Steiermark. Dazu kommt noch die Verfügbarkeit von Flächen für Betriebsansiedlungen in diesen Gemeinden und die gesteigerte Attraktivität als Wohnstandort.



▲ Abbildung 4 ÖV-Erreichbarkeit der Area-Süd-Gemeinden vom Bahnhof Weststeiermark; Quelle: PLANUM 2026

Muster im ÖV-Pkw-Vergleich

Je länger und direkter die Bahnrelation, desto stärker wirkt die Koralmbahn. Auf kurzen regionalen Wegen bleibt der Pkw oft schneller, wenn Busanschlüsse, Umstiege oder die letzte Meile die Reisezeit verlängern.

5. Gemeinden – ausgewählte Relationen

Direkte Bahnrelationen verändern das Verhältnis zwischen räumlicher Entfernung und tatsächlicher Reisezeit. Die haltestellengenaue Auswertung zeigt besonders deutlich, dass weit entfernte Ziele bei einer direkten und gut abgestimmten Bahnverbindung konkurrenzfähig sein können. Umgekehrt können räumlich nahe Gemeinden schlechter abschneiden, wenn Zubringer fehlen oder mehrere Umstiege erforderlich sind. Die fünf Koralmbahnstationen wirken daher als unterschiedliche Zugangspunkte zu einem gemeinsamen Verkehrsraum.

Im folgenden Beispiel für eine Gemeinde am Rand des Zentralraums Klagenfurt ist die Erreichbarkeit von den 5 Koralmstationen aus im relevanten Zeitfenster von 5:00 bis 8:00 Uhr mit den Öffentlichen Verkehrs-mitteln und dem Pkw dargestellt. Mit dieser Vorgangsweise können gesamte Gemeindegebiete auf einen Blick im Hinblick auf ihre ÖV-Erreichbarkeit erfasst und analysiert werden.

TRANSFORMATION DURCH VERBINDUNG

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

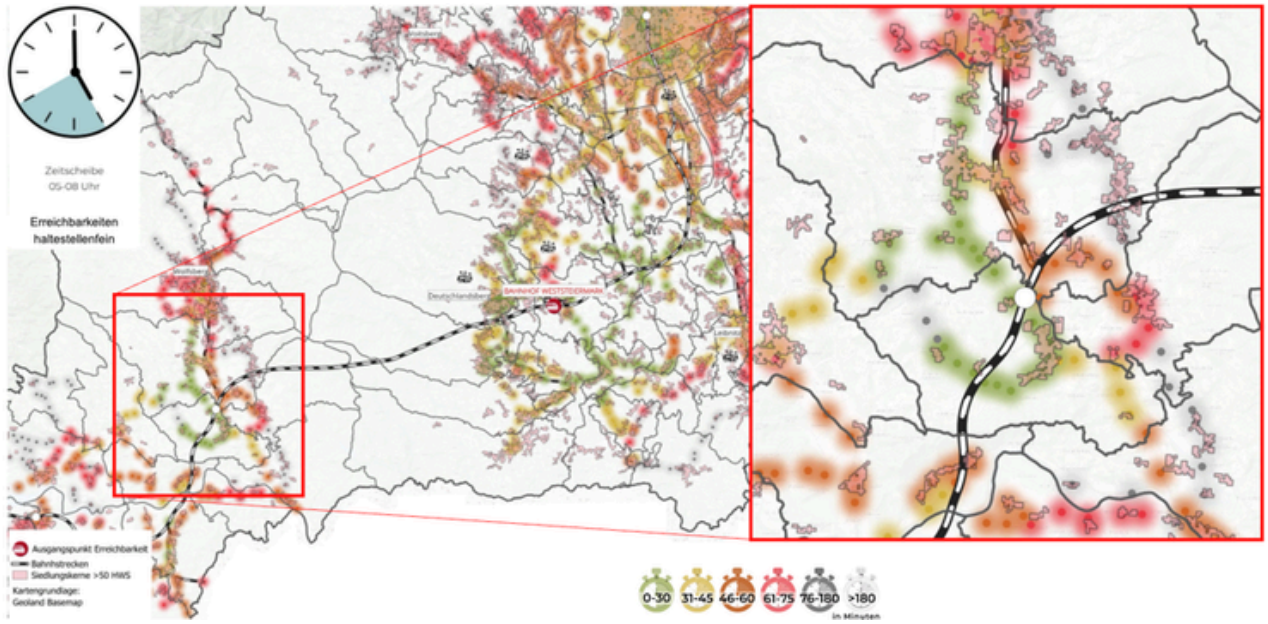


Abbildung 5 ÖV-Erreichbarkeit von Siedlungsschwerpunkten im Raum St. Paul vom Bahnhof Weststeiermark; Quelle: PLANUM 2026

Beispiel Pörtschach am Wörthersee

Ausgangspunkt	ÖV	Pkw	Vorteil ÖV
Graz Hbf	80 min	105 min	25 min
Bahnhof Weststeiermark	63 min	104 min	41 min
St. Paul im Lavanttal	39 min	50 min	11 min
Kühnsdorf–Klopeiner See	30 min	40 min	10 min
Klagenfurt Hbf	13 min	17 min	4 min

Folgerungen

- Lange, direkte Relationen profitieren am stärksten von einer Hochleistungsbahn wie der Koralmbahn; auf diesen Relationen weist der Öffentliche Verkehr merkbar kürzere Reisezeiten als der Pkw auf.
- Auf kurzen regionalen Relationen bilden Linienführung, Umsteigezahl und Wartezeit häufig die entscheidenden Nachteile der Öffentlichen Verkehrsmittel gegenüber dem Pkw.
- Die Bewertung auf Haltestellenebene ist aussagekräftiger als eine reine Betrachtung von Gemeindezentren, weil damit innergemeindliche Unterschiede sichtbar werden.

Planerische Konsequenz

Bei Maßnahmen ist zuerst zu prüfen, ob die Hauptachse bereits gut funktioniert. Ist das der Fall, liegt der wirksamste Hebel bei Zubringer-Verkehrsmitteln, kurzen Umstiegszeiten und den Anbindungen für die letzte Meile – nicht bei der Fernverbindung selbst.

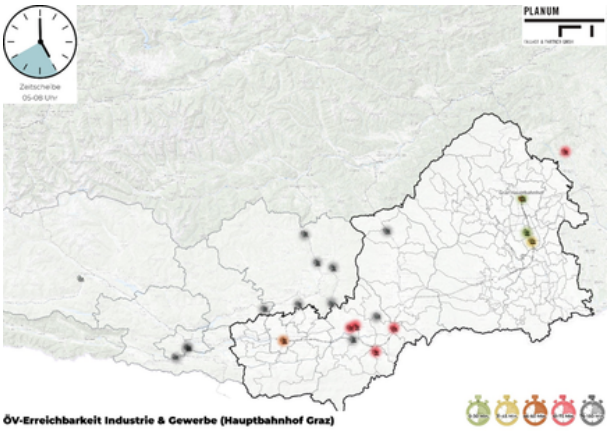
6. Industrie und Gewerbe

Die Koralmbahn erweitert den erreichbaren Arbeitsmarkt – aber nur gut angebundene Betriebsstandorte nutzen den Vorteil vollständig.
Für 22 größere Industrie- und Gewerbestandorte, die aus Sicht der Wirtschaftskammern interessant sind, wurden Reisezeiten und die Entfernung zur nächsten Haltestelle analysiert. Viele Betriebe in Kärnten werden dadurch für Beschäftigte aus der Steiermark interessanter – und umgekehrt.

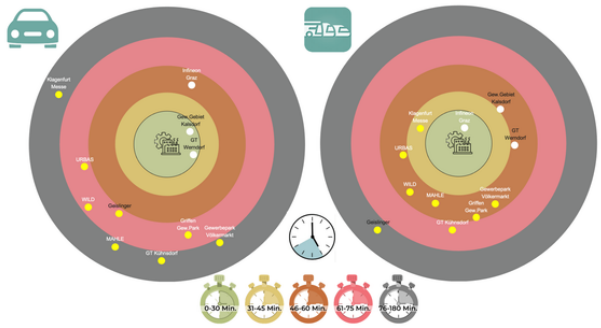
Gegenüber dem Pkw bietet für viele der Industrie- und Gewerbestandorte der Öffentliche Verkehr durch die neue Verbindung eine deutlich bessere Erreichbarkeit. Diese verbesserte Erreichbarkeit stellt in Bezug auf Pendlermobilität und dienstliche Erledigungen eine hohe Attraktivität der bestehenden und potenziellen Betriebsstandorte dar. In Abb. 7 ist beispielhaft der Vergleich der zeitlichen Erreichbarkeit verschiedener Betriebsstandorte vom Bahnhof Weststeiermark aus dargestellt.

TRANSFORMATION DURCH VERBINDUNG

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD



▲ Abbildung 6 ÖV-Erreichbarkeit ausgewählter Industrie- und Gewerbestandorte ab Graz Hauptbahnhof; Quelle: PLANUM 2026



▲ Abbildung 7 Vergleich der Reisezeit zu Betriebsstandorten mit Pkw und ÖV vom Bahnhof Weststeiermark aus; Quelle: PLANUM 2026

Beispiele ab Graz Hauptbahnhof

Ziel	ÖV	Pkw	Differenz
Klagenfurter Messe	58 min	99 min	ÖV 41 min schneller
Mahle GmbH, Völkermarkt	68 min	86 min	ÖV 18 min schneller
Gewerbepark Völkermarkt	71 min	80 min	ÖV 9 min schneller
Industrie-/Gewerbepark St. Veit	94 min	100 min	ÖV leicht schneller

Resumé

Eine kurze Bahnfahrt allein genügt nicht. Liegt der Betrieb weit von der Haltestelle entfernt, bleibt der Pkw trotz guter Bahnverbindung attraktiver. Die Analyse zeigt, dass die Koralmbahn mit entsprechender ÖV-Folge-Anbindung an die Betriebe große Vorteile hinsichtlich der Reisezeit für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bringt.

7. Arbeitskräfte und Standortentwicklung

Erreichbarkeit wird zu einem strategischen Faktor für die Rekrutierung von Fachkräften, Investitionen und die regionale Entwicklung. Die Studie verschneidet Reisezeiten mit Strukturdaten. Hintergrund ist der demografische Wandel. Gerade in ländlichen Räumen nimmt der Anteil der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter ab. Eine gute ÖV-Anbindung erweitert deshalb den Einzugsbereich für Berufspendler und damit den Pool an potenziellen Arbeitskräften auch unter dem Aspekt einer klimafreundlichen Pendlermobilität.

Thema	Wirkung der besseren Erreichbarkeit	Konsequenz für die Praxis
Arbeitsmarkt	größeres Einzugsgebiet für Beschäftigte und Unternehmen	Standorte nach realer Reisezeit statt nur nach Entfernung bewerten
Fachkräfte	länderübergreifendes Pendeln wird für mehr Personen realistisch	betriebliche Mobilitätskonzepte und Jobtickets einsetzen
Standortwahl	gute ÖV-Lage steigert Attraktivität für Beschäftigte und Investitionen	neue Flächen bevorzugt an gut erschlossenen Achsen entwickeln
Hybrides Arbeiten	längere Pendelwege werden bei weniger Anwesenheitstagen eher akzeptabel	Arbeitsmodelle und Mobilität gemeinsam denken
Regionale Entwicklung	ländliche Räume erhalten besseren Zugang zu Zentren und Arbeitsplätzen, damit wird ein Gegenpol zur verstärkten Urbanisierung geschaffen	Raumordnung und Verkehrsplanung eng abstimmen

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

Ergebnisse

- Viele Pendelrelationen zwischen den wichtigen Zentren liegen unter 60 Minuten; einzelne sinnvolle Relationen reichen bis etwa 75 Minuten.
- Vom Bahnhof Weststeiermark sind zahlreiche Industrie- und Gewerbestandorte in Graz und Kärnten in rund einer Stunde erreichbar.
- Von Klagenfurt aus ist Graz deutlich unter einer Stunde erreichbar; auch Hochschul- und Unternehmensstandorte profitieren von der direkten Achse.
- Lokale Erschließungs-Lücken bleiben vor allem dort bestehen, wo die Entfernung zur Haltestelle groß oder die Zubringerverbindung schwach ist.

Entscheidungsgrundlage

Die Analyse bildet die evidenzbasierte Grundlage für Standortentscheidungen, betriebliche Mobilitätskonzepte und spätere Kosten-Nutzen-Bewertungen für konkrete Zubringermaßnahmen wie zum Beispiel des Mikro-ÖV.

8. Wirtschaft – Wirkung der fünf Knoten

Die Analyse verknüpft die Erreichbarkeit von Industrie- und Gewerbestandorten mit dem Anteil der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter. Besonders relevant sind Regionen, in denen viele Erwerbsfähige innerhalb von etwa 60 Minuten erreichbar werden. Für Unternehmen entsteht dadurch ein größerer potenzieller Arbeitskräftepool; für Beschäftigte erweitert sich die Auswahl an Arbeitsplätzen, ohne dass zwingend ein Wohnortwechsel notwendig ist. Betriebe können gezielt ihre Mitarbeitersuche nach Gemeinden und Regionen gestalten.

Standortpolitische Bedeutung

- Der Bahnhof Weststeiermark erhält eine besondere Brückenfunktion: Grazer Zentralraum und mehrere Kärntner Wirtschaftsräume werden in einer vertretbaren Pendelzeit erreichbar.
- St. Paul und Kühnsdorf stärken vor allem die Vernetzung innerhalb Kärntens und zur Steiermark; Klagenfurt gewinnt eine sehr schnelle Achse nach Graz.
- Betriebsstandorte mit großer Entfernung zur nächsten Haltestelle können den Bahn-Vorteil verlieren. Betriebliche Shuttle-, Rad- oder Mikro-ÖV-Lösungen sind daher Teil der Standortqualität.

Ein Ziel - unterschiedliche Knoten

Ausgangspunkt	Klagenfurter Messe ÖV	Pkw	Vorteil ÖV
Graz Hbf	58 min	99 min	41 min
Bahnhof Weststeiermark	40 min	98 min	58 min
St. Paul im Lavanttal	30 min	47 min	17 min
Kühnsdorf–Klopeiner See	20 min	40 min	20 min
Klagenfurt Hbf	2 min	3 min	1 min

Strategischer Nutzen der Studie

Die Erreichbarkeitsanalyse kann bei Betriebsansiedlungen, Erweiterungen und betrieblichem Mobilitätsmanagement als Entscheidungsgrundlage eingesetzt werden. Gut erschlossene Flächen sollten gegenüber rein straßenorientierten Standorten stärker gewichtet werden.

9. Freizeit und Tourismus

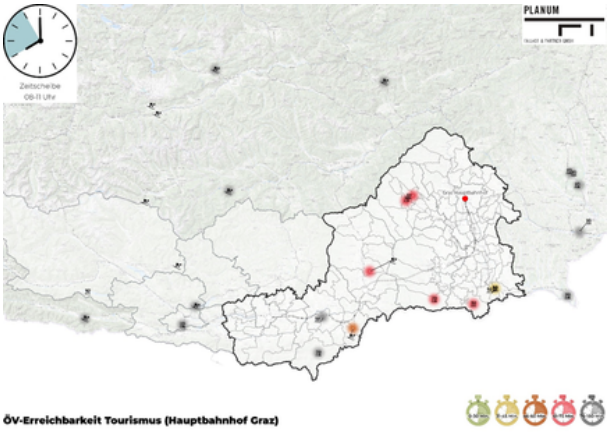
Die Bahn schafft neue Zielgruppen – bei dezentralen Ausflugszielen bleibt die letzte Meile die zentrale Herausforderung.

Untersucht wurden 12 Wintertourismus- und 17 Tagestourismusziele mit dem Winterfahrplan 2026. Die Analyse erfolgte für Samstagvormittag; für ausgewählte Ziele wurde zusätzlich eine Rückfahrt am Nachmittag betrachtet. Gerade am Wochenende bestehen bei einzelnen Linien dünnere Takte oder frühe Betriebsschlüsse. Dadurch kann eine gute Hinfahrt durch eine unattraktive Rückfahrt entwertet werden.

Für urbane Ziele und längere Relationen verbessert sich die Anreise deutlich. Bei Skigebieten, Thermen und landschaftlichen Zielen ist der Pkw jedoch häufig noch schneller.

TRANSFORMATION DURCH VERBINDUNG

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD



▲ Abbildung 8 ÖV-Erreichbarkeit ausgewählter Freizeit- und Tourismusstandorte ab Graz Hauptbahnhof; Quelle: PLANUM 2026

Beispielhafte Relationen ab Graz Hbf

Ziel	ÖV	Pkw	Einordnung
Weinstraße – Ehrenhausen	34 min	39 min	ÖV schneller
Petzen Talstation*	50 min	94 min	ÖV deutlich schneller
Klopeiner See*	76 min	88 min	ÖV konkurrenz-fähig
KärntenTherme Warmbad-Villach **	89 min	120 min	ÖV schneller
Therme Loipersdorf	110 min	64 min	Pkw schneller

* Bei Petzen und Klopeiner See ergänzt Mikro-ÖV die letzte Meile; die zusätzliche Shuttlezeit ist gesondert zu berücksichtigen
** Die Reisezeit nach Warmbad-Villach ist kürzer als in die Steirische Thermenregion

Touristische Positionierung

Besonders urbane Ziele, Wörthersee und Klopeiner See sowie gut angebundene Wander- und Winterdestinationen können neue Zielgruppen ohne eigenes Auto ansprechen. Der Komfortvorteil des ÖV – nutzbare Reisezeit und keine Parkplatzsuche – sollte aktiv vermarktet werden.

Wichtigste Ergebnisse

- Der Wörthersee, der Klopeiner See und weitere Sommerziele profitieren von der besseren überregionalen Erreichbarkeit.
- Die Petzen ist durch Bahn, Bus und Mikro-ÖV vergleichsweise gut erschlossen; solche Ketten zeigen das Potenzial einer funktionierenden letzten Meile.
- Von der Weststeiermark aus ist die Weinebene mit Öffentlichen Verkehrsmitteln derzeit nicht angebunden.
- Bei Thermen und vielen Wochenendzielen erschweren ausgedünnte ÖV-Angebote und frühe Beendigung des ÖV-Betriebes eine attraktive Rückfahrt. Die Abstimmung der Rückfahrt ist also ebenso wichtig. Saisonale Direktbusse und Shuttles zu Bahnstationen schaffen bei Schigebieten, Seen und dezentralen Ausflugszielen den entscheidenden Lückenschluss.
- ÖV-Vorteile sind nicht nur Reisezeit sondern auch der Entfall der Parkplatzsuche, die Nutzbarkeit der Reisezeit, die entspannte und bequemere Rückfahrt, sowie die Argumente der Umweltbilanz.
- Kombitickets aus Bahnreise, Transfer und Freizeitangebot machen die Reisekette einfacher und erhöhen die Sichtbarkeit der autofreien Anreise.

10. Bildungsraum Area Süd

Die Koralmbahn erweitert die Bildungswahl und erleichtert Kooperationen zwischen Kärnten und der Steiermark. Mit der Koralmbahn entsteht die Möglichkeit, Bildungsangebote stärker länderübergreifend zu denken – von Schulen bis zu Universitäten und Fachhochschulen.

Für 35 Bildungsstandorte – AHS, BHS, Universitäten und Fachhochschulen – wurde die Erreichbarkeit untersucht. Viele Einrichtungen liegen nahe an leistungsfähigen Haltestellen. Dadurch kann die Wahl eines Bildungsstandorts stärker nach fachlichem Schwerpunkt erfolgen, ohne dass räumliche Distanz automatisch einen Umzug oder eine Pkw-Abhängigkeit bedeutet.

Gerade bei direkt angebundenen Hochschulen und Schulen weist der Öffentliche Verkehr häufig gleiche oder kürzere Reichweiten als der Pkw auf.

TRANSFORMATION DURCH VERBINDUNG

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

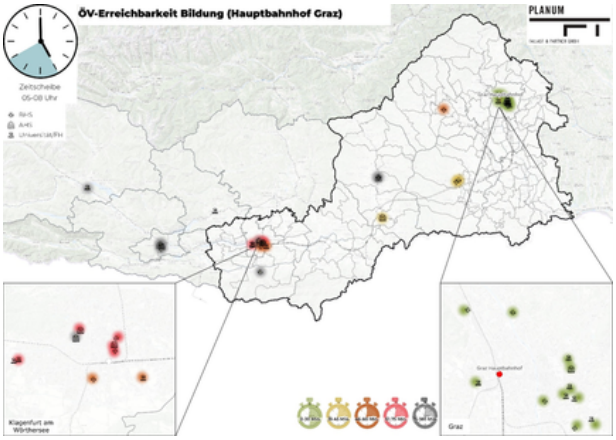


Abbildung 9 ÖV-Erreichbarkeit ausgewählter Bildungsstandorte ab Graz Hauptbahnhof ; Quelle: PLANUM 2026

Beispiele für länderübergreifende Hochschulrelationen

Relation	ÖV	Pkw	Einordnung
Klagenfurt Hbf → FH Joanneum Graz	46 min	99 min	ÖV deutlich schneller
Klagenfurt Hbf → Universität Graz	54 min	102 min	ÖV deutlich schneller
St. Paul → FH Joanneum Graz	46 min	73 min	ÖV schneller
Kühnsdorf → FH Joanneum Graz	62 min	84 min	ÖV schneller

Die Städte Graz und Klagenfurt mit ihrem reichhaltigen Angebot an Bildungseinrichtungen sind mit dem Angebot der Koralmbahn für ländliche Gemeinden wie St. Paul und Kühnsdorf mit dem ÖV sehr gut erreichbar. Dies betrifft nicht nur junge Studierende, sondern ermöglicht auch leichter Weiterbildungsangebote im Sinne des "lebenslangen Lernens" in Anspruch zu nehmen.

Wirkungen für zentrale Zielgruppen

Zielgruppe	Nutzen der besseren Erreichbarkeit	Planerische Konsequenz
Schüler:innen	größere Auswahl an spezialisierten Schulen und Schwerpunkten	Anschlüsse an Unterrichtsbeginn und -ende abstimmen
Studierende	länderübergreifendes Pendeln und Kombination mehrerer Hochschulstandorte	durchgängige Tarife und verlässliche Takte sichern
Lehrende / Forschung	einfachere Kooperationen, Konferenzen und gemeinsame Projekte	Standorte als gemeinsames Hochschulnetz verstehen
Regionen	weniger Abwanderungsdruck bei guter täglicher Erreichbarkeit	Bildungs- und Standortplanung mit ÖV verknüpfen

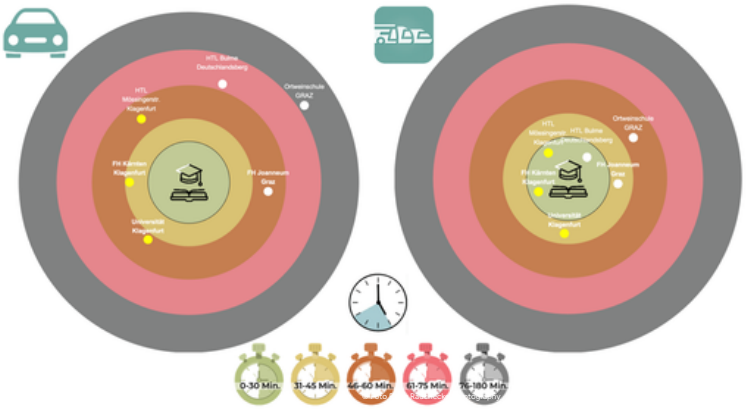


Abbildung 10 Vergleich der Reisezeit zu Bildungsstandorten mit Pkw und ÖV vom Bahnhof St. Paul aus; Quelle: PLANUM 2026

Strategischer Punkt

Die bessere Erreichbarkeit durch die neue hochrangigen ÖV-Verbindung zwischen Kärnten und der Steiermark ermöglicht einen gemeinsamen Bildungsraum. Für regelmäßiges länderübergreifendes Pendeln ist neben der Reisezeit ein durchgängiges, attraktives Tarifangebot zwischen Kärnten und der Steiermark besonders wichtig.

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

11. Handlungsempfehlungen

Die nächsten Schritte sollten gezielt dort ansetzen, wo eine konkrete Verbesserung der gesamten Reisekette möglich ist und diese sich an den lokalen Gegebenheiten orientiert. Entscheidend ist dabei die Frage, wo tatsächlich eine entsprechende Nachfrage besteht und bei welchen Nutzergruppen durch ergänzende Mobilitätsangebote eine Verbesserung der Erreichbarkeit erzielt werden kann. Dabei sind insbesondere unterschiedliche Nutzergruppen wie Schülerinnen und Schüler, Pendlerinnen und Pendler sowie Touristinnen und Touristen sowie deren spezifischen zeitlichen und räumlichen Mobilitätsbedürfnisse zu berücksichtigen.
Die folgende Auflistung stellt mögliche Maßnahmen vor, mit denen die Erreichbarkeit nachhaltig verbessert und die einzelnen Elemente der Mobilitätskette gezielt ergänzt werden können.

1. **Angebotslücken schließen**: Fahrpläne und Linienführungen in den relevanten Zeitscheiben überprüfen; Anschlüsse zur Koralmbahn priorisieren.
2. **Erste und letzte Meile verbessern**: Mikro-ÖV, Taktbusse, sichere Rad- und Fußwege sowie Sharing-Angebote je nach Nachfrage kombinieren.
3. **Mobilitätshubs weiterentwickeln**: Bahnhöfe als Umsteigepunkte zwischen Bahn, Bus, Rad, Sharing und – wo notwendig – Pkw ausbauen.
4. **Standortentwicklung an Erreichbarkeit koppeln**: Neue Betriebs-, Bildungs- und Siedlungsstandorte bevorzugt dort entwickeln, wo eine gute ÖV-Anbindung dauerhaft gesichert werden kann.
5. **Tourismusangebote verknüpfen**: Saisonale Shuttles, Direktbusse und Kombitickets mit Bahnreise und Freizeitangeboten entwickeln und aktiv vermarkten.
6. **Länderübergreifende Tarife stärken**: Für regelmäßige Bildungs- und Arbeitswege einfache, durchgängige Tarifangebote zwischen Kärnten und der Steiermark schaffen.
7. **Monitoring etablieren**: Erreichbarkeitskennzahlen regelmäßig aktualisieren und Maßnahmen mit Vorher-Nachher-Vergleichen bewerten.

Priorisierung von Maßnahmen

Frage	Hohe Priorität, wenn …
Besteht Nachfrage?	viele Pendler:innen, Schüler:innen, Beschäftigte oder Gäste betroffen sind
Ist die Hauptachse gut?	die Bahnrelation bereits attraktiv ist und der Zubringer den Engpass bildet
Ist die Maßnahme wirksam?	deutliche Reisezeit- oder Komfortverbesserung zu vertretbaren Kosten entsteht
Ist sie skalierbar?	ein Pilot auf weitere Gemeinden, Betriebe oder Ziele übertragbar ist

12. Umsetzung – Prioritäten nach Raumtyp

Nicht jede Erreichbarkeitslücke braucht dieselbe Lösung. Maßnahmen sollten nach Nachfrage, Raumstruktur und Engpass der Reisekette ausgewählt werden.

Welche Maßnahme passt wo?

Ausgangslage	Vorrangige Maßnahme	Warum
Hauptachse gut, Zubringer schwach	Mikro-ÖV, Taktbus, Anschlussoptimierung	direkter Hebel auf die gesamte Reisezeit
Siedlung nahe am Bahnhof	sichere Fuß- und Radwege, Bike+Ride	kostengünstig und flächeneffizient
Disperse ländliche Nachfrage	On-Demand / Mikro-ÖV	flexibel bei geringer oder schwankender Nachfrage
Tourismus saisonal	Shuttle, Direktbus, Kombiticket	Nachfrage ist zeitlich bündelbar und gut vermarktbar
Großer Umsteigeknoten	Mobilitätshub, Sharing, Echtzeitinformation	verknüpft mehrere Verkehrsmittel zu einer Kette
Neue Betriebs-/Bildungsstandorte	Standortwahl an ÖV-Erreichbarkeit koppeln (früh im Planungsprozess einbinden)	vermeidet spätere strukturelle Erreichbarkeitsdefizite

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD



Umsetzungslogik

- **Kurzfristig**: konkrete Anschlusslücken, Betriebszeiten und letzte-Meile-Probleme in priorisierten Korridoren prüfen und mit kleinen Pilotmaßnahmen schließen.
- **Mittelfristig**: erfolgreiche Piloten skalieren, Mobilitätshubs ausbauen und Raumordnung sowie Standortentwicklung konsequent an Erreichbarkeitsdaten koppeln.
- **Laufend**: Fahrplan-, Nachfrage- und Strukturdaten aktualisieren und Maßnahmen mit Vorher-Nachher-Vergleichen bewerten.

13. Fazit und Ausblick

“Erreichbarkeit neu denken: von räumlicher Distanz zu zeitlicher Nähe”

Dieses Leitprinzip eignet sich für eine alternative Betrachtung von Erreichbarkeit, da es einen Perspektivwechsel verdeutlicht: Nicht die reine räumliche Distanz steht im Mittelpunkt, sondern die tatsächlich benötigte Reisezeit sowie die Funktionalität der gesamten Mobilitätskette.

Ergebnisse

- Die Koralmbahn verbessert die Erreichbarkeit zwischen der Steiermark und Kärnten grundlegend. Besonders auf längeren, direkten Relationen ist der ÖV mehr als konkurrenzfähig.
- Die größten Potenziale entstehen für den Arbeitsmarkt, die Standortentwicklung, Bildung und urbane bzw. gut angebundene Tourismusziele.
- Die Wirkung ist kleinräumig sehr unterschiedlich. Haltestellengenaue Analysen sind deshalb wesentlich aussagekräftiger als reine Gemeindezentrum-Betrachtungen und daher die adäquate Grundlage für Standortentscheidungen.
- Die erste und letzte Meile bleibt der häufigste Engpass. Ohne gute Zubringer kann eine schnelle Bahnverbindung ihren Vorteil nicht vollständig ausspielen.

Nächste Schritte

- Erreichbarkeitsdaten regelmäßig mit aktuellen Fahrplänen, Nachfrage- und Strukturdaten fortschreiben.
- Konkrete Korridore und Gemeinden mit erkennbaren Lücken vertieft untersuchen und Maßnahmen wirtschaftlich bewerten.
- Verkehrsplanung, Raumordnung, Wirtschaft, Tourismus und Bildung stärker gemeinsam planen und aufeinander abstimmen.
- Die länderübergreifende Kooperation zwischen Kärnten und der Steiermark vertiefen und die Area Süd als gemeinsamen Arbeits-, Bildungs- und Lebensraum weiterentwickeln.

Zusammenfassung

Mit dieser Studie wird ein methodisches Werkzeug vorgestellt, das einen fahrplanaktuellen Gesamtüberblick über die Erreichbarkeit der einzelnen Gemeinden der Area Süd mit öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖV) ermöglicht und einen Vergleich mit den Reisezeiten im Pkw erlaubt. Im Fokus stehen dabei die Zu- und Ausgangspunkte entlang der Koralmbahn sowie deren räumliche und zeitliche Erreichbarkeitsstrukturen.

Durch die zeitliche und räumliche Differenzierung der ÖV-Analyse können bestehende Erreichbarkeitslücken und räumliche Potenziale systematisch identifiziert und verortet werden. Auf dieser Grundlage lassen sich infrastrukturelle und servicebezogene Maßnahmen gezielter ableiten und auf jene Bereiche fokussieren, in denen ein entsprechender Handlungsbedarf besteht. Darüber hinaus können die Ergebnisse als Grundlage für betriebliche, bildungsbezogene und tourismusbezogene Standortentwicklungen dienen, insbesondere im Hinblick auf die Förderung eines klimafreundlichen Mobilitäts- und Pendelverhaltens.

Das entwickelte Werkzeug wird am Beispiel der Koralmbahn und ihrer Auswirkungen auf die Erreichbarkeitsstrukturen der Area Süd demonstriert.

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD

Aufgrund des methodischen Ansatzes ist eine Übertragung auf andere Regionen und Bundesländer grundsätzlich möglich.

Die Integration aktueller ÖV-Fahrplandaten mit dem Winterfahrplan 2025/2026 schafft eine evidenzbasierte Grundlage für laufende Standortentscheidungen, raumbezogene Planungsprozesse sowie Maßnahmen der wirtschaftlichen und regionalen Entwicklung. Damit wird eine datenbasierte Betrachtung von Mobilität und Erreichbarkeit ermöglicht, die insbesondere für Regionen von Bedeutung ist, deren räumliche Entwicklung eng mit der Qualität und Verfügbarkeit öffentlicher Verkehrsanbindungen verbunden ist.

14. Quellenverzeichnis

[1] Neugebauer,W., Andronic, C., Kirchmayr-Novak, S., (2024) ÖIR GmbH, ÖROK-Erreichbarkeitsanalyse 2024 Analysen zum ÖV und MIV

[2] Kirschner, E., Niederl, A., Kaltenegger, C. (2022) Zukunft WirtschaftsraumSüdösterreich Kurzfassung, JOANNEUM RESEARCH POLICIES

[3] Knap-Rieger,S., Rettensteiner, G., (2021) STUDIE KORALMBAHN, Auswirkungen auf die Themenfelder Bildung und Wohnen im Steirischen Zentralraum, AG Regional Management Steirischer Zentralraum, Dezember 2021

[4] Helmenstein, Prof. Dr. C., (2026) Impulsvortrag: Standortentwicklung entlang regionaler Stärken – Zentralraum Graz und Südweststeiermark, SFG Veranstaltung Steierhof, 12.Februar 2026

[5] Stern, P., Schaffenberger, A., (2025) Verkehrsmodell Österreich und Verkehrsprognose Österreich 2040+, Los 1 (2022). Bericht Arbeitspaket 1.3 – Netzmodell, PLANUM Fallast & Partner GmbH, 2025, Auftraggeber: BMIMI, ASFINAG, ÖBB

[6] PTV AG (2021). PTV Visum 2022 – Handbuch, Karlsruhe.

[7] Petelin, M. (2026), , Hier ist die Bahn schneller als das Auto' Kleine Zeitung Ausgabe 8.02.2026

[8] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, (2021) Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich, Der neue Klimaschutz-Rahmen für den Verkehrssektor Nachhaltig – resilient – digital, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[9] Hochradl, S. M. (2024). Erreichbarkeitsanalyse von Points of Service an Bahnhöfen im ländlichen Raum [Diploma Thesis, Technische Universität Wien]. reposiTUm.

[10] Marzolla, F., et al, (2025) Increasing accessibility by public transport benefits local economy: effect of a new metro line in Rome, Sony Computer Science Laboratories - Rome, Joint Initiative CREF-SONY, Centro, Ricerche Enrico Fermi, Via Panisperna 89/A, 00184, Rome, Italy.

[11] Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 7 – Wirtschaft, Tourismus, Mobilität, (2024) Mikro-ÖV Strategie des Landes Kärnten, Projektteam Dr. AlbertKreiner, DI Hans Schuschnig, DI Jörg Putzl, Timotheus Zankl, MSc, Fachliche Begleitung: DI Dr. Kurt Fallast, DI Anna-Sophie Klamminger

[12] Verduzco Torres, J.R., McArthur, D.P. (2024) Public transport accessibility indicators to urban and regional services in Great Britain. Sci Data 11, 53 (2024).

[13] Dornmayr, Helmut / Riepl, Marlis (2025) Unternehmensbefragung zum Arbeits-und Fachkräftebedarf/-mangel 2025, Arbeitskräfteradar 2025, ibw-Forschungsbericht Nr. 223 im Auftrag der WKO, Wien.

[14] Atlas der Pendlerstatistik, Statistik Austria, 2026, Datenstand 31.10.2023

[15] Cik, T., Ninaus, M-W., (2024) Studierenden-Rekorde trotz Wohnungsnot in Kärnten, Kleine Zeitung Ausgabe 30.09.2024

TRANSFORMATION DURCH VERBINDUNG

MOBILITÄTSSTUDIE AREA SÜD



Dr.techn., BSc. Eng, cert.LA Marie-Therese Fallast, Geschäftsführerin bei PLANUM Fallast & Partner GmbH; aktuelle Arbeitsfelder: Nicht motorisierte Mobilität, Gestaltung öffentlicher Räume, Landschaftsplanung, Green Care, Mobilitäts-forschung nationale und internationale multidisziplinäre Projekte



DI Dr. Kurt Fallast, Geschäftsführer bei PLANUM Fallast & Partner GmbH, bis zur Pensionierung Assistenzprofessor und stellvertretender Institutsvorstand am Institut für Straßen- und Verkehrswesen der TU-Graz, aktuell Universitätslektor an der CU – Carinthia University of Applied Sciences. Aktuelle Arbeitsfelder: Multimodale Mobilitätsanalysen und -Planungen, Lärm- und Luftschadstoff-untersuchungen, UVP-Verfahren, Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Forschungs-projekte

INNOVATION IM BRÜCKENBAU

DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

VON K. GRADENEGGER, J. KOLLEGER UND B. KROMOSER

Infrastruktur und Naturschutz im Einklang

Die Anforderungen an moderne Infrastrukturprojekte haben sich in den vergangenen Jahrzehnten grundlegend verändert. Während früher vor allem technische Funktionalität und Wirtschaftlichkeit im Mittelpunkt standen, spielen heute auch ökologische und gesellschaftliche Aspekte eine zentrale Rolle. Insbesondere bei großen Eisenbahninfrastrukturprojekten ist die Berücksichtigung von Natur- und Artenschutzmaßnahmen mittlerweile ein wesentlicher Bestandteil der Planung und Umsetzung.

Die Koralmbahn zählt zu den bedeutendsten Infrastrukturvorhaben Österreichs und verbindet die Landeshauptstädte Graz und Klagenfurt über eine leistungsfähige Hochleistungsstrecke. Die neue Bahnverbindung stellt einen wichtigen Baustein für die nachhaltige Mobilitätsentwicklung dar und leistet einen wesentlichen Beitrag zur Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene.

Im Streckenabschnitt zwischen der Jauntalbrücke und dem Bahnhof Mittlern durchquert die Trasse jedoch das sensible Waldgebiet der Dobrowa. Dieser Naturraum bildet einen wichtigen Lebensraum für zahlreiche Wildtierarten. Ohne entsprechende Maßnahmen würde die Bahnstrecke eine erhebliche Barrierewirkung entfalten und natürliche Wanderbewegungen von Wildtieren beeinträchtigen.

Um die ökologische Durchgängigkeit dauerhaft sicherzustellen, wurden mehrere Wildtierquerungen errichtet. Eine davon ist die Wildbrücke der Dobrowa (Abbildung 1). Sie verbindet die beidseits der Bahntrasse gelegenen Lebensräume und ermöglicht Wildtieren eine sichere Querung der Infrastruktur. Gleichzeitig wurde das Bauwerk zum Demonstrationsprojekt für eine neuartige und besonders ressourceneffiziente Konstruktionsmethode.

Die Wildbrücke der Dobrowa stellt nicht nur eine technische Infrastrukturmaßnahme dar, sondern erfüllt zugleich eine wichtige ökologische Funktion. Die Entscheidung, für dieses Bauwerk eine innovative Tragwerksform zu wählen, entstand aus dem Anspruch, Nachhaltigkeit nicht nur in der Betriebsphase, sondern bereits während der Herstellung zu berücksichtigen.



▲ Abbildung 1 Blick auf die Wildbrücke: © EVMedia

Entstehung einer innovativen Idee

Der Ursprung des Projekts liegt in langjährigen Forschungsarbeiten der Technischen Universität Wien ([8] Preisinger u. a. 2005; [2,3,4] Kromoser und Kollegger 2014, 2015a, 2015b, 2017). Ziel dieser Untersuchungen war die Entwicklung neuer Bauweisen, die mit deutlich geringerem Materialeinsatz auskommen als herkömmliche Tragwerke.

Besonders im Fokus standen Schalenkonstruktionen. Diese Bauwerksform zeichnet sich durch ihre hohe Tragfähigkeit bei vergleichsweise geringem Materialverbrauch aus. Schalen leiten Lasten überwiegend über Druckkräfte ab und nutzen dadurch die Materialeigen-

INNOVATION IM BRÜCKENBAU

DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

schaften von Beton besonders effizient.

Die praktische Umsetzung solcher Tragwerke stellte bisher jedoch eine Herausforderung dar. Komplexe Geometrien erfordern in der Regel aufwendige Schalungen und hohe Herstellungskosten. Um dieses Problem zu lösen, entwickelten Forschende der TU Wien gemeinsam mit der ÖBB-Infrastruktur AG ein Verfahren, bei dem eine ebene Betonplatte nach dem Aushärten in eine räumliche Schalenform umgeformt wird. Diese Idee bildete die Grundlage für das neue Bauverfahren „Pneumatic Forming of Hardened Concrete (PFHC)".

Die wichtigsten Entwicklungsschritte

Die Grundidee des späteren PFHC-Verfahrens – aus einer ebenen, bereits ausgehärteten Betonplatte eine räumlich gekrümmte Betonschale herzustellen – wurde zunächst konzeptionell entwickelt und in einer frühen Variante bereits im Jahr 2005 basierend auf einer Erfindung von Prof. Dr. Johann Kollegger vorgestellt [8]. Die detaillierte wissenschaftliche Entwicklung des Verfahrens erfolgte anschließend von 2012 bis 2014 im FFG-Forschungsprojekt „Freiformflächen aus Beton", dessen Inhalte später auch Inhalt der Dissertation von Prof. Dr. Benjamin Kromoser bildeten. Projektträger war die Österreichischen Bautechnikvereinigung (ÖBV) und es wirkten zahlreichen Industriepartner mit, die TU Wien war als wissenschaftlicher Dienstleister für die die Forschung zuständig. Ziel war es, die Umformbarkeit von bewehrtem, erhärtetem Beton systematisch zu untersuchen und damit die Basis für ein praktisch anwendbares Herstellungsverfahren zu schaffen [1].

Das Funktionsprinzip von PFHC besteht darin, zunächst eine ebene bewehrte Betonplatte herzustellen. Diese Platte enthält keilförmige Aussparungen, in denen pneumatische Keile angeordnet werden. Zusätzlich werden entlang des Plattenumfangs Spannglieder in Hüllrohren verlegt. Nach dem Erreichen einer ausreichenden Betonfestigkeit – später festgelegt mit mindestens 80 % der 28-Tage-Festigkeit – wird ein unter der Platte liegender Hebepneu (Luftkissen) aufgeblasen. Dadurch hebt und verformt sich die Platte.

Genauer beschrieben handelt es sich um einzelne Elemente, die in der Mitte zu einer Platte verbunden sind. Jedes der Elemente wird dabei einachsig verkrümmt wobei sich die Gesamtform dann an eine Schalenform annähert. Gegen Ende des Vorgangs wird der Verformungsprozess durch das Vorspannen von Spannlitzen zur Ausbildung der zweifach gekrümmten Form unterstützt. Aus den keilförmigen Aussparungen entstehen dabei Fugen mit definierter und konstanter Breite. Diese werden nach Abschluss der Umformung mit Beton oder Vergussmörtel geschlossen.

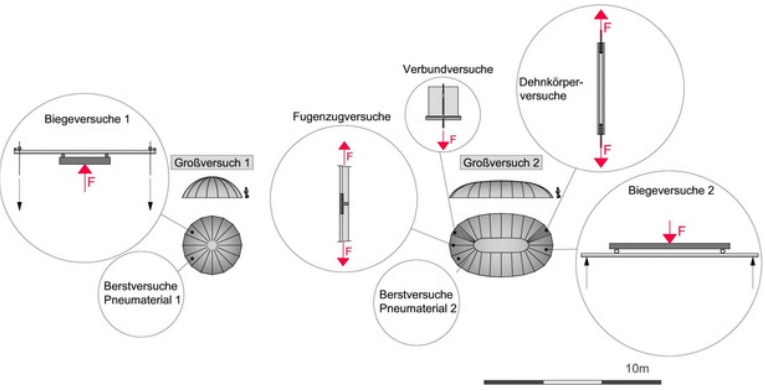
Ein zentraler Entwicklungsschritt bestand in der Untersuchung, ob ausgehärtete Betonplatten die für die Verformung erforderlichen Dehnungen schadlos aufnehmen können. Dazu wurden zentrische Zugversuche an Dehnkörpern sowie Vierpunktbiegeversuche an unterschiedlich bewehrten Betonplatten mit unterschiedlichen Dicken z.B. 30, 50, 100 und 120 mm durchgeführt. Als geeignete Bewehrungsmaterialien wurden nichtrostende Stahlseile und glasfaserverstärkte Kunststoffstäbe (GFK) identifiziert. Beide Bewehrungsarten besitzen bis zum Bruch ein linear-elastisches Materialverhalten und können die beim Umformen auftretenden Dehnungen gleichmäßig aufnehmen. Die Untersuchungen zeigten außerdem, dass Betonfestigkeit und Betonzusammensetzung nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Biegefähigkeit der Platten hatten [5].

Insgesamt umfasste die Entwicklungsarbeit umfassende experimentelle Untersuchungen: mehrere Serien von Vierpunktbiegeversuchen, Fugenzugversuche, Verbundversuche, Dehnkörperversuche sowie Berstversuche an pneumatischen Strukturen mit unterschiedlichen Folien und Beschichtungen. Parallel dazu wurden Frisch- und Festbetoneigenschaften sowie die Eigenschaften der Bewehrungsmaterialien geprüft. Analytische und numerische Berechnungen ergänzten diese Versuche. Damit wurden die Voraussetzungen geschaffen, sowohl die Verformung der Betonplatte als auch das Verhalten der pneumatischen Komponenten und Fugen kontrolliert vorherzusagen [1, 3, 4, 5].

INNOVATION IM BRÜCKENBAU

DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

Zur Zusammenführung und Überprüfung der Forschungsergebnisse folgten zwei Großversuche. Dabei wurden eine Kugelschale mit 13 m Durchmesser und 3,2 m Höhe sowie eine freigeformte Betonschale mit den Abmessungen 10,8 × 17,6 m und 2,9 m Höhe hergestellt. Beide Versuchsschalen hatten eine Dicke von 50 mm. Diese Versuche bestätigten die grundsätzliche Funktionsfähigkeit der Methode im größeren Maßstab und lieferten Erfahrungen für Geometrie, Bewehrung, Pneumatik, Vorspannung und Bauablauf. [1, 3] Eine Übersicht über die Abmessungen der beiden Großversuche sowie auch die damit in Verbindung stehenden kleineren Versuche sind in Abbildung 2 dargestellt.



▲ Abbildung 2 Zusammenstellung der wichtigsten Klein- und Großversuche im Zuge des Forschungsprojektes "Freiformflächen aus Beton" [6]

Ein weiterer Entwicklungsschwerpunkt war die digitale Planung und Fertigung. Da die Genauigkeit der späteren Schale wesentlich von der Genauigkeit der ebenen Ausgangsplatte abhängt, ist die Herstellung der keilförmigen Aussparungen mit engen Toleranzen notwendig. Diese wurde im Laufe der Entwicklung mit ±2 mm und absolut ±5 mm definiert. Aufgrund der ebenen Ausgangsplatte, können die einfach gekrümmten Schalungsteile beispielsweise aus konventionellen Holzplattenwerkstoffen mit vergleichsweise geringem Verschnitt gefertigt werden [5].

Nach der Forschungs- und Erprobungsphase wurde PFHC mit der Wildbrücke AM2 erstmals in einem realen Großprojekt eingesetzt. Im Auftrag der Österreichischen Bundesbahnen wurde zunächst eine Probeschale im Maßstab 1:2 errichtet, die heute als Veranstaltungsüberdachung genutzt wird. Die Form war inspiriert vom Mantarochen (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4). Sie diente dazu, Bauverfahren, Form, Ausführungsdetails und Baustoffe unter realen Bedingungen und mit der ausführenden Baufirma zu testen und für das anschließende Hauptbauwerk weiterzuentwickeln. Die ebene Ausgangsplatte dieser Probeschale maß 26,5 × 19,1 m, war 50 mm dick und wog einschließlich Einbauteilen und Querverschubsicherungen 80 t. [5]. Dieses besondere Bauwerk wurde mittlerweile an die Stadtgemeinde Bleiburg zur weiteren Nutzung übergeben.



▲ Abbildung 3 Fertiggestellte Probeschale von Innen mit sichtbaren Fugen; © Christoph Panzer



▲ Abbildung 4 Fertiggestellte Probeschale von Außen © Christoph Panzer

INNOVATION IM BRÜCKENBAU

DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

Die Erfahrungen aus dem Probeobjekt flossen unmittelbar in die Errichtung der Wildbrücke AM2 über die Koralmbahn ein. Dort wurde eine 100 mm dicke, ausgehärtete Betonplatte mit einem Gewicht von 546 t pneumatisch und durch Randvorspannung in eine Freiformschale überführt. Der Bauablauf umfasste Fundamente, eine ebene Arbeitsfläche, das Betonieren der Ausgangsplatte, deren Umformung, den lagenweisen Auftrag einer bewehrten Aufbetonschicht, das Ausschneiden der Portale, die Herstellung des Randbalkens und schließlich die Hinterfüllung. Die dünne, umgeformte Ausgangsschale diente während des Aufbetonierens zugleich als Schalung und wurde Teil des endgültigen Tragwerks. Die beiden Schalentragwerke und die damit in Verbindung stehenden Versuche sind in Abbildung 5 dargestellt.

Für die praktische Anwendung des neuen Bauverfahrens war insbesondere die präzise Druckregelung entscheidend. Bei der Wildbrücke wurden die pneumatischen Keile über 32 digital gesteuerte Proportional-Druckregelventile einzeln geregelt. Der Druck jedes Keils konnte automatisch mit einer Genauigkeit von ±5 mbar eingestellt werden. Der Hebepneu wurde mit drei Drucksensoren und drehzahlgeregelten Hochleistungsgebläsen auf ±1 mbar geregelt. Der konstante Innendruck war nicht nur für die Umformung, sondern auch für die Stützung der dünnen Schale während des Aufbringens der Aufbetonschichten erforderlich.

Damit entwickelte sich PFHC von einer grundlegenden Idee zur aktiven Verformung ausgehärteter Betonplatten über umfangreiche Material-, Bauteil- und Großversuche zu einem im Großmaßstab realisierten Bauverfahren. Die Wildbrücke AM2 demonstrierte schließlich, dass sich mit dem Verfahren komplexe, lastgerechte Betonschalen herstellen lassen, ohne die sonst erforderliche vollflächige doppelt gekrümmte Schalung und das zugehörige Lehrgerüst einzusetzen.

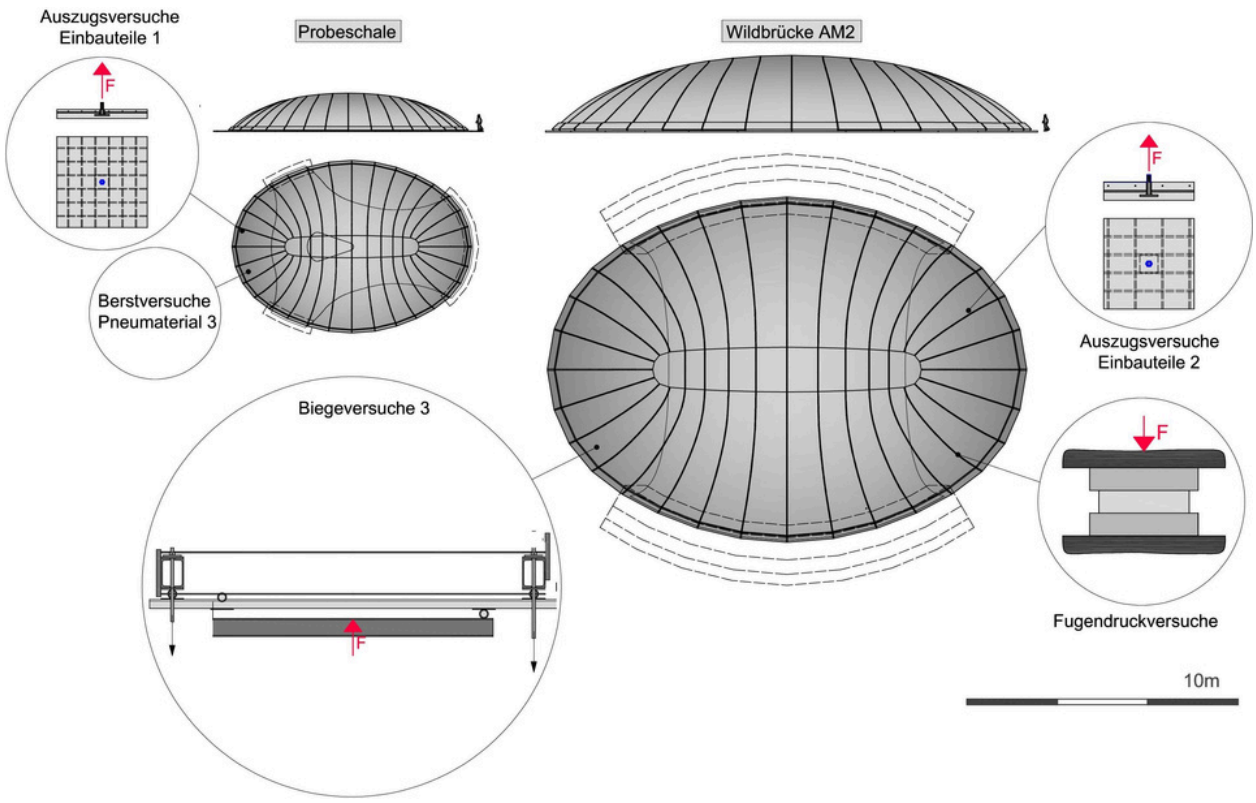


Abbildung 5 Übersicht Probeschale und Wildbrücke AM2 sowie die damit direkt in Verbindung stehenden Versuche [6]

DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

Herausforderungen während der Bauausführung

Die praktische Umsetzung stellte die Projektbeteiligten vor zahlreiche Herausforderungen. Da vergleichbare Referenzprojekte nicht existierten, mussten viele Arbeitsschritte erstmalig entwickelt und getestet werden.

Besondere Bedeutung kam der pneumatischen Membran zu. Bereits kleinste Beschädigungen hätten die Druckverhältnisse während des Hebevorgangs negativ beeinflussen können. Daher waren umfangreiche Schutzmaßnahmen erforderlich.

Auch die Betonage stellte hohe Anforderungen an die Baustellenorganisation. Um eine gleichmäßige Qualität sicherzustellen, musste die Herstellung der Platte innerhalb eines begrenzten Zeitfensters erfolgen. Gleichzeitig waren Witterungseinflüsse zu berücksichtigen. Teilweise erfolgte die Bauausführung unter winterlichen Bedingungen. Aus diesem Grund kam ein beheiztes Schutzzelt zum Einsatz, um geeignete Temperaturen für die Betonherstellung sicherzustellen. Abbildung 6 zeigt die Betonage der ebenen Platte.



▲ Abbildung 6 Herstellung der ebenen Platte für die Probeschale © Benjamin Kromoser

Der eigentliche Hebevorgang bildete schließlich den Höhepunkt des gesamten Bauprozesses. Unter kontinuierlicher Beobachtung wurde die Konstruktion schrittweise innerhalb weniger Stunden in ihre endgültige Form überführt. Abbildung 7, 8 und 9 zeigen die fertig gestellte Bahnstrecke mit der Probeschale sowie die fertig gestellte Wildbrücke.



▲ Abbildung 7 Fertiggestellte Bahnstrecke mit Probeschale ; © Pachoinig



▲ Abbildung 8 Fertig gestellte Wildbrücke von außen © Benjamin Kromoser



▲ Abbildung 9 Fertig gestellte Wildbrücke von Innen © Benjamin Kromoser

INNOVATION IM BRÜCKENBAU

DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

Der Ausschreibungsprozess

Die Umsetzung dieses innovativen Bauverfahrens wurde im Rahmen eines 2-stufigen Verhandlungsverfahrens mit öffentlicher Bekanntmachung ausgeschrieben.

Eine Herausforderung bei der Ausschreibung war die Definition von entsprechenden Referenzen, die auf das spezifisch erforderliche Know-How für die Herstellung dieses innovativen Projektes abzielten. Es wurden u.a. folgende Referenzen als Grundlage für die Teilnahme verlangt:

- Errichtung einer Spannbetonbrücke mit einer Spannweite von 40 m, Gesamtbreite von mind. 6 m
- händisch geglätteter Aufbeton auf geneigten oder gekrümmten Flächen: Fläche im Ausmaß von mindestens 200 m2 mit einer Neigung von mindestens 30 Grad
- Einbau von nichtmetallischen Bewehrungsstäben (Glasfaserstäbe, Carbonstäbe oder Basaltstäbe) im Ausmaß von mindestens 500 lfm

Im Rahmen der Verhandlungsrunde galt es einige technische Fragen u.a. zur Qualitätssicherung und Maßnahmen zur Minimierung von Risiken auszuarbeiten, die in weitere Folge bewertet wurden.

Beispielhaft sind folgend einige Fragestellungen angeführt:

- Sicherung der Objekte / Baustoffe / Materialien vor ungewollten mechanischen Einflüssen und Witterungseinflüssen (Folie, Beton, Bewehrung etc.)
- Maßnahmen zur Gegensteuerung bei Problemen beim Hebevorgang
- Vorgesehenes Konzept für das Ausbreiten, Glätten und genaue Positionierung des Hebepneus
- Vorgesehene Herstellung der keilförmigen Schalungen
- Vorgesehen Regelung des Drucks im Hebepneu
- Herausforderungen im Zusammenhang mit der Betontechnologie (Qualitätssicherung)
- Notfallplan zur Gewährleistung stabiler Druck- und Spannverhältnisse in der arbeitsfreien Zeit sowie Maßnahmen im Fall von Geräteausfall

Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit

Neben ihrer technischen Innovationskraft überzeugt die Wildbrücke vor allem durch ihre Nachhaltigkeitsbilanz. Die materieleffiziente Tragwerksform der Schalenkonstruktion ermöglicht eine deutliche Verringerung des Materialeinsatzes. Im Vergleich zu konventionellen Rahmenbauwerken konnten etwa 50 Prozent der Betonmenge sowie rund 65 Prozent des Bewehrungsstahls eingespart werden.

Diese Einsparungen wirken sich unmittelbar auf die Umweltbilanz aus. Weniger Material bedeutet geringere Emissionen bei der Herstellung. Insgesamt zeigt das Projekt eindrucksvoll, welches Potenzial in materialeffizienten Tragwerksformen für die Erreichung zukünftiger Klimaschutzziele steckt.

Für die Ermittlung des Carbon Footprints der Freiformschale wurde der tatsächliche Beton- und Bewehrungsstahleinsatz mit jenem einer vergleichbaren Wildquerung in konventioneller Rahmenbauweise verglichen. Als Referenzbauwerk diente die im Abschnitt Aich-Mittlern der Koralmbahn gelegene Wildquerung „AM5“. Die Datengrundlage des Rahmentragwerks setzt sich aus tatsächlich abgerechneten Mengen sowie ergänzenden Modellannahmen für nicht dokumentierte Bauteile und Leistungen zusammen.

Die Berechnung der Ökobilanz erfolgte auf Grundlage der ISO 14040/44 für die Herstellungsphase der Bauwerke. Die Daten für das Rahmentragwerk wurden teils aus realen Werten und teils aus fiktiven Ansätzen übernommen.

In der Ökobilanz wurden die Ergebnisse nach den folgenden Hauptkategorien getrennt ausgewiesen:

- Beton
- Bewehrungen
- Transporte
- Sonstiges

Unter der Kategorie „Sonstiges“ wurden folgende Bauteile und Materialien zusammengefasst:

- Abdichtung 3 lagig

INNOVATION IM BRÜCKENBAU

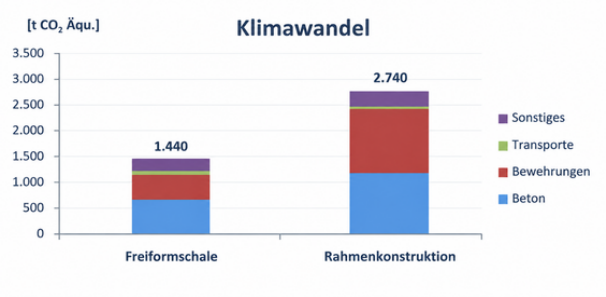
DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

- Anschüttung
- Bentonit
- Betonbeschichtung
- Geotextil
- GFK
- Hinterfüllung
- Schüttmaterial
- Steinsatz

Die Rahmenkonstruktion verursacht in etwa doppelt so hohe Umweltauswirkungen wie die Freiformschale. Maßgeblich dafür verantwortlich sind die deutlich höheren Mengen der Materialien Beton und Bewehrungsstahl. Dies gilt auch für die Umweltwirkungen Eutrophierung und Versauerung.

Der Carbon Footprint der realisierte Freiformschale beträgt 1.440 t CO_2-Äquivalente. Für die herkömmliche Bauweise von Wildquerungen mittels Rahmenkonstruktion wurden 2.740 t CO_2-Äquivalente ermittelt. Pro Wildquerung können demnach 1.300 t CO_2-Äquivalente eingespart werden. Hauptverantwortlich dafür sind die deutlich höheren Mengen der Materialien Beton und Bewehrungsstahl.

Diese Einsparung entspricht ca. 175 PKW Reisen um die ganze Welt.



▲ Abbildung 10 Gesamtergebnis Klimawandel; Quelle: ÖKOPLUS GmbH

Der Beitrag zur Eutrophierung der realisierten Freiformschale wird mit 0,44 t Phosphat-Äquivalenten berechnet. Die Rahmenkonstruktion verursacht mit 0,86t Phosphat-Äquivalenten etwa doppelt so hohe Umweltauswirkungen im Wirkungspotenzial Eutrophierung.
Eutrophierung beschreibt die übermäßige Anreicherung von Nährstoffen in Gewässern und Böden, die zu Beeinträchtigungen von Ökosystemen führen kann.

Der Beitrag zur Versauerung der realisierten Freiformschale beträgt 3,3 t SO_2-Äquivalente. Die Rahmenkonstruktion verursacht mit 6,8 t SO2-Äqu. etwa doppelt so hohe Umweltwirkungen in der Wirkungskategorie Versauerung. Eine Versauerung kann sowohl in terrestrischen als auch in aquatischen Systeme eintreten. Verantwortlich sind die Emissionen säurebildender Substanzen.

Bedeutung für Forschung und Ausbildung

Die Wildbrücke besitzt nicht nur praktische Bedeutung für den Infrastrukturbau, sondern auch einen hohen wissenschaftlichen Wert. Die während Planung und Bauausführung gewonnenen Erkenntnisse liefern wichtige Grundlagen für zukünftige Forschungsarbeiten. Insbesondere die Verbindung von digitaler Simulation, innovativer Tragwerksplanung und nachhaltigem Bauen eröffnet neue Perspektiven für das Bauingenieurwesen.
Darüber hinaus dient das Projekt Studierenden und Forschenden als anschauliches Beispiel für die erfolgreiche Umsetzung wissenschaftlicher Forschung in einem realen Infrastrukturprojekt.

So fand etwa auch eine Vermessungsübung des Instituts für Geodäsie der TU Wien vor Ort statt. Durch die spezielle Form stellt die Vermessung der Probeschale eine besondere Herausforderung dar.

Internationale Anerkennung

Die technische und wissenschaftliche Bedeutung des Projekts blieb auch auf internationaler Ebene nicht unbemerkt. Sowohl die Probeschale als auch die spätere Wildbrücke wurden mehrfach ausgezeichnet und in Fachkreisen intensiv diskutiert. Die Auszeichnungen würdigen insbesondere die Verbindung aus innovativer Ingenieurtechnik, ressourceneffizientem Bauen und ökologischer Verantwortung.

"Special Mention" für die „Manta" Schale – FIB (International Federation for Structural Concrete) Award for outstanding concrete structures beim fib Kongress in Melbourne im Jahr 2018. Prof. Dr. Benjamin Kromoser wurde für seine Arbeit am Projekt der Achievement Award for Young Engineers (AAYE) vom fib (Fédération internationale du béton / International Federation for Structural Concrete) im Jahr 2019 verliehen.

INNOVATION IM BRÜCKENBAU

DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

Der IENE (internationalen Konferenz des europäischen Netzwerks für Infrastruktur &Ökologie) Award wiederum würdigt innovative Projekte, die bei der Errichtung von Verkehrsinfrastruktur ökologische Maßnahmen mitberücksichtigen.

Das Projekt gilt heute als Beispiel dafür, wie Forschungsergebnisse erfolgreich in die Praxis übertragen werden können und wie innovative Bauweisen einen Beitrag zur nachhaltigen Transformation des Bauwesens leisten. Abbildung 11 zeigt die fertig gestellt Wildbrücke aus der Luft.

Fazit

Die Wildbrücke der Koralmbahn ist weit mehr als eine Querungshilfe für Wildtiere. Sie steht beispielhaft für eine neue Generation von Infrastrukturprojekten, bei denen technische Innovation, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit gleichermaßen berücksichtigt werden.

Mit dem erstmaligen Einsatz des neuen Bauverfahrens „Pneumatic Forming of Hardened Concrete" im Großmaßstab gelang der erfolgreiche Transfer einer wissenschaftlichen Idee in die Praxis. Das Ergebnis ist ein ressourceneffizientes, architektonisch anspruchsvolles und international anerkanntes Bauwerk.



▲ Abbildung 11 Luftbild der fertig gestellten Wildbrücke an der Koralmbahn; © Pachoinig

Literaturhinweise

- Infoplakat Probeschale – Designkollektiv GmbH
- Ökobilanz Freiformschale – Dr. Wolfgang Stark, Ökoplus GmbH
- Baubeschreibung Baulos 62.2 – Freiformschale AM2 und Deponie Einersdorf
- Presseaussendung ÖBB –„Applaus, Applaus: Internationale Auszeichnung für „Wildbrücke Aich" an der Koralmbahn"
- IENE 2022 - Submission for the IENE project award – ÖBB
- Der Artikel wurde mit KI-Unterstützung generiert

Wissenschaftliche Literatur

[1] Kromoser, Benjamin, und Johann Kollegger. 2014. „Herstellung von Schalentragwerken aus Beton mit der "Pneumatic Wedge Method"". Beton- und Stahlbetonbau 109 (8): 557–65. https://doi.org/10.1002/best.201400014.

[2] Kromoser, Benjamin, und Johann Kollegger. 2015a. Application Areas for Pneumatic Forming of Hardened Concrete. 58 (3): 187–98.

[3] Kromoser, Benjamin, und Johann Kollegger. 2015b. „Pneumatic forming of hardened concrete – building shells in the 21st century". Structural Concrete 16 (2): 161–71. https://doi.org/10.1002/suco.201400057.

[4] Kromoser, Benjamin, und Johann Kollegger. 2017. „Aktives Verformen von ausgehärteten Betonelementen zur Herstellung von räumlich gekrümmten Betonflächen". Beton- und Stahlbetonbau 112 (2): 106–15. https://doi.org/10.1002/best.201600049.

[5] Kromoser, Benjamin, und Johann Kollegger. 2018. „Entwurf, Geometrieoptimierung und Bemessung der Wildbrücke AM2 hergestellt mit PFHC". Beton- und Stahlbetonbau 113 (2): 88–95. https://doi.org/10.1002/best.201700068.

[6] Kromoser, Benjamin, und Johann Kollegger. 2019. „Die praktische Umsetzung von neuen ressourceneffizienten Bauverfahren als Katalysator für Innovation im konstruktiven Ingenieurbau". ce/papers 3 (2): 94–102. https://doi.org/10.1002/cepa.960.

INNOVATION IM BRÜCKENBAU

DIE PNEUMATISCH VERFORMTE WILDBRÜCKE DER KORALMBAHN ALS VORZEIGEPROJEKT NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR

[7] Kromoser, Benjamin, Johann Kollegger, Hannes Kari, Karin Gradenegger, und Martin Ganster. 2018. „Ein innovatives Betonschalenbauverfahren in Anwendung: Herstellung der Wildbrücke AM2 mit PFHC". Beton- und Stahlbetonbau 113 (3): 222–32. https://doi.org/10.1002/best.201700069.

[8] Preisinger, Clemens, Johannes Harrer, Camillo Ressl, und Johann Kollegger. 2005. „Stahlbetonschalen ohne Schalung – ein neuer Weg im Schalenbau". Beton- und Stahlbetonbau 100 (1): 31–38. https://doi.org/10.1002/best.200590005.



Dipl.-Ing. Karin Gradenegger, studierte an der TU Graz Wirtschaftsingenieurwesen - Bauwesen. Sie ist für die ÖBB-Infrastruktur AG als Projektkoordinatorin tätig. Über viele Jahre war sie als Projektkoordinatorin beim Großprojekt Koralmbahn für den Abschnitt Aich-Mittlern verantwortlich und begleitete dabei zahlreiche Planungs-, Genehmigungs- und Bauprozesse sowie die Umsetzung des innovativen Projekts „Freiformschale". Ihr beruflicher Fokus liegt in der Koordination unterschiedlicher Projektbeteiligter, der Steuerung technischer und organisatorischer Abläufe sowie der erfolgreichen Umsetzung komplexer Infrastrukturmaßnahmen in der ÖBB-Infrastruktur AG. Derzeit verantwortet sie die Planung und Realisierung von Infrastrukturprojekten in Kärnten und der Steiermark und begleitet diese von der Planungsphase bis zur baulichen Umsetzung.



Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Johann Kollegger, studierte Bauingenieurwesen in Graz und Berkeley (USA) und war danach mehrere Jahre in der Bauwirtschaft in Deutschland tätig. Von 1998 bis 2024 war er Universitätsprofessor für Stahlbeton- und Massivbau an der TU Wien und leitete dort die Forschungsgruppe Betonbau bzw. auch abschnittsweise das Institut für Tragkonstruktionen. Bekannt wurde er insbesondere durch innovative Bauverfahren mit besonderem Fokus Brückenbau wie das Brückenklappverfahren (Balanced Lift Method) oder Pneumatic Forming of Hardened Concrete, die erstmals gemeinsam mit der ASFINAG und ÖBB umgesetzt wurden. Er war Leiter von einer großen Anzahl von Forschungsprojekten und ist Erfinder von zahlreichen Patenten. Seit Oktober 2024 ist er emeritiert und arbeitet in der Kollegger GmbH an den ersten Projekten mit dem LT-Brückenbauverfahren.



Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Benjamin Kromoser B.Sc., studierte an der TU Wien Bauingenieurwesen und arbeitete anschließend als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Tragkonstruktionen, wo er 2015 promovierte. Danach forschte er bis 2018 als Post-Doc an der TU Wien und am ILEK an der Universität Stuttgart. Von 2018 bis 2022 war er Fischer Stiftungsprofessor für Biobasiertes Konstruieren und ist seit 2022 Professor für Ressourceneffizienten Hochbau und Leiter des neu gegründeten Instituts of Green Civil Engineering an der BOKU. Er war und ist Leiter von einer Vielzahl an großvolumigen Forschungsprojekten und ist auch Sprecher der Doctoral School BUILD.NATURE an der BOKU sowie wesentlicher Entwickler des neuen Green Building Engineering Masterstudiums.

© Foto BOKU

INFRASTRUKTURFINANZIERUNG

KORALMBAHN - KOSTENSTABILITÄT ÜBER JAHRZEHNTE

VON K. SCHREINER

Zusammenfassung

Die Planung und Realisierung von Infrastruktur-großprojekten erfordert langfristig belastbare Kosten-prognosen trotz bestehender Unsicherheiten in frühen Projektphasen. Der vorliegende Beitrag erläutert am Beispiel der Koralmbahn die Voraussetzungen für eine nachhaltige Kostenstabilität über den gesamten Projektlebenszyklus. Im Fokus stehen die Bedeutung einer strukturierten Projektorganisation, einer fundierten Kostenermittlung, eines integrierten Projektcontrollings sowie einer systematischen Risiko- und Kosten-steuerung. Die Analyse zeigt, dass die Einhaltung langfristiger Kostenziele wesentlich vom Zusammenspiel der Projektmanagementprozesse, geeigneter Steuer-ungsinstrumente und klar definierter Verantwort-lichkeiten abhängt. Die dargestellten Erkenntnisse liefern einen praxisorientierten Beitrag zum Management komplexer Infrastrukturvorhaben.

Die Herausforderung großer Infrastrukturprojekte: Die Zahl, die bleibt!

Bei der Realisierung von großen Infrastrukturvorhaben entsteht ein Spannungsfeld, das Projektmanager, Ingenieure und politische Entscheidungsträger gleichermaßen herausfordert. Es wird von den Projektverantwortlichen eine belastbare Kostenzahl zu einem Zeitpunkt erwartet, an dem wesentliche Parameter des Projekts noch nicht endgültig definiert oder bekannt sind. Zu Beginn eines solchen Groß-projektes haben bestimmende Faktoren wie die Trassenführung, behördliche Genehmigungsverfahren, geologische Baugrundrisiken, komplexe Bauphasen, künftige Marktpreise und die schlussendlich gewählten technischen Lösungen noch Unschärfen. Diese Grund-lagen gewinnen erst im Laufe der Planungs- und Bauphasen an Schärfe und Detailtiefe.

Großprojekte benötigen daher früh Kostenaussagen, obwohl Planung, Baugrund, Markt und Termine noch Unsicherheiten enthalten.

Dennoch bleibt genau diese allererste, oft unter hohem Druck kommunizierte Zahl im öffentlichen Gedächtnis. Sie wird zum Referenzwert, an dem das gesamte Projekt noch Jahrzehnte nach seiner ersten Planungsphase gemessen wird.

Diese Fixierung der Öffentlichkeit und der Medien auf den ersten Schätzwert gilt meist unabhängig davon, ob sich in der Zwischenzeit wesentliche Randbedingungen wie der inhaltliche Projektumfang, die zugrunde liegende Preisbasis oder gar gesetzliche und behördliche Vor-gaben verändert haben.

Die zentrale Frage für das Management von großen Infrastruktuprojekten lautet demnach:

- „Wie kann eine solche frühe Prognose bis zum tatsächlichen Projektende belastbar und verlässlich gehalten werden?“

Das Projekt der Koralmbahn tritt den bemerkenswerten Beweis an, dass dieses Spannungsfeld beherrschbar ist und Großprojekte nicht zwangsläufig in unkon-trollierbaren Kostenexplosionen enden müssen. Die historische Ausgangsbasis bildete die erste gesamt-heitliche Kostenschätzung aus dem Jahr 2005, die bei rund 5,4 Milliarden Euro lag. Betrachtet man die Kosten für diesen ursprünglichen Projektumfang rund zwanzig Jahre später, inflationsbereinigt, so liegen diese am Ende bei etwa 5,5 Milliarden Euro.

Dass sich die Kosten für ein so großes und anspruchsvolles Vorhaben wie der Koralmbahn über mehrere Jahrzehnte derart stabil halten, ist im internationalen Vergleich außergewöhnlich.

Allerdings darf diese Stabilität nicht als selbstverständlich gesehen werden. Im Laufe der Projektlaufzeit wurden sinnvolle und notwendige Ergänzungen vorgenommen, insbesondere die Inte-gration des Abschnitts Feldkirchen–Weitendorf. Diese später ergänzten Projektinhalte müssen in einer korrekten und transparenten Vergleichsbasis getrennt ausgewiesen werden. Einschließlich dieser ergänzten Projektteile wurden schlussendlich rund 5,9 Milliarden Euro investiert. Die Aussage einer „Punktlandung” ist somit nur dann fachlich seriös und belastbar, wenn eine vergleichbare Basis vorhanden ist.

Zu jeder Kostenzahl, die genannt wird, gehören daher untrennbar vier Parameter:

- klar definierter Projektumfang,
- eindeutiger Stichtag,
- ausgewiesene Preisbasis
- präzise Angabe enthaltener Kostenbestandteile.

INFRASTRUKTURFINANZIERUNG

KORALMBAHN - KOSTENSTABILITÄT ÜBER JAHRZEHNTE

Neue, vom Besteller gewünschte Projektinhalte sind keine Kostenüberschreitung des ursprünglichen Auftrags. Ebenso wenig darf jede nominelle Erhöhung der Endsumme als reale Verteuerung gewertet werden, wenn sie schlichtweg aus der Veränderung aus der Inflation, über zwei Jahrzehnte resultiert. Eine seriöse Erfolgsaussage muss somit zwischen

- echten Kostenänderungen,
- reiner Valorisierung und
- inhaltlichen Änderungen des Projektumfangs differenzieren.

Kostenstabilität bedeutet in diesem Sinne nicht, dass jede Einzelposition über Jahrzehnte statisch und unverändert bleibt, sondern dass Veränderungen transparent erfasst, sachgerecht zugeordnet und die erwarteten Endkosten verlässlich innerhalb eines definierten und nachvollziehbaren Bereichs gesteuert werden.

Ein integriertes Projektmanagementsystem als Grundlage der Kostenstabilität

Grundsätzlich lässt sich die Kostenstabilität der Koralmbahn nicht auf eine einzelne isolierte Methode, ein spezifisches IT-System oder eine besonders konservative Ausgangszahl reduzieren. Sie war das systematische Ergebnis eines tief integrierten Projektmanagementsystems. Das professionelle Projektmanagement des ÖBB Geschäftsbereichs Projekte Neu-/Ausbau beruht dabei nicht auf kurzfristigen Management-Trends, sondern auf vier fest miteinander verwobenen Säulen:

- Einem hochqualifizierten Team, das von einer tragfähigen, vertrauensvollen Kultur getragen wird.
- Nachvollziehbaren, klaren Vorgaben und standardisierten Prozessen.
- Einer maßgeschneiderten, an das Projekt angepassten Organisation.
- Den passenden, technologisch fortschrittlichen Methoden und Werkzeugen.

Erst im Gleichgewicht dieser vier Elemente entsteht ein robustes System, das auch unter stark wechselnden, krisenhaften Bedingungen stets handlungsfähig bleibt. Nicht ein einzelnes Werkzeug, sondern das harmonische Zusammenspiel des gesamten Systems ermöglichte die stabile Umsetzung.



▲ Abbildung 1 Elemente eines professionellen Projektmanagement-Systems im GB PNA

Klar definierter Projektauftrag und belastbare Kostenschätzung auf Basis einer Endkostenprognose

Am Beginn des Projektes stand ein klarer Projektauftrag. Ein hochkomplexes Infrastrukturvorhaben wie das der Koralmbahn benötigt eine eindeutige, gesamtheitliche Verantwortlichkeit. Dieser Projektauftrag definiert Projektstart, das Projektende, die übergeordneten Ziele, die genauen Inhalte, die zur Verfügung stehenden Ressourcen, das Budget und auch die Handlungsspielräume der Akteure.

Um ein solches Großprojekt über Jahrzehnte verlässlich steuern zu können, muss die Projektstrukturierung stabil genug für historische Datenvergleiche sein, aber flexibel genug, um neue und unvorhergesehene Erkenntnisse integrieren zu können.

Das zentrale Instrument hierfür ist der Projektstrukturplan, der das Gesamtvorhaben in planbare, für das Kosten- und Termincontrolling geeignete Einheiten und Arbeitspakete zerlegt. In den Systemen müssen diese logischen Einheiten so aufgebaut sein, dass Soll-Ist- und Soll-Plan-Vergleiche über den gesamten Lebenszyklus der Koralmbahn denselben Bezugsrahmen behalten.

Für eine belastbare Kostengrundlage benötigt man eine fundierte Kostenermittlung. Die Kostenermittlung selbst umfasst detaillierte Massenermittlungen, validierte Einheitskosten, kalkulatorische Ansätze für noch unberücksichtigte Leistungen, tiefgreifende Risikoanalysen sowie eine konkrete Mittelabflussplanung auf einheitlicher Preisbasis.

INFRASTRUKTURFINANZIERUNG

KORALMBAHN - KOSTENSTABILITÄT ÜBER JAHRZEHNTE

Kostenermittlung bei Großvorhaben darf nicht als einmaliger, isolierter Akt verstanden werden. Sie entwickelt sich mit dem anwachsenden Projektwissen. Die Methodik der ÖBB unterscheidet dabei verschiedene Tiefen:

- grobe Kostenannahme, meist in der sehr frühen Phase der Infrastrukturentwicklung,
- die Kostenschätzung,
- die Kostenberechnung,
- die operative Kostenverfolgung in der Bauphase
- die abschließende Kostenfeststellung nach Projektabschluss.

Diese Stufen entsprechen den Projektphasen und dem jeweiligen Planungsfortschritt. Frühe Ermittlungen stützen sich auf vorliegende Kennwerte und übergeordnete Grobelemente. Mit zunehmender Detailtiefe der Planung werden diese durch Feinelemente, exakt berechnete Mengen, ev. unterzeichnete Verträge und konkrete Leistungsverzeichnisse ersetzt. In der Realisierungsphase werden die Kosten in Form von Kostenverfolgungen schließlich periodisch fortgeschrieben.

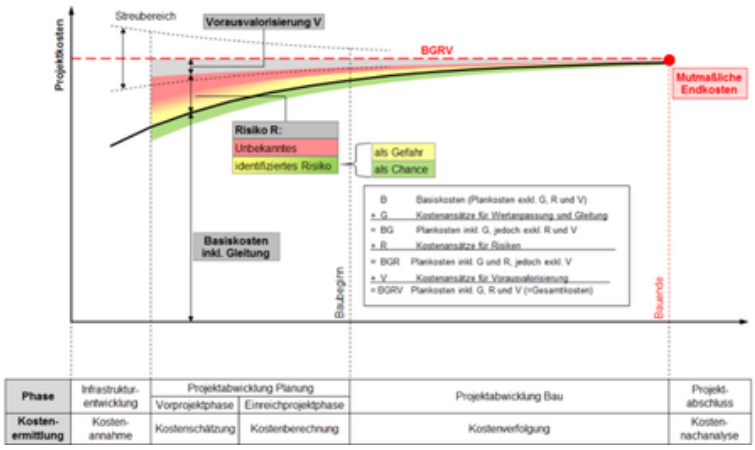
Der entscheidende qualitative Faktor ist, dass die jeweils kommunizierte Zahl den tatsächlichen Kenntnisstand realistisch abbildet. Zu jeder Ermittlungsstufe gehören untrennbar eine Terminplanung und eine in der Detailtiefe korrespondierende Risikoanalyse.

Die finanziellen Projektkosten werden in der Systematik in vier Hauptbestandteile gegliedert, was als das **BGRV-Modell** bezeichnet wird:

- **Basiskosten (B):** Diese bewerten den definierten Projektinhalt zu einer festgelegten Preisbasis.
- **Gleitung und Wertanpassung (G):** Dieser Faktor bildet die Marktpreisentwicklung, wie beispielsweise Inflation und veränderte Rohstoffpreise, transparent ab.
- **Risiken (R):** Die Risikovorsorge schafft den finanziellen Wert für künftig mögliche, aber noch nicht sicher eingetretene Abweichungen vom idealen Planverlauf. Hier erfolgt die Unterscheidung in Risken auf Ebene des Gesamtvorhabens (R2) und Risiken auf Ebene einzelner Vorhabensteile (R1).
- **Vorausvalorisierung (V):** Dieser vorausschauende Wert berücksichtigt die statistisch erwartete zukünftige Preisentwicklung bis zum tatsächlichen, in der Zukunft liegenden Beschaffungs- und Leistungszeitpunkt.

Zusammengeführt ergeben diese vier Bestandteile die sogenannte endvalorisierte Sicht (BGRV), welche die Endkosten des Projekts darstellt. Diese sind auch so im ÖBB-Infrastruktur-Rahmenplan abgebildet. Das Ziel dieser Methodik ist es nicht, überdimensionierte Sicherheitspolster anzuhäufen, um sich später für scheinbare Einsparungen loben zu lassen. Das Ziel ist es einzig und allein, die Endkosten eines über Jahrzehnte laufenden Projekts maximal realistisch und verlässlich vorherzusagen.

- „Zu Beginn sagen können, was es am Ende gekostet haben wird."



▲ Abbildung 2 Schematische Darstellung der zeitlichen Entwicklung von Kostenbestandteilen bei gleich bleibenden Projektzielen.

Kontinuierlicher Steuerungskreislauf als Bestandteil des Projektcontrolling

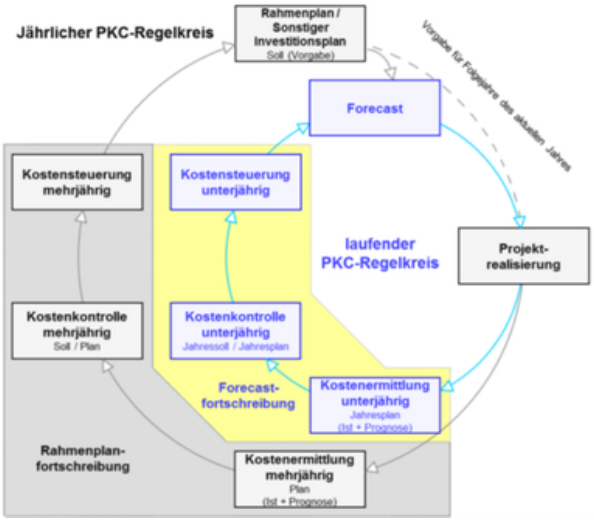
Aufbauend auf eine fundierte Kostenermittlung folgte man beim Projektcontrolling der Koralmbahn einem stetig wiederkehrenden Regelkreis, der langfristige Strategie mit kurzfristiger, operativer Agilität verbindet. Dieser Kreislauf umfasst vier Kernphasen: Planung als Soll-Vorgabe, Realisierung als Entstehen von Istkosten und Leistungen, Kontrolle als ständiger Soll-Ist- und Soll-Plan-Vergleich sowie Steuerung durch das Ableiten konkreter Maßnahmen.

Werden in der Kontrollphase erwartete Abweichungen identifiziert, werden diese nach ihren Ursachen analysiert: Handelt es sich um eine Valorisierung, eine echte inhaltliche Bestelländerung oder um eine reine Kostenänderung? Die abgeleiteten Maßnahmen wirken dann entweder korrigierend auf die weitere bauliche Realisierung, auf die Umplanung oder im Falle einer

KORALMBAHN - KOSTENSTABILITÄT ÜBER JAHRZEHNTE

bewussten Inhaltsänderung auf die formale Vorgabe des Projektauftrags zurück.

Management und Controlling betreiben diesen iterativen Kreislauf gemeinsam, wobei die Projektleitung die Entscheidungskompetenz trägt und das Controlling die notwendige Ergebnistransparenz liefert.



▲ Abbildung 3 Jährlicher und laufender Projektkostencontrolling-Regelkreis

Für das Großprojekt Koralmbahn verband dieser Steuerungsregelkreis verschiedene Zeithorizonte, um Stabilität zu garantieren:

- **Der Rahmenplan:** Dieser auf 6 Jahre ausgelegte und jährlich rollierend fortgeschriebene Plan der ÖBB gab die Projektgesamtkosten und deren zeitliche Verteilung verbindlich vor. Er schuf die Stabilität und langfristige Finanzierungssicherheit, die notwendig ist, um Planung, behördliche Genehmigungen, Ausschreibungen und den Bauablauf ohne Stop-and-go-Effekte vorzubereiten.
- **Der Forecast:** Dieser konzentrierte sich auf die voraussichtlichen, realen Investitionen des aktuell laufenden Geschäftsjahres.

Ein Projekt kann in seinen theoretischen Gesamtkosten völlig korrekt prognostiziert sein und trotzdem im laufenden Geschäftsjahr einen falschen Mittelbedarf melden, weil sich Bauphasen verschoben haben. Umgekehrt kann ein Jahresbudget eingehalten werden, obwohl die Endkostenprognose bereits unbemerkt aus dem Korridor läuft. Beide Dimensionen – Gesamtstabilität und Jahresliquidität – sollten synchron betrachtet werden, denn jede neue Vergabe benötigt eine finanzielle Deckung im laufenden Budget, in den Jahresscheiben des Rahmenplans sowie in den genehmigten Projektgesamtkosten.

Eine besondere Rolle in diesem Regelkreis nimmt die Zeit ein, denn bei einem jahrzehntelangen Projekt ist die Zeit selbst ein massiver Kostenfaktor. Basiskosten beziehen sich stets auf eine in der Vergangenheit definierte Preisbasis, die tatsächliche Beschaffung von Stahl, Beton oder Arbeitskraft erfolgt jedoch oft Jahre später und verteilt sich über lange Zeiträume. Die Vorausvalorisierung schlägt hier nicht einfach pauschale Prozentwerte auf, sondern prognostiziert die Marktentwicklung entlang des realistischen Mittelabflussplans. Verschiebt sich eine Bauleistung terminlich, verändert sich aufgrund von Inflation und Baupreisindizes der erwartete Endwert erheblich. Diese scharfe Differenzierung zwischen echter inhaltlicher Projektvergrößerung und reiner Inflation ist für eine faire Vergleichbarkeit wichtig.

Die Praxis zeigt: Eine rein technische Planungsänderung kann weitreichende Folgen für den Zeitplan haben. Diese Terminverschiebung wiederum beeinflusst unweigerlich die Vorausvalorisierung, die vertragliche Preisgleitung, die zeitabhängigen Baustellengemeinkosten und den Liquiditäts- bzw. Mittelabfluss. Ein wirkungsvolles Controlling zeichnet sich dadurch aus, dass es diese komplexen Kausalketten erkennt und bewertet, noch bevor es sich später in zusätzlichen Mehrkostenforderungen der Auftragnehmer niederschlagen.

In diesem Verständnis ist Projektcontrolling kein nachgelagerter und rein buchhalterischer Kontrollvorgang. Es fungiert als zentraler, aktiver Steuerungsprozess innerhalb des Projekts. Inhalt, Qualität, Termine, Kosten und Risiken werden hierbei nicht isoliert betrachtet, sondern in ihren direkten Wechselwirkungen.

Der Project Cost Engineer als betriebswirtschaftlicher Lotse

Für die Kostenstabilität ist somit ein laufendes, proaktives Projektcontrolling notwendig. Beim Projekt

KORALMBAHN - KOSTENSTABILITÄT ÜBER JAHRZEHNTE

Koralmbahn wurde dies über eine Schlüsselfunktion, einem Project Cost Engineer (PCO), erfüllt.

Der PCO ist keine externe, nachträgliche Prüfinstanz oder reiner Verwalter, sondern integrales Mitglied der Projektleitung. Der PCO war direkt in die gesamtheitliche Verantwortung für Projektinhalte, Termine, Kosten und den kritischen Mittelabfluss eingebunden. Diese Rolle verlangte nicht nur wirtschaftliche Fach- und Methodenkompetenz, sondern vor allem die Fähigkeit zur lateralen Führung. Der PCO musste proaktiv Informationen einfordern, abweichende Sichtweisen moderieren und Datenqualitäten sichern, ohne gegenüber den Fachexperten hierarchisch weisungsbefugt zu sein.

Die Aufgabe des PCO bestand darin, komplexes technisches Projektwissen in belastbare, verlässliche Zahlen zu übersetzen. Ob geologische Erkenntnisse, veränderte Bauphasen, unvorhergesehene Mengenänderungen, drohende Terminverschiebungen, strittige Vertragsfragen oder erste Warnhinweise in den Bautagesberichten – all diese Informationen mussten auf ihre finanzielle Wirkung hin bewertet und erfasst werden.

Eine Zahl im Controllingsystem war immer nur so gut wie der menschliche Informationsfluss, der ihr vorausging. Der permanente Austausch mit dem Baumanagement, der örtlichen Bauaufsicht, den Planern sowie weiteren Projektbeteiligten war daher Grundlage des Controllings.

Der PCO fungierte in diesem System als Frühwarnsystem, Übersetzer und betriebswirtschaftlicher Lotse zugleich. Er war ein Frühwarnsystem, weil sich finanzielle Abweichungen oft lange vor einer offiziellen Forderung in einem verfehlten Terminmeilenstein oder einem kritischen Baubucheintrag zeigten. Er war ein Übersetzer, weil er die Fachsprache der Ingenieure, Geologen und Juristen in messbare Zahlen der Kostenlogik transferierte. Und er war der Lotse, der das Gesamtprojekt sicher durch die Stichtage, Datenstände und Freigabeprozesse navigierte. Der PCO traf keine bautechnischen Entscheidungen anstelle der zuständigen Ingenieure; er machte jedoch transparent, welche wirtschaftlichen Konsequenzen diese Entscheidungen nach sich zogen und ob sie den genehmigten Kostenrahmen sprengten.

Bauloscontrolling und aktive Risikobewirtschaftung in der Praxis

Die belastbare Gesamtprognose eines Megaprojekts entsteht somit nicht theoretisch in der Zentrale, sondern direkt vor Ort – in den einzelnen Baulosen und Verträgen der Baustelle. Dort wird die theoretische Prognose zur Realität. Eine der kritischsten Phasen für die Kostenstabilität ist der fließende Übergang von der planungsorientierten Kostenermittlung zur ausführungsorientierten Kostenverfolgung.

Elemente, die in der Planungsphase als Objekt oder Vorhabenteil kalkuliert wurden, müssen in der Realisierungsphase den tatsächlichen Vergabe- und Baulospaketen zugeordnet werden inklusive dessen Risikoeinschätzung. Nur durch diese nahtlose Übersetzung lässt sich erkennen, ob ein späteres Vergabeergebnis, eine bauliche Mengenentwicklung oder eine geforderte Zusatzleistung noch innerhalb der ursprünglichen Prognose liegt. Der Project Cost Engineer aktualisiert hierbei die Projektkosten im Laufe der Abwicklung und passt an neue Erkenntnisse an, ohne jedoch die benötigte Vergleichbarkeit zu verlieren.

Zu Beginn jeder Ausschreibungs- bzw. Vergabephase wurden somit die Leistungsmengen und deren Kosten sowie die spezifisch eingeschätzten Risiken im Bauloscontrolling erfasst. Im weiteren, jahrelangen Bauverlauf kamen kontinuierlich Mengenprognosen, Mehrkostenforderungen, absehbare Forderungen, relevante Einträge in Baubüchern, finale Zusatzaufträge und angepasste Finanzabflusspläne hinzu.

Parallel zu regulär stattfindenden Stichtagen der Baustellenberichte fanden interdisziplinäre Expertenrunden statt. In diesen Gremien wurden baulosbezogen bauliche Risiken und Chancen identifiziert, qualitativ sowie quantitativ aktualisiert und detailliert dokumentiert. Die Rolle des PCOs übernahm hier die Aufgabe der Plausibilisierung: Er grenzte noch offene Risiken von bereits eingetretenen, konkretisierten Kosten ab und überführte die finalen Werte in das übergeordnete Monitoringsystem. Tritt ein technisches oder geologisches Risiko tatsächlich ein, wird die konkrete Kostenposition im System erhöht und die abstrakt vorgehaltene Risikovorsorge im selben Moment entsprechend reduziert. Tritt das gefürchtete Risiko hingegen im Bauverlauf nicht ein, wird die finanzielle

KORALMBAHN - KOSTENSTABILITÄT ÜBER JAHRZEHNTE

Vorsorge mit dem wachsenden Projektfortschritt konsequent und transparent reduziert. Die Methodik der Risikobewirtschaftung verzichtete gänzlich auf pauschale, prozentuale Aufschläge und wurde stattdessen exakt an die spezifische Komplexität des jeweiligen Bauloses angepasst.

- Für die hochkomplexen Tunnelrohbaulose wurde die kilometerlange Strecke in abgrenzbare geologische Ereignisabschnitte unterteilt. Die real gewonnenen Ausbruchsdaten und Erkenntnisse aus bereits absolvierten Bereichen wurden auf die noch ausstehenden Vortriebsbereiche übertragen. Man setzte auf probabilistische Analysen. Diese komplexen Simulationen berücksichtigten Eintrittswahrscheinlichkeiten, Schadenshöhen sowie mögliche Kombinationen mehrerer Risiken, um belastbare Kennzahlen zu ermitteln und abzubilden.
- Im Bereich der Bahntechnik, die durch eine deutlich kürzere Realisierungsphase und geringere geologische Unsicherheiten jedoch von hoher Unsicherheit im technologischen Fortschritt und logistischen und zeitlichen Risiken der Inbetriebnahme geprägt war, erfüllte ein pragmatischerer Ansatz mittels Risikoworkshops und einer zentral geführten Risikodokumentation die Anforderungen.

Einheitlich über alle Gewerke hinweg war somit nicht starr die Methodik, sondern der absolute Anspruch auf eine systematische, nachvollziehbare und fortlaufend aktualisierte finanzielle Bewertung. Technisches Risikomanagement und Kostenprognose wurden über das kollektive Wissen des Projektteams tief verbunden. Risiken verlieren ihren Schrecken und werden managementtechnisch beherrschbar, wenn sie sichtbar gemacht, monetär bewertet und in regelmäßigen Zyklen neu beurteilt werden.

Kulturbasierte Managementleistung als weiterer Grundstein der Kostenstabilität

Technologische Werkzeuge, probabilistische Analysemodelle und ausgefeilte Management-Handbücher erzeugen aus sich heraus noch keine verlässliche Kostenwahrheit. Sie sind nur Instrumente, die Informationen verarbeiten, die von Menschen vor Ort auf der Baustelle oder im Planungsbüro erkannt, bewertet und weitergegeben werden. Eine belastbare Kostenprognose setzt daher eine Vertrauenskultur voraus, in der Planabweichungen, Fehler und Bauverzögerungen frühzeitig und angstfrei angesprochen werden können.

Gegenseitige Verlässlichkeit, fachliche Wertschätzung und ein lösungsorientierter, konstruktiver Umgang mit Fehlern sind in einem Großprojekt wie der Koralmbahn wichtige Ergänzungen zur wirtschaftlichen Steuerung. Sie determinieren maßgeblich, wie schnell eine potenzielle Kostenwirkung sichtbar wird und gesteuert werden kann. Was nicht offen angesprochen wird, kann schlichtweg nicht rechtzeitig in rettende Gegenmaßnahmen übersetzt werden.

Organisatorische Maßnahmen wie moderierte Projektstart-Workshops bei den Baulosen, strenge periodische Jour Fixes, Reviews und strukturierte Berichtswege halfen enorm, diese kooperative Projektabwicklung zu fördern.

Ein weiterer, wertvoller Stabilitätsfaktor war die personelle Kontinuität im Team. Bei einem Projekt, das Generationen umspannt, war das vorhandene Erfahrungswissen über technische Historien und vertragliche Vereinbarungen gesichert.

Die Koralmbahn profitierte massiv davon, dass ein lernendes System etabliert wurde, in dem Erfahrungen zwischen den Baulosen strukturiert weitergegeben wurden. Geologische oder vertragliche Erkenntnisse aus früh gestarteten Bauabschnitten flossen direkt in spätere Ausschreibungen, Verträge und Risikobewertungen ein und reduzierten die finanzielle Unsicherheit erheblich. Professionelles Projektmanagement bedeutet in dieser Dimension nicht die utopische Illusion, künftige Überraschungen oder Krisen gänzlich ausschließen zu können. Es bedeutet, ein derart resilientes System zu schaffen, das aufkommende Überraschungen schnell verarbeitet und aus ihnen für die Zukunft lernt.

Fazit für künftige große Infrastrukturvorhaben

Eine wichtigste Erkenntnis, die aus dem Erfolg der Koralmbahn für zukünftige Großprojekte international gezogen werden kann, reicht weit über die Grenzen dieses spezifischen Bauwerks hinaus: Kostenstabilität ist kein statischer Zustand. Sie ist eine tägliche, fortlaufen-

KORALMBAHN - KOSTENSTABILITÄT ÜBER JAHRZEHNTE

de und gemeinsame Teamleistung. Sie entsteht nur dort, wo ein Projekt seinen exakten vertraglichen Inhalt kennt, seine eigenen Risiken und Chancen nicht verdrängt, den Faktor Zeit und künftige Marktpreise realistisch mitrechnet, bauliche Veränderungen unmissverständlich zuordnet und die Managemententscheidung eben auf diese entstandenen Daten stützt. Ein Großprojekt bleibt finanziell stabil, indem es die unvermeidliche Veränderung der Realität mit eingesetztem Management aktiv beherrscht.

Verwendete Unterlagen

[1] ÖBB: Handbuch zur Kostenermittlung (Interne Prozessbeschreibung GP_02,02,02,17_121-03) [Unveröffentlichtes internes Dokument]

[2] ÖBB: Handbuch zum Projektkostencontrolling (Interne Prozessbeschreibung GP_02,02,02,17_121-06) [Unveröffentlichtes internes Dokument]

[3] ÖBB: Verfahrensanweisung Projekt-Cost-Engineering (Dokument-Nr. GP_02,02,02,17_121-01) [Unveröffentlichtes internes Dokument]

[4] ÖBB: Verfahrensanweisung Projektmanagement (Dokument-Nr. GP_02,02,02,17_111-01) [Unveröffentlichtes internes Dokument]

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Elemente eines professionellen Projektmanagement-Systems im GB PNA
Quelle: GP_02,02,02,17_111-01_VA_Projektmanagement, S.4

Abb. 2: Schematische Darstellung der zeitlichen Entwicklung von Kostenbestandteilen bei gleichbleibenden Projektzielen.
Quelle: GP_02,02,02,17_121-03_Handbuch zur Kostenermittlung, S.6

Abb. 3: Jährlicher und laufender Projektkostencontrolling-Regelkreis
Quelle:GP_02,02,02,17_121-06_HB_Projektkostencontrolling, S.9



Mag. Katharina Schreiner, Betriebswirtin, Project Cost Engineer bei der ÖBB-Infrastruktur AG in der Projektleitung Steiermark Mitte, Schwerpunkt Controlling großer Infrastrukturprojekte und Verantwortung für das Kostenmanagement bzw. die Steuerung der Projektkosten.

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

VON E. KATZIANER UND D. SCHUBEL

Herausforderung Koralmtunnel

Der zweiröhrige Koralmtunnel stellt mit seiner Länge von rund 32,9 km das Kernstück der neuen Hochleistungsstrecke zwischen Graz und Klagenfurt dar und ist mit Inbetriebnahme einer der längsten Eisenbahntunnel der Welt. Der Tunnel durchquert das Gebirgsmassiv der Koralpe bei maximalen Überlagerungen von bis zu etwa 1.200 m. Die beiden Tunnelröhren, die einen Regel-Innenradius von 3,95 m aufweisen, verlaufen mit einem Achsabstand von rund 40 m und sind alle 500 m über Querschläge miteinander verbunden. Anlagebedingt liegt in den portalnahen Bereichen ein geringerer Achsabstand vor. Im Zentralteil des Koralmtunnels wurde der Achsabstand auf rund 50 m vergrößert, um Platz für einen zwischen den Streckenröhren situierten, ca. 920 m langen Rettungsraum (Bereich Nothaltestelle) zu ermöglichen.

Bauloseinteilung – grundlegende Überlegungen

Für die Vortriebsarbeiten und die Herstellung der Rohbauauskleidung des Koralmtunnels wurde die Gesamtlänge des Tunnels in 3 Hauptbaulose unterteilt. Dies erfolgte im Wesentlichen anhand von folgenden 3 Kriterien:

Vortriebsmethoden:
Anhand der geologischen Erkundungen wurde die aufzufahrende Länge des Tunnels in Abschnitte mit unterschiedlichen Vortriebsmethoden unterteilt – Bereiche mit zyklischem Vortrieb im Neogen sowie Abschnitte im kristallinen Zentralbereich der Koralpe, die im Wesentlichen im Kontinuierlichen Vortrieb aufgefahren werden konnten.

Bauzeitlicher Aspekt:
Aufgrund der Einteilung in Bauabschnitte wurde eine Optimierung der Gesamtbauzeit erzielt. Von drei unterschiedlichen Angriffspunkten aus konnten auf steirischer Seite bis zu sechs Vortriebe gleichzeitig laufen, zusätzlich wurden auf Kärntner Seite zwei Vortriebe Richtung Graz vorangetrieben. Die so erzielten Gleichzeitigkeiten verkürzten so wesentlich die Gesamtvortriebszeit.

Logistische Günde:
Neben den zwei Baulosen (KAT1 und KAT3), die den Vortrieb von den Portalen im Hangbereich der Koralpe begannen, wurde für das zentrale Baulos KAT2 eine Baustelleneinrichtungsfläche gefunden, deren verkehrstechnisch günstige Lage, angrenzend an die Landesstraßen B74 und B76, einerseits eine leistungsfähige Erschließung an das hochwertige Landestraßennetz ermöglichte, andererseits war durch die nahegelegene Trasse der Regionalbahn der GKB (Graz - Köflacher-Bahn) die Möglichkeit zur Herstellung einer Anschlussbahn gegeben. Somit konnten auch die Vorgaben aus der UVP (Umweltverträglichkeitsprüfung), einen wesentlichen Teil der Massentransporte per Bahn durchzuführen, erfüllt werden.

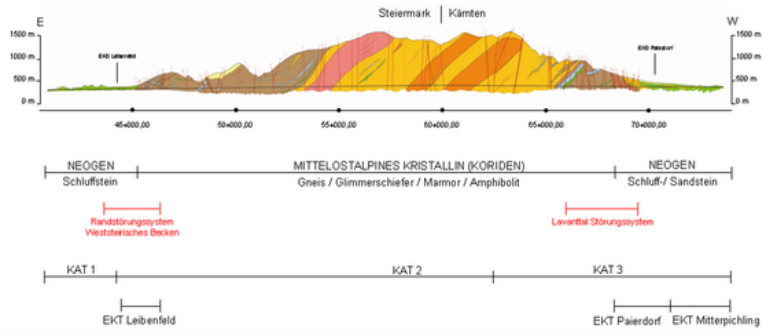
Die Baustellenlogistik erfolgte über einen ca. 60m tiefen Bauschacht, über den die Vortriebe versorgt wurden. Von hier aus wurden die zyklischen Vortriebe bis ins Kristallin aufgefahren, die Montagekavernen für die Tunnelvortriebsmaschinen-Montage errichtet und in jeder Röhre jeweils ca. 17km im kontinuierlichen Vortrieb aufgefahren. Die zwei Gegenvortriebe im NÖT-Vortrieb in Richtung Osten stellten einen schnellen Durchschlag zum Baulos KAT1 her. Mit dieser Durchgängigkeit der beiden Röhren in Richtung Osten konnte das Material, das zur Schüttung der Bahndämme der Freistrecke benötigt wurde, mittels Förderbänder ressourcenschonend gefördert werden.

Geologisches Modell und Vorauserkundung – Gedanken in der Ausschreibungsphase

Im Vorfeld der Hauptbaumaßnahmen wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie, des Trassenauswahlverfahrens, der Erstellung der Einreichunterlagen sowie der Ausschreibung in insgesamt drei Haupt-Erkundungsphasen, jeweils mit geologischen Kartierungen, Kernbohrungen sowie geophysikalischen Messungen ein ausgezeichneter Kenntnisstand über die geologische Zusammensetzung der Koralpe geschaffen. Somit wurden die Voraussetzungen für die Einschätzungen von Risiken und Grundlagen für die Ausschreibungserstellung samt aller erforderlichen Instrumente und Maßnahmen zur Bewältigung der geotechnischen Herausforderungen während der Vortriebsarbeiten geschaffen. Es wurden insgesamt 130 Kernbohrungen mit 21.000lfm gewonnenen Bohrkernen, mit einer maximalen Aufschlusstiefe bis zu 1.160m durchgeführt. Des Weiteren erfolgte eine geologische Kartierung über eine Fläche von 100km² sowie geophysikalische Profile im Gesamtausmaß von 60km.

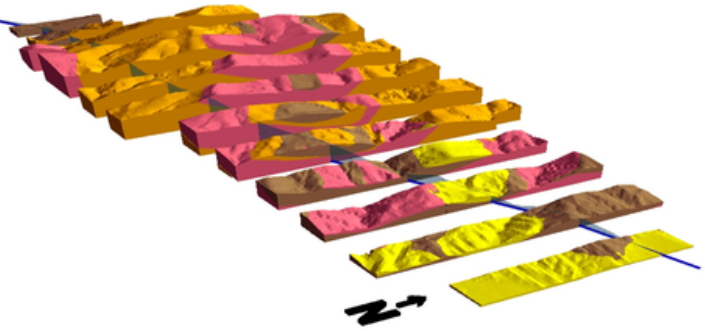
KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

Der Koralmtunnel durchquert in beiden Randbereichen der Koralpe auf jeweils ca. 4 km Länge neogene Sedimente sowie im Zentralteil das polymetamorphe Gebirgsmassiv der Koralpe. Der zentrale Kristallinkomplex besteht aus einer mächtigen, polymetamorphen Abfolge, in der Gneisvarietäten dominieren. Darin sind aber auch Marmore, Amphibolite, Eklogite, Quarzite sowie untergeordnet Pegmatite eingeschaltet.



▲ Abbildung 1 Koralmtunnel, Geologischer Längenschnitt

Auf Grund der außerordentlichen Dimension des Projektes Koralmtunnel galt es schon seit den frühen Projektphasen besonderes Augenmerk auf Aspekte zu legen, die eine zweckmäßige, wirtschaftliche, sparsame und risikoarme Auslegung des Tunnelbauwerks sicherstellen. Von Beginn an wurde so ein stufenweises, auf die einzelnen Projektphasen abgestimmtes Erkundungsprogramm zur Schaffung eines konsistenten, dreidimensionalen Baugrundmodells ausgeführt.

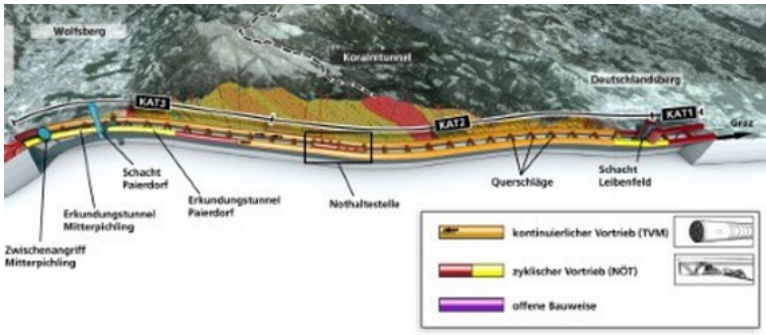


▲ Abbildung 2 Geologisches 3D-Modell

Von 2003 bis 2010 erfolgte zur Erfassung detaillierter Grundlagen für die Ausschreibungs- und Ausführungsplanung der Hauptbaulose der Vortrieb eines insgesamt etwa 10 km langen Systems von Erkundungstunneln und –schächten. Besonderes Augenmerk lag bei diesen weiterführenden Erkundungsarbeiten auf der detaillierten Untersuchung der neogenen Randbereiche des Weststeirischen Beckens und des Lavanttals sowie der Erfassung der Störungssysteme am Beckenrand in den östlichen Bereichen und der Lavanttaler Störungszone in den westlichen Bereichen des Tunnels.

Vortriebsarten

Die Wahl der richtigen Vortriebsmethode ist eine der Kernfragen für ein derartiges Tunnelbauwerk und von verschiedenen Randbedingungen beeinflusst. Beim Koralmtunnel kamen neben kurzen Strecken in offener Bauweise sowohl Vortriebsbereiche im zyklischen wie auch im kontinuierlichen Vortrieb zur Ausführung (Überblick siehe Abb. 3).



▲ Abbildung 3 Koralmtunnel – Bauloseinteilung und Vortriebsdarstellung

1. Zyklischer Vortrieb

Die Erkundungstunnel, Teile des Haupttunnels und die Nothaltestelle (Rettungsraum und Querschläge) sowie die Lüftungsbauwerke wurden zyklisch im Bagger- oder Sprengvortrieb hergestellt (siehe Abb. 3). Dabei kam für diese Teile des Koralmtunnels die auch als „Neue Österreichische Tunnelbauweise" bekannte Methode zur Anwendung. Der Hohlraum im Tunnel wird dabei mittels Bagger oder durch Sprengung ausgebrochen. Die Außenschale wird mit Spritzbeton hergestellt und in ihrer Stärke und hinsichtlich zusätzlicher Ausbauelemente, wie Bewehrung, Stahlbögen und Anker, an die jeweils angetroffenen Gebirgsverhältnisse angepasst. Die richtige Dimensionierung der Ausbau-

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

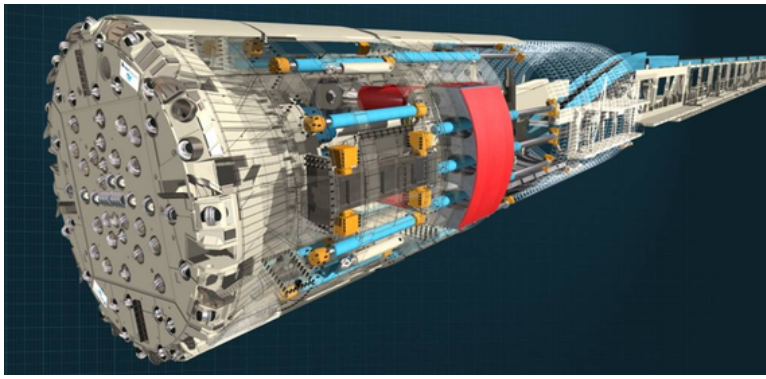
maßnahmen wird messtechnisch kontrolliert. Die Tunnelabdichtung und die Innenschale vervollständigen den Ausbau.

Der zyklische Vortrieb kam im gesamten Baulos KAT1, im Baulos KAT2 im Bereich des bestehenden Erkundungstunnels, in der Nordröhre Richtung Westen bis zum Eintritt ins Kristallin und Richtung Osten in beiden Röhren bis zum Durchschlag mit den Vortrieben des Loses KAT1 zur Anwendung. Ebenso wurden die Querschläge und die Nothaltestelle zyklisch aufgefahren (siehe Abb. 3). Auch im Baulos KAT3 wurde der bestehende Erkundungstunnel in der Südröhre aufgeweitet und die restliche Länge bis zur geplanten Baulosgrenze zyklisch aufgefahren.

2. Kontinuierlicher Vortrieb

Aufgrund der großen Länge und der prognostizierten geologischen Verhältnisse wurden die überwiegenden Anteile der Streckenröhren des Koralmtunnels mit Tunnelvortriebsmaschinen aufgefahren: im Baulos KAT2 erfolgte dies mit zwei Hartgesteins-Tunnelvortriebsmaschinen (TBM-DS), welche, mit mehreren beweglichen Schilden (Frontschild, Teleskopschild, Schildschwanz) ausgestattet sind, die sich ineinander verschieben können. Somit ist bei Doppelschildmaschinen die Möglichkeit gegeben, den Tübbingeinbau parallel zum Vortrieb durchzuführen und somit wesentlich höhere Vortriebsleistungen erzielen zu können. In der Nordröhre des Bauloses KAT3 kam eine TBM-S zum Einsatz, die einen Teil der Strecke im Neogen (durch Erddruckfunktion) aufgefahren hatte, ehe eine Umstellung auf die Hartgesteinsfunktion im Kristallin erfolgte.

Besonders im Baulos KAT2 wurde eine systematische Vorauserkundung, bestehend aus Seismik und/oder Vorausbohrungen (Drehschlag-/Rotationskernbohrungen), zur Erkundung von bautechnisch relevanten Störungszonen angewendet, damit der maschinelle Vortrieb nicht in unerkundetem Gebirge erfolgt. Zur Durchörterung von bautechnisch relevanten Störungszonen wurden ergänzend zu den Regelmaßnahmen Zusatz- und Sondermaßnahmen, wie z.B. Drainagebohrungen, Gebirgsvergütung mit Injektionen oder Firststollen erforderlich. Mit den Bohrköpfen wurde über den gesamten Querschnitt von ca. 77 m² das Material kreisrund gelöst. Der Ausbruchsrand wurde mit Stahlbetonfertigteilen, sogenannten Tübbingen, gestützt. Als Tübbingteilung kam beim Baulos KAT2 dabei 6+0 zum Einsatz, ergänzt über einen Sohlfertigteil im Inneren. Der Ringbau erfolgte hier im Schutze des Teleskopschilds parallel zum Vortrieb.



▲ Abbildung 4 TBM-DS KAT2 (Doppelschild-Tunnelbohrmaschine für das Baulos KAT2); © Herrenknecht AG

Einteilung Gebirgsbereiche, Typisierung der Störungszonen, Prognose

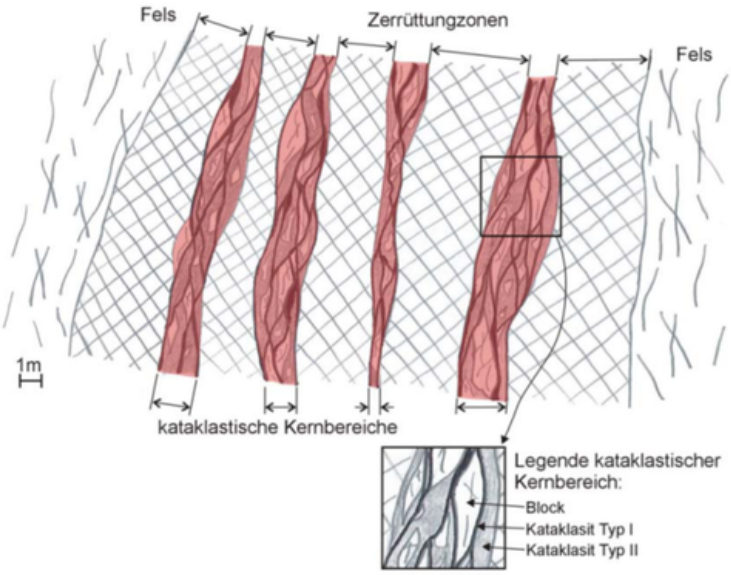
Aus der Erkundung und Modellierung wurden Störungstypen von A bis E eingeteilt und den Gebirgsbereichen zugeordnet, wobei die Störungen der Typen A und B als „bautechnisch relevant" eingeordnet wurden.

Störungstyp A

Beim Störungstyp A (Abbildung 5) handelt es sich um mächtige Störungszonen (>11m) mit stark heterogenem internem Aufbau.

Charakteristisch sind große Mächtigkeiten an Kataklasiten und zerrüttetem Fels sowie ein hoher Anteil kompetenter Felsschollen. Typisch für Störungen des Typs A ist die Ausbildung von anastomosierenden, geringmächtigen Scherbahnen, die durch wellig/glatte Scherflächen und feinkörniges, kataklastisches Material gekennzeichnet sind. Aufgrund der großen Bandbreite in den Störungsparametern erfolgt eine weitere Unterteilung in drei Subtypen (A1, A2 und A3), die sich hinsichtlich Normalmächtigkeit und Blockgrößen voneinander unterscheiden.

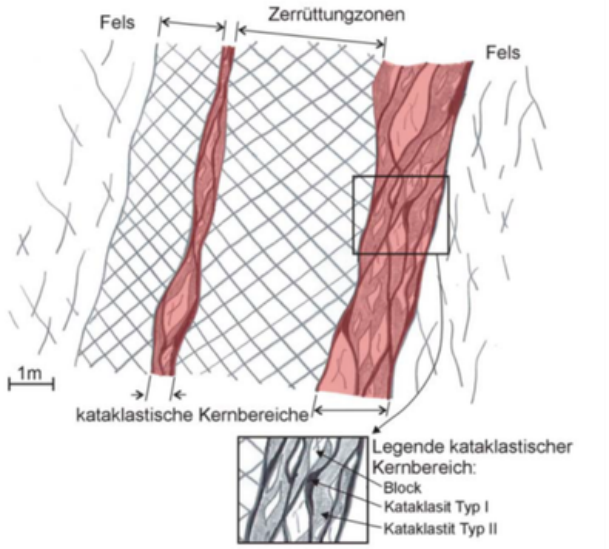
KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG



▲ Abbildung 5 Störungstyp A

Störungstyp B

Beim Störungstyp B (Abbildung 6) handelt es sich um mächtige Störungszonen (>3m) mit einem internen Aufbau mäßiger Heterogenität. Charakteristisch sind hohe Anteile an zerrüttetem Fels sowie Kataklasiten mit anastomosierenden, geringmächtigen Scherbahnen, welche durch wellig/glatte Scherflächen und feinkörnigem, kataklastischem Material gekennzeichnet sind.



▲ Abbildung 6 Störungstyp B

Trennflächengefüge

Zur Erfassung des Trennflächengefüges im Kristallinabschnitt wurden Daten aus den Geländekartierungen sowie der geologischen Dokumentation der Erkundungsbaulose ausgewertet. Zusätzlich zur Rekonstruktion der Störungsorientierungen im Kristallin die Trennflächendaten von akustischen Bohrlochscannern herangezogen.

Gebirgsbereiche

Der Vortriebsbereich im kontinuierlichen Vortrieb wurde im Wesentlichen 4 Gebirgsbereichen zugeordnet, die sich im in ihrer dominierenden Gesteinszusammensetzung unterscheiden. Der mit Abstand längste Gebirgsbereich ist der GB11, der den zentralen Bereich des kristallinen Koralmstocks abdeckt und die größte Überlagerung (320m - 1200m) beinhaltet. In Summe wurden für diesen Abschnitt im Baulos KAT2 5 Störungszonen des Typs A und 21 Störungszonen des Typs B prognostiziert.

Störungszonen

Aufbau, Scherzonen, Orientierung zur Tunnelachse, Blockanteil, Mächtigkeit sowie Überlagerung spielen eine wesentliche Rolle in der Beurteilung der bautechnischen Relevanz von Störungszonen. So lassen sich diese in der Anzahl anhand der geologischen Prognose vorhersagen, die Art und Umfang der erforderlichen Sondermaßnahmen ist erst bei Antreffen der Störungen und Auswertung der Detailaufschlüsse im Zuge der Vorauserkundung zu beurteilen.

Diese Detailaufschlüsse werden mittels Drehschlagbohrungen oder Rotationskernbohrungen erfasst.

Drehschlagbohrungen sind zerstörende Vollquerschnittbohrungen. Diese werden in Vortriebsrichtung mit Horizontalbohrlafetten durch die im Schildbereich vorgesehenen Bohrkanäle oder radial zum Tunnel ausgeführt.

Ziel der Drehschlagbohrungen ist

- die Identifikation von Störungszonen,
- die Abschätzung der Störungsmächtigkeit und
- die Identifikation von wasserführenden Zonen, einschl. Mengenabschätzung.

Die Drehschlagbohrungen in Vortriebsrichtung sind in der Regel bis ca. 100 m lang und werden bei systematischer Anwendung mit einer genügenden Überlappung (>10 m) ausgeführt.

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

Rotationskernbohrungen erschließen das aufzufahrende Gestein direkt, sie sind somit immer dann zu erwägen, wenn durch geophysikalische Messungen und Drehschlagbohrungen Hinweise auf Störungen bzw. stark wasserführende Zonen bestehen. Mit Hilfe der Rotationskernbohrungen sollen die anstehenden Gesteine und deren Eigenschaften, der geologische Aufbau und die Bergwassersituation erkundet werden. Die jeweilige Länge der Bohrung hängt von der zu erkundenden geologischen Situation (z.B. Orientierung, Mächtigkeit und Aufbau der prognostizierten Störungszone oder auch wasserführenden Zone) ab und wird vor Ort festgelegt.

Ausschreibung und Vergabe

Die Ausschreibung für das Baulos KAT 2 erfolgte im Wege eines offenen Vergabeverfahrens im Oberschwellenbereich und wurde europaweit bekannt gegeben. Grundlage war die ÖNORM B2118, standardisierte Leistungsbeschreibungen, ÖNORMEN und weitere Vertragsbestandteile, definiert in den Besonderen Vergabe- und Vertragsbedingungen (LG00)

Aufgrund der Lage des Tunnelbauwerks (tiefliegend mit bis zu 1.200 m Überlagerung) und der dadurch begrenzten Detailerkundungsmöglichkeiten war die Beschreibung des Baugrunds für die Ausschreibung mit einer gewissen Unsicherheit versehen.

Das Baulos KAT 2 war hinsichtlich Durchmesser, Länge und Lage zur Zeit der Ausschreibung europaweit eines der ersten Projekte mit Tunnelvortriebsmaschinen. Im Zuge der Ausschreibung wurde trotz der oben beschriebenen Länge und Tiefe des Vortriebs versucht, den Baugrund so genau wie möglich zu beschreiben. Dabei wurde speziell versucht, die vortriebsrelevanten Erschwernisse aus den Erkenntnissen der Vorerkundungen zu beschreiben und kalkulierbar zu machen. Dabei wurden Gesteins- und Gebirgseigenschaften auf Basis des geologischen Modells prognostiziert, um den Bietern die Festlegung und Kalkulation der bautechnischen Maßnahmen zu ermöglichen.

Für die Erstellung der Ausschreibungen der Hauptbaulose KAT2 und KAT3 wurden in geologisch kritischen Bereichen umfangreiche Detailerkundungsprogramme (Erkundungstunnel Leibenfeld, Paierdorf und Mitterpichling im Bereich der zukünftigen Trassenführung) durchgeführt. Die geologischen/geotechnischen Erkenntnisse haben das ursprünglich angedachte Vortriebskonzept bestätigt. Die zusätzlichen Erkenntnisse sind in die Ausschreibung der Tunnelbaulose KAT2, KAT3 eingeflossen.

Der Bauvertrag KAT2 beinhaltet eine quantitative Angabe der Verteilung der Gebirgsverhaltenstypen, das Systemverhalten wird qualitativ beschrieben. Aufgrund dieser Angaben war Anzahl und Umfang der Störungszonen festgelegt sowie die allgemeinen Randbedingungen über die gesamte Vortriebslänge beschrieben. Die Maßnahmen, die für die Bewältigung dieser Zonen erforderlich sein werden, wurden ebenfalls beschrieben und in das Leistungsverzeichnis (LV) aufgenommen. Damit alle Bieter dies auch im Konzept für die angebotene Vortriebsmaschine berücksichtigen, wurden Mindestkriterien im Maschinendesign festgelegt, die die angebotenen Maschinen enthalten müssen.

Die Vorgaben waren unter anderem:
Ein robust ausgeführter Bohrkopf, Mindestangaben zu Losbrechmoment und Vorschubkraft, Möglichkeiten zu Vorauserkundungsmaßnahmen, Injektionsbohrschirme um im Vorhinein eine vorausbrechende Ortsbrust zu verhindern, Schauminjektionen zum Verfüllen von Hohlräumen um ein Nachbrechen zu verhindern, Anbringen von Anlaufkeilen vor den Disken im Zuge der Revisionsarbeiten, unterschiedliche Diskenausformungen um Gewaltschäden an Disken aufgrund Blockigkeit/Bordsteineffekten zu verhindern, Anschweißen von Verschleißplatten, etc.

In der Ausschreibung wurde der Umfang der Datenerfassung der Tunnelvortriebsmaschinen definiert. So war während des Vortriebs eine Vielzahl an Maschinendaten durchgehend, automatisch und lückenlos vom Auftragnehmer aufzuzeichnen sowie dem Auftraggeber auf Verlangen zu übermitteln.

Folgende Daten waren unter anderem zu erfassen:

- Bohrkopf: Anpressdruck bzw. -kraft, Drehzahl, Drehrichtung, Drehmoment, Stromaufnahme, Kippmomente, Penetration etc.,
- Vortriebspressen: Hydraulikdruck, Pressenverkippung,
- Hydrauliksystem: Temperatur- und Drucküberwachung der Hydraulikölsysteme,
- Materialtransport: Brecheranlage, Perlkies für die Ringspaltverfüllung

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

Konzept für Zusatz- und Sondermaßnahmen im kontinuierlichen Vortrieb bei Eintritt von Störungszonen

Aufgrund der zu erwartenden geologischen Verhältnisse mit den entsprechenden geotechnischen Herausforderungen wurden Mindestanforderungen an die Tunnelvortriebsmaschine (TVM) ausgeschrieben, die ein entsprechendes Agieren mit Zusatz- und Sondermaßnahmen im Bereich des Bohrkopfes zulassen.

Folgende **Zusatzmaßnahmen** wurden im Falle eins Antreffens einer Störungszone in der Ausschreibung vorgesehen:

- Außerordentliche Ertüchtigung des Vortriebssystems vor Störungszonen zur Verhinderung ungewollter Vortriebsstillstände in diesen Zonen (Meißelwechsel, etc.)
- Vorausbohrungen und Vorausentwässerungen, hergestellt mit dem auf der TVM ausschreibungsgemäß vorgesehenem Gerät
- Schildmantelschmierung (Bentonit) zur Reduktion der Schild-Mantel-Reibung
- Silikatharzschaum-Injektionen im Bereich des Bohrkopfes bei aufgelockertem Gebirge oder zum Verfüllen kleinerer Hohlräume .
- Zusätzlicher Bohrkopfüberschnitt durch Schiften der Kalibermeißel um bis zu 10cm

Im Falle einer **Verklemmung** der Maschine muss auf folgende Maßnahmen zurückgegriffen werden:

- Sicherung der ersten zurückliegenden Tübbingringe (Verankerung, Nachverpressung der Ringspaltverfüllung)
- Injektions-Bohrschirme (Zementsuspension oder Silikat-Injektionsharzschaum)
- Systematische Kunstharzinjektion mit hohem Druck im Bereich von injizierbaren Zerrüttungszonen
- TVM im „Sondermodus" (max. Losbrechdrehmoment/ Vorschub)
- Überfirstung der TVM
- Gegebenenfalls Beschluss Störung nicht mit TVM durchzufahren, sondern Umgehungsstollen im zyklischen Vortrieb und Durchziehen TVM.

Wird entschieden, die Störung nicht mit der TVM zu durchörtern, wird das Auffahren eines **Umgehungsstollens** erforderlich. Hierfür gilt folgendes Szenario:

- Beistellen der benötigten Vortriebsgeräte in Abhängigkeit der Platzverhältnisse auf der Nachläufereinrichtung.
- Anschlag einer ausreichend großen Öffnung analog dem Vorgehen einer Querschlagsbaustelle.
- Auffahren des Umgehungsstollens (Ausbruchsquerschnitt mind. 25 bis 30 m²) im zyklischen Vortrieb zur Durchörterung der Störung in der betroffenen Röhre zum Zwecke der Erkundung und ggf. Ausführung von Sondermaßnahmen.
- Entscheidung über Durchörterung der Störung mit der TVM unter Anwendung von Zusatz- und Sondermaßnahmen.

Erkenntnisse aus Vorauserkundungen im Vortrieb KAT2

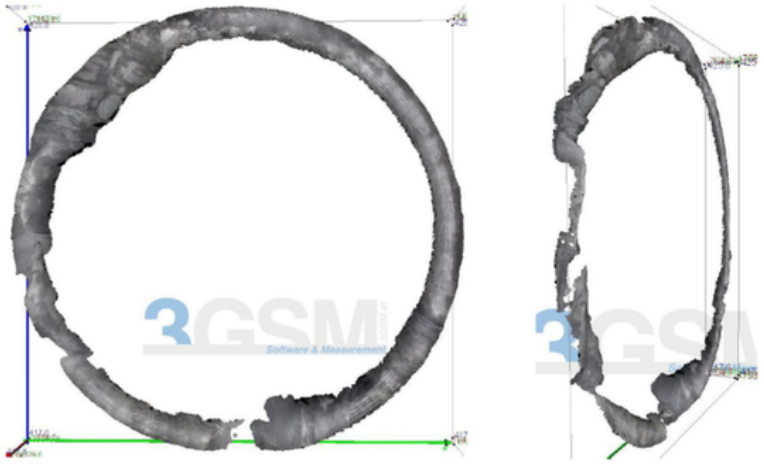
Vorauserkundungen während des Vortriebs:

Im Wesentlichen konnte die Vorauserkundung im Vortrieb durch Daten aus dem "Tunnel Seismic While Drilling" (TSWD) - System, Maschinendaten, 3D-Ortsbrustaufnahmen, Drehschlagbohrungen sowie im Bedarfsfall durch Kernbohrungen umgesetzt werden. Vortriebsbegleitend erfolgte der Einsatz eines TSWD-Systems.

Des Weiteren wurde die Wichtigkeit der Maschinendaten zur Interpretation in Bezug auf sich veränderndes Gebirge bzw. sich annähernde Störungszonen und somit für die Festlegung von Zusatz- und Sondermaßnahmen erkannt. Wesentliche Kenngrößen zur Beurteilung sind dabei die Penetration, Vorschubkraft, aber auch die Brecherleistung, die Informationen über die geschutterten Massen im Vergleich zum aufgefahrenen Querschnitt liefert. Wesentlich für die AG-seitige Beurteilung ist dabei der Zugang zu den TBM-Rohdaten. Dieser sollte entsprechend geregelt sein.

Für die flächige Erfassung der geologischen Verhältnisse an der Ortsbrust wurden durch entsprechende Kamerainstallationen 3D-Ortsbrustaufnahmen im Zuge der Wartungsschicht gemacht. Diese brachten im Gegensatz zu den punktuellen Aufnahmen an den Geologenfenstern wesentlich mehr Aussagen wie z. B.: Hinweise auf „Bordsteinkanten" und unterschiedliche Ausbruchstiefen. Eine Anwendung ist jedoch nur bei stabiler Ortsbrust möglich.

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG



▲ Abbildung 7 Beispiel bei TM 18.671,63, Ausbruchstiefe bis ca. 90 cm (3GSM)

Bei Indikation von Störzonen im Zuge des TSWD oder anhand von sich verändernden Vortriebsparametern anhand der Maschinendaten wurden immer Drehschlagbohrungen durchgeführt. Insgesamt betrug der Umfang im Baulos KAT2 470 Stk. bzw. ca. 30.000 lfm. In Kombination mit einer Kamerabefahrung wurde eine hohe Aussagekraft in Bezug auf Gesteinsformationen, Störungsmaterial, Schichtungen und Wasserführung erhalten, die vergleichbar mit jenen von Kernbohrungen war, jedoch mit wesentlich höherer Leistung verbunden war. Innerhalb einer Wartungsschicht konnte eine 80 bis 100m tiefe Bohrung inkl. Rüsten und Kamerabefahrung durchgeführt werden.



▲ Abbildung 8 Kamerabefahrung, Bohrtiefe ca. 13m, sehr gering zerlegter, massig-kompakter Grobkorngneis, geringe Bergwasserführung in der Bohrlochsohle

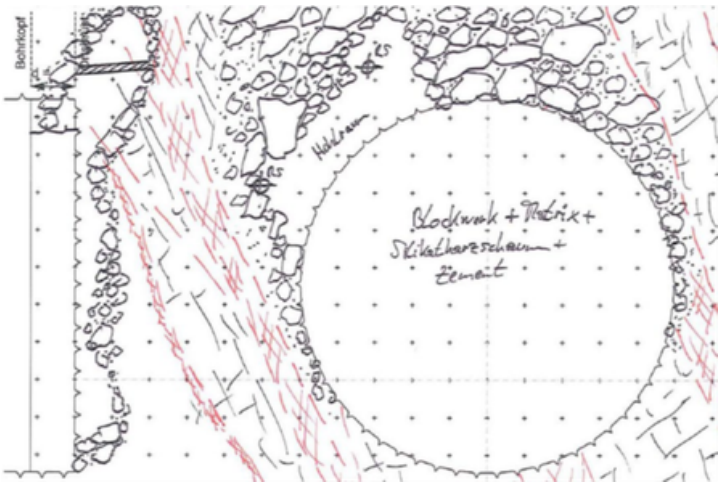
Da bei Kernbohrungen das Rüsten sehr aufwendig ist und die Leistung nur bei ca. 10m/KT liegt, wurden diese Erkundungsmaßnahmen nur im Bedarfsfall umgesetzt. Insgesamt wurden 17 Kernbohrungen bzw. 1.720 lfm hergestellt.

Im Zuge des Vortriebs wurde auch erkannt, dass Störungszonen knapp außerhalb des Vortriebs – vor allem, wenn diese im spitzen Winkel zur Vortriebsrichtung verlaufen - von allen wesentlichen Vorauserkundungsmethoden nicht oder nur schwer erkannt werden, jedoch wesentlichen Einfluss auf den Vortrieb haben können, speziell was die Gefahr des Verklemmens des Bohrkopfs betrifft.

Umgang mit Störungszonen im Vortrieb – Fallbeispiele aus dem Baulos KAT2

Fallbeispiel 1 „Befreiung von Innen“

Der maschinelle Vortrieb erreichte in der Südröhre bei Tunnelmeter 8.760 eine mächtige Störungszone. Der Vortrieb wurde mit entsprechenden Maßnahmen fortgesetzt, kam jedoch bei TM 8.802 zum Stillstand. Direkt vor und über der Ortsbrust bildete sich ein Hohlraum durch einen Vorausbruch der Ortsbrust sowie durch unkontrollierbares Ausschuttern eines Block-in-Matrix Materials. Durch die damit verursachte Hohlraum- bzw. Schlotbildung nach oben brach weiteres Blockwerk nach und verschüttete den Bohrkopf. Die Überlagerung in diesem Bereich lag bei 763m.



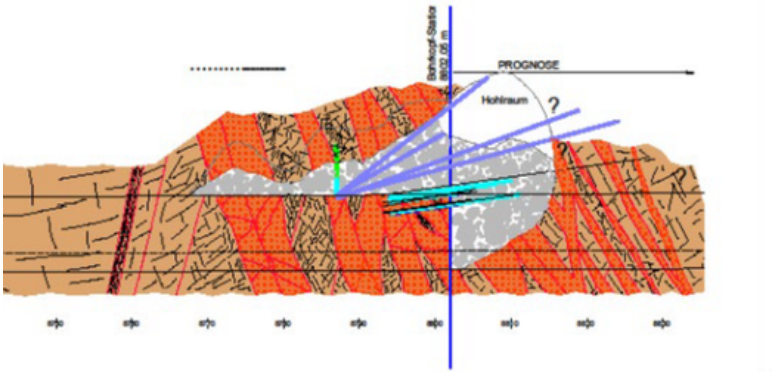
▲ Abbildung 9 Ausschnitt aus baugeologischer Tunneldokumentation, GEO KAT2

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

Ziel der erforderlichen Sondermaßnahmen war eine Befreiung der Maschine „von Innen".

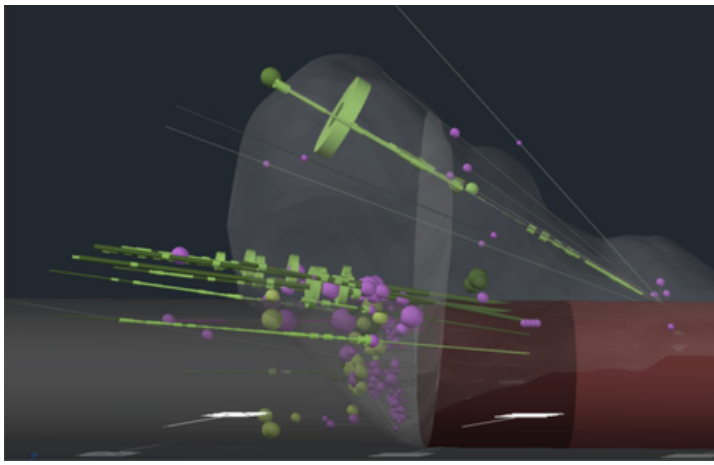
Folgende Maßnahmen wurden dabei schrittweise durchgeführt:

1. Das aufgelockerte Material vor der Ortsbrust und im First- und Kämpferbereich wurde mit Silikat-harzschaum und Zementinjektionen stabilisiert. Dabei erfolgten die Injektionen von Inneren des Bohrkopfes aus, somit erreichte man eine Stabilisierung im Bohrkopfbereich.
2. In weiterer Folge wurde der Bohrkopf mehrmalig händisch ausgeschuttert.
3. Es wurden umfangreiche Vorauserkundungen mit Drehschlag- und Kernbohrungen durchgeführt. Diese Erkundungen ergaben eine Dimension des Überbruchs (Schlot bzw. vorauseilende Ortsbrust von etwa 1.500m³.



▲ Abbildung 10 Darstellung Schlot, Bohrungen

4. Danach wurden mehrere gezielte Injektions-kampagnen mittels Silikatharzschaum- und Zement-injektion umgesetzt, diese erfolgte durch GFK-Anker durch den Bohrkopf und mittels Injektionsbohrschirm durch den Schild.
5. Zur Sicherung des Gewölbes über dem Bohrkopf wurden zusätzliche Rohrschirm-Bohrungen durch den Tübbing hinter dem Schild hergestellt.
6. Nach mehreren Andrehversuchen des Bohrkopfs und weiteren Beseitigungen von Verklemmungen im Bereich des Teleskopschildes (Reinigen des Schildes mit Hochdruck-Wasserstrahl über die Geologen-fenster und Teleskop-Öffnung) von Innen konnte nach einer Stillstandsdauer von ca. 3 Monaten ein erfolgreiches Wiederandrehen und somit die Fortsetzung des Vortriebes erreicht werden.



▲ Abbildung 11 Darstellung der Injektionsstellen und Mengen; © ÖBB-Infrastruktur AG



▲ Abbildung 12 Durch Zement stabilisiertes Material; © ÖBB-Infrastruktur AG



▲ Abbildung 13 Mit Silikatharzschaum verklebtes Material; © ÖBB-Infrastruktur AG

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

Fallbeispiel 2 „Überfirstung“

Anfang Juni 2016 wurden in der Südröhre bei TM 15.181 ansteigende erforderliche Vorschubkräfte durch erhöhte Schildreibung registriert, gleichzeitig zeigte sich eine instabil nachbrechende Ortsbrust. Die erforderlichen Vorschubkräfte wurden immer größer, bis die Maschine bei TM 15.181 stecken blieb. Die Überlagerung in diesem Bereich lag bei ca. 1.000m.

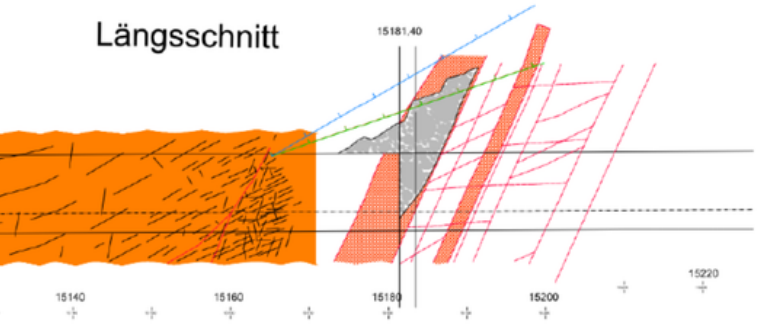


Abbildung 14 Längenschnitt Situation TM 15.181

Aufgrund der Erfahrungen bei TM 8.802 wurde gemäß diesem Konzept (Stabilisierung Überbruch) wieder eine Befreiung von Innen versucht.

1. Durch den Einsatz von Injektionen, sowohl Silikatharzschaum als auch Zement, wurde die Ortsbrust stabilisiert, der anschließende Andrehversuch war ebenfalls erfolgreich (frei drehender Bohrkopf und stabile Ortsbrust).



Abbildung 15 : Darstellung der Störungszone im Querschnitt und Sicherungsmaßnahmen

2. Es erfolgten Losdrückversuche mit Vorschubkräften von bis zu 165.000 KN und darüber, trotz ebenfalls durchgeführter Mikrosprengungen am Schildmantel zur Behebung von örtlichen Verklemmungen war kein Weiterfahren möglich.
3. Aufgrund des verklemmten und eingeschütteten Bohrkopfs wurde Anfang Juli 2016 entschieden, diesen mittels eines Firststollens zu befreien.

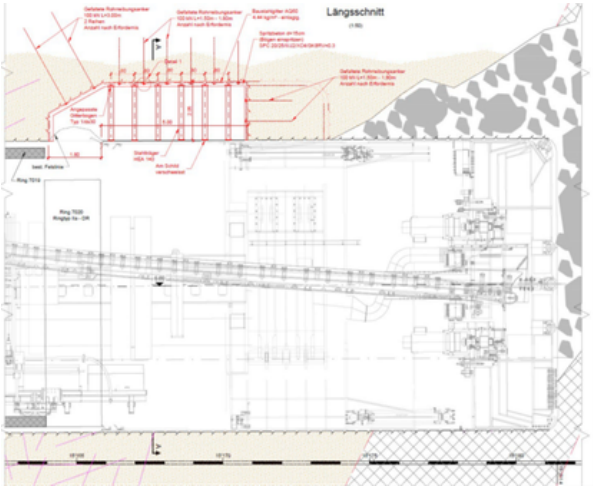


Abbildung 16 Auffahren Firststollen

4. Es wurde ein ca. 2m hoher Hohlraum über die gesamte Länge des Schildes (14m vom letzten Tübbing hinter dem Schildschwanz bis zum Bohrkopf hergestellt. Der Vortrieb erfolgte ohne Großmaschinen und die Schutterung musste händisch durchgeführt werden.
5. Je nach angetroffenem Material wurde der Firststollen an die Verhältnisse vor Ort angepasst.



Abbildung 17 Arbeiten am Firststollenn; © ÖBB-Infrastruktur AG

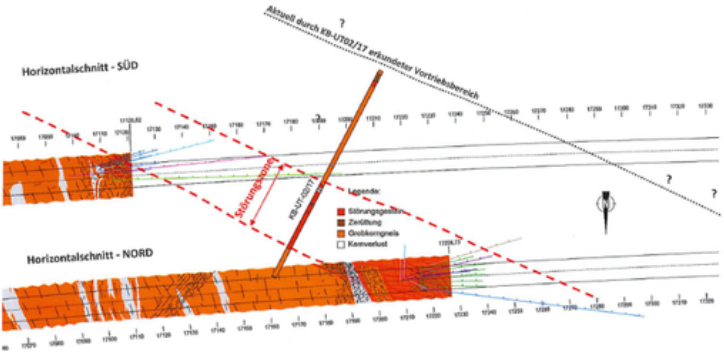
KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

Fallbeispiel 3 „Firststollen“

In der Nordröhre wurde bei TM 17.189 der Beginn einer Störungszone des Typs A erreicht. Der Vortrieb wurde unter Einsatz entsprechender Zusatzmaßnahmen fortgesetzt, die sich immer mehr erhöhende Mantelreibung erforderte stetig wachsende Vorschubkräfte. Der Vortrieb wurde im Single-Shield Modus mit Vorschubkräften bis 155.000kN fortgesetzt, am 22.05.2017 war ab TM 17.226 aufgrund des Verklemmens der TBM kein Vortrieb mehr möglich. In diesem Ereignisfall fiel die Entscheidung, die Maschine mittels Firststollens zu befreien.

Die zu diesem Zeitpunkt nachlaufende TVM Süd erreichte am 24.05.2017 bei TM 17.120 die Störungszone. Es wurde versucht, mittels Injektionsbohrschirm und Single-Shield-Modus die Störungszone zu durchfahren. Trotz dieser Zusatzmaßnahmen wurde die maximal mögliche Vorschubkraft von 155.000 kN erreicht und die Maschine eingeklemmt. Auch in diesem Fall entschied man sich für einen Firststollen.

Somit kam es in dieser Situation zu einem gleichzeitigen Auffahren von zwei Firststollen auf beiden Maschinen. Aufgrund des schleifenden Einfalls der Störungszone erfolgte die Erkundung des Störungssystems mittels Kernbohrungen normal zur Störungszone vom Nachläufer der vorlaufenden TVM Nord aus. Somit konnte man den Aufbau der Störung erkunden als auch das Ende der Störung und den nachfolgenden Gebirgsbereich in die Tunnelachse vorausprojizieren.

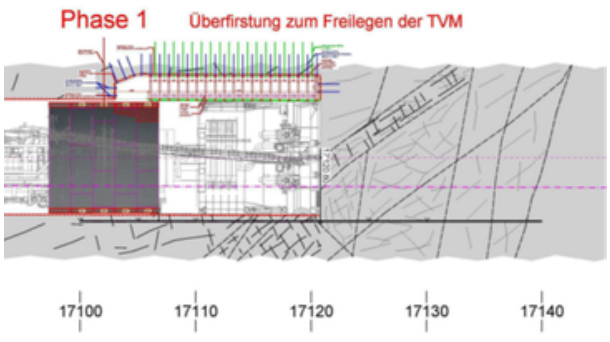


▲ Abbildung 18 : Erkundungsbohrung (Kernbohrung)



▲ Abbildung 19 Ausgebrochener Firststollen; © ÖBB-Infrastruktur AG

Das auf den Erkenntnissen der bis zu 157m langen Kernbohrungen basierende erstellte geologische Modell zeigte ein ausgeprägtes Störungssystem. Es wurde daher festgelegt, nach dem Wiederandrehen der Maschine einen vorauseilenden Firststollen bis zur endgültigen Bewältigung dieser Störungszone herzustellen.
In der vorauseilenden Nordröhre wurde die Störung mittels vorauseilenden Firststollen vollständig bewältigt, in der Südröhre entschied man sich nach dem Erreichen von im Zuge der Bearbeitung seitens AG festgelegten Abbruchkriterien, die restliche Störungszone ohne vorauseilenden Firststollen fertig aufzufahren.



▲ Abbildung 20 : Firststollen zur Freilegung des Bohrkopfes

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

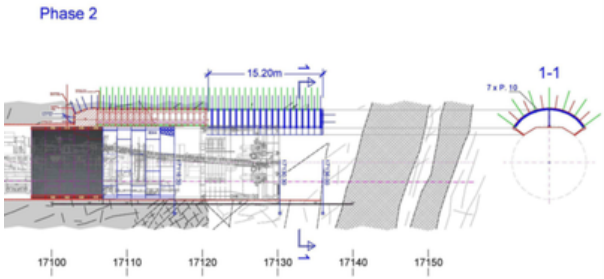


Abbildung 21 Vorauseilender Firststollen zur Sicherung des Bohrkopfes

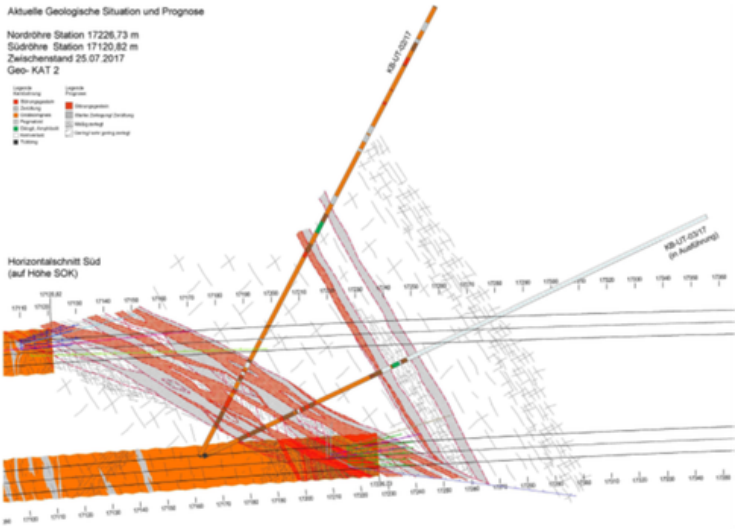


Abbildung 22 Prognostiziertes Störungssystem;

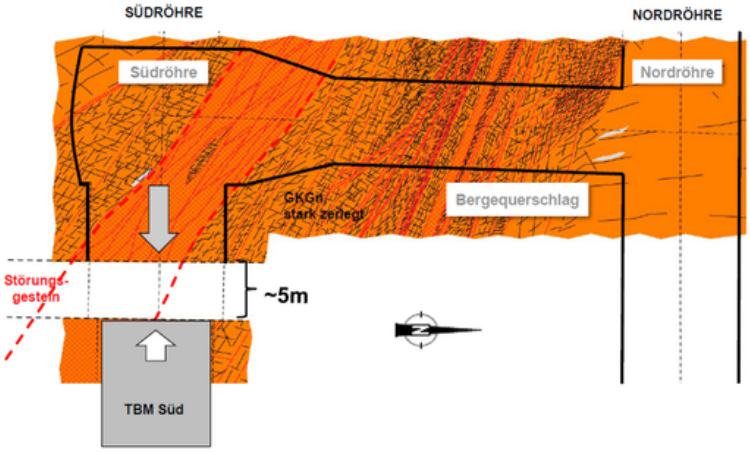


Abbildung 23 Darstellung Bergequerschlag aus der Nordröhre



Abbildung 24 Freigelegter Bohrkopf; © ÖBB-Infrastruktur AG

Fallbeispiel 4 „Bergequerschlag“

Bei TM 17.166 in der Südröhre kam es zu einem Vorausbruch der Ortsbrust um 4 bis 6 Meter. Der Firststollen aus Fallbeispiel 3 befand sich bereits verfüllt 5m hinter dem Schildschwanz. Ein weiterer Vortrieb war trotz Aufbringen der maximalen Vorschubkraft nicht möglich. Eine weitere Verklemmung der TBM war eingetreten. Um die Maschine wieder frei zu bekommen und den restlichen Bereich der Störungszone sicher zu durchörtern, entschied man sich, die TVM mittels Firststollen zu befreien und gleichzeitig einen Bergequerschlag von der Nordröhre aus herzustellen. Somit kann der Bereich der Störungszone vor dem Bohrkopf bereits zyklisch aufgefahren und vor der Durchfahrt der TVM entsprechend gesichert werden.

Beide Vortriebe und Sicherungsmaßnahmen wurden erfolgreich hergestellt, nach dem Wiederauffüllen der Hohlräume mit einem Zement-Perlkiesgemisch konnte auch der Vortrieb wieder Ende Jänner 2018 aufgenommen werden. Somit hatte die TVM Süd die gesamte Störungszone nach acht Monaten durchörtert.

Zusammenfassung

Durch umfangreiche Erkundungsmaßnahmen bereits vor den Hauptbaumaßnahmen wurde ein umfassendes geologisches Modell erstellt.
Durch die Definition der Störungszonen und deren Typisierung konnten bereits in der Ausschreibung ent-

KORALMTUNNEL - VOM GEOLOGISCHEN MODELL ZUR AUSFÜHRUNG

sprechende Maßnahmen aufgenommen werden und im Maschinendesign Berücksichtigung finden. Somit waren die Maßnahmenpakete zur Durchörterung der Störungszonen bereits in der Ausschreibung berücksichtigt.

Trotz der langen Vortriebslänge kam es zu eher kleinräumigen Änderungen gegenüber der prognostizierten Geologie und im geotechnischen Verhalten.

Bei Annäherung an eine Störungszone war jedenfalls eine Detailerkundung erforderlich, um speziell auf die Gegebenheiten und Anforderungen abgestimmte Zusatzmaßnahmen zu treffen.





Dipl.-Ing. Erhard Katzianer ist Projektkoordinator in der Projektleitung Steiermark Süd im Geschäftsbereich Projekte Neu-/Ausbau der ÖBB-Infrastruktur AG.

Dipl.-Ing. Dietmar Schubel ist Projektleiter im Geschäftsbereich Projekte Neu-/ Ausbau der ÖBB-Infrastruktur AG für die Projektleitung Steiermark Süd

Quelle: Global Rail Group

MASSE-FEDER SYSTEME UND ELASTISCHE FAHRWEGE

ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ ALS SYSTEMLÖSUNG AM BEISPIEL DER KORALMBAHN

VON L. KAISER UND H. VOLTOLINI

Kurzfassung

Der Koralmtunnel ist ein Beispiel dafür, wie hochleistungsfähige Eisenbahninfrastruktur und wirksamer Erschütterungsschutz gemeinsam geplant werden. Die Feste Fahrbahn wird in definierten Abschnitten als Masse-Feder-System ausgeführt. Im Zulauf ergänzen Unterschottermatten, Schwellensohlen und spezielle Zwischenlagen das Konzept eines resilienten Schotteroberbaus. Getzner stellte die projektspezifisch eingesetzten elastischen Werkstoffe bereit. Im Mittelpunkt steht die abgestimmte Auslegung des Gesamtsystems: von der Definition der Schutzziele über die Systemabstimmung und Materialauswahl bis hin zur qualitätsgesicherten Umsetzung. Dauerhaft elastische Werkstoffe leisten dabei einen planbaren und langfristig wirksamen Beitrag zum Erschütterungsschutz.

1. Koralmbahn: Hochleistung braucht Systemintegration

Die Koralmbahn verbindet Graz und Klagenfurt auf einer 130 km langen, zweigleisigen und elektrifizierten Hochleistungsstrecke. Die ÖBB beschreibt sie ausdrücklich nicht als reine Hochgeschwindigkeitsstrecke, sondern als für den Mischverkehr ausgelegte Infrastruktur für Personennahverkehr, Personenfernverkehr und Güterverkehr. Die mögliche Höchstgeschwindigkeit beträgt 250 km/h. Mit 23 Bahnhöfen und Haltestellen sowie mehr als 100 Brücken und Unterführungen verbindet das Projekt unterschiedliche Bauwerke und Oberbauformen in einem durchgängigen Fahrwegkonzept [4].

Als Teil der neuen Südstrecke ist die Koralmbahn zugleich Bestandteil des Baltisch-Adriatischen Korridors im europäischen TEN-Kernnetz. Diese Einordnung ist für die Fahrwegtechnik relevant: Die Strecke muss nicht nur hohe Geschwindigkeiten im Personenverkehr, sondern auch die Beanspruchungen eines leistungsfähigen Güterverkehrs dauerhaft beherrschen [4].

Die Koralmbahn zeigt, wie sich Erschütterungsschutz gezielt an unterschiedliche technische und infrastrukturelle Anforderungen anpassen lässt. Je nach Bauwerk, Oberbauart und Schutzziel kommen Masse-Feder-Systeme, Unterschottermatten, Schwellensohlen und spezielle Zwischenlagen zum Einsatz, die als abgestimmtes Gesamtsystem wirken.

2. Vom Rad-Schiene-Kontakt zum Sekundärluftschall

Züge regen den Fahrweg dynamisch an. Ursachen sind die wiederkehrende Belastung durch Radsätze, Unregelmäßigkeiten an Rad und Schiene sowie die Wechselwirkung von Fahrzeug, Schiene, Befestigung und Unterbau. Ein Teil der Energie wird in die Tragstruktur und den Baugrund eingeleitet. Dort breiten sich mechanische Schwingungen als Körperschall aus.

Werden Gebäude oder andere Bauteile angeregt, können deren Oberflächen hörbaren Sekundärluftschall abstrahlen. Maßnahmen gegen direkten Luftschall und Maßnahmen gegen Körperschall sind daher nicht gleichzusetzen. Im Tunnel und auf Kunstbauten ist es besonders wirksam, die Übertragung möglichst nahe an der Quelle, also im Fahrweg, zu beeinflussen.

Die Wirksamkeit hängt vom Gesamtsystem ab: Anregung, Oberbaumasse, dynamische Steifigkeit, Dämpfung, Bauwerksstruktur, Untergrund und Schutzobjekt. Ziel ist nicht, jede Bewegung zu verhindern, sondern die Übertragung im relevanten Frequenzbereich auf das geforderte Maß zu begrenzen.

3. Masse-Feder-System: dynamische Entkopplung der Festen Fahrbahn

Bei einem Masse-Feder-System wird die Gleistragstruktur durch dauerhaft elastische Lager von der umgebenden Tragstruktur entkoppelt. Die Tragplatte bildet die Masse, das elastische Lager die Feder. Dadurch wird die übertragene Fußpunktkraft gegenüber der anregenden Kraft reduziert.

Entscheidend für die Wirksamkeit eines Masse-Feder-Systems ist die gezielte Abstimmung von Masse, Federsteifigkeit und Dämpfung. Nur wenn diese Größen aufeinander abgestimmt sind, lässt sich die gewünschte Entkopplungswirkung im relevanten Frequenzbereich erreichen.

Vereinfacht gilt $f_0 = 1/(2\pi) \cdot \sqrt{(c/m)}$, wobei c die dynamische Federsteifigkeit und m die wirksame Masse

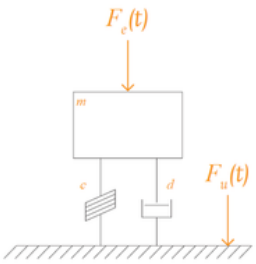
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ ALS SYSTEMLÖSUNG AM BEISPIEL DER KORALMBAHN

ist. Eine niedrigere Steifigkeit oder eine größere Masse senkt die Eigenfrequenz. Der Isolationsbereich beginnt idealisiert erst oberhalb von $\sqrt{2} \cdot f_0$.

Eine möglichst weiche Lagerung ist deshalb nicht automatisch optimal. Tiefere Abstimmungen verbessern die Isolation bei ausreichendem Frequenzabstand, erhöhen aber Verformungen und Anforderungen an Übergänge, Tragplatten, Quer- und Längskraftabtragung.

Die Auslegung erfordert eine sorgfältige Balance zwischen hoher Isolationswirkung, begrenzten Verformungen sowie den Anforderungen an Betrieb, Instandhaltung und Dauerhaftigkeit.

Getzner verwendet hierfür die eigens entwickelten Polyurethan-Werkstoffe Sylomer® und Sylodyn®. Maßgebend sind unter anderem statische und dynamische Steifigkeit, Last- und Frequenzabhängigkeit, Dämpfung, Kriechverhalten, Ermüdungsbeständigkeit und Umwelteinflüsse.



$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

c = dynamische Federsteifigkeit
m = Oberbaumasse + unabgefederte Radsatzmasse

▲ Abbildung 1 Wirkungsweise eines Masse-Feder-Systems; Quelle: Getzner Werkstoffe GmbH, Broschüre Masse-Feder-System.

4. Systemabstimmungen im Koralmtunnel

Der 33 km lange Koralmtunnel besteht aus zwei eingleisigen Röhren mit einem Außendurchmesser von rund zehn Metern. Die maximale Überlagerung beträgt laut ÖBB bis zu 1.200 m; die Röhren liegen in einem Abstand von 25 bis 50 m und sind ungefähr alle 500 m durch Querschläge verbunden. Rund drei Viertel des Tunnels wurden mit Tunnelbohrmaschinen aufgefahren [4].

Der Oberbau-Schemaplan des Koralmtunnels weist die Feste Fahrbahn als Regelsystem und mehrere räumlich begrenzte Masse-Feder-Systeme aus. Die Schutzmaßnahme wird somit lokal an die jeweiligen Anforder-ungen angepasst.

Die Frequenzangabe beschreibt das Auslegungsziel eines Oberbaubereichs. Sie ist nicht mit einem pauschalen Dämmwert in Dezibel gleichzusetzen. Dafür wären Anregungsspektrum, Dämpfung, tatsächlich erreichte Steifigkeiten, Masseverhältnisse und Übertragungswege erforderlich.

Nach Abschluss des Rohbaus umfasst der Koralmtunnel rund 13.000 montierte Gleistragplatten. Die elastischen Fahrwegsysteme sind dabei Teil eines hochintegrierten Gesamtsystems aus Oberbau, Bahntechnik, Sicherheit und Energieversorgung.

Die bahntechnische Ausrüstung umfasst den Erschütterungsschutz, Lärmschutz, Tunnelsicherheit, Kommunikation, Signalisierung, Stellwerke und die Deckenstromschiene. Damit wird deutlich, dass die elastische Lagerung nicht isoliert, sondern innerhalb eines hochgradig vernetzten technischen Systems umgesetzt wurde [4].

Für Betrieb und Instandhaltung verweist die ÖBB zudem auf einen digitalen Zwilling des Koralmtunnels. Planung und Umsetzung erfolgten demnach mit Building Information Modeling. Der digitale Bauwerksbestand soll die Vielzahl technischer Informationen für die spätere Wartung verfügbar machen. Für elastische Fahrwegsysteme unterstreicht dies die Bedeutung einer nachvollziehbaren Dokumentation von Systemgrenzen, Werkstofftypen, Einbaulagen und Übergängen [4].

5. Weitere Koralmbahnabschnitte: abgestufte elastische Systeme

In den Abschnitten Mittlern–Althofen zwischen St. Paul und Aich sind in beiden Gleisen mehrere leichte Masse-Feder-Systeme verbaut. Die Abstimmungen reichen je nach Bereich von 12 bis 28 Hz. Tunnel-, Brücken- und Freilandbereiche werden in einem gemeinsamen Oberbaukonzept behandelt.
Über den Koralmtunnel hinaus verdeutlichen diese Abschnitte, wie elastische Fahrwegsysteme entlang einer Hochleistungsstrecke abgestimmt werden. Dabei entsteht ein durchgängiges Konzept aus Schotteroberbau, Fester Fahrbahn und unterschiedlich ausgelegten Masse-Feder-Systemen.

MASSE-FEDER SYSTEME UND ELASTISCHE FAHRWEGE

ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ ALS SYSTEMLÖSUNG AM BEISPIEL DER KORALMBAHN

6. Elastischer Schotteroberbau im Zulauf des Koralmtunnels

Das Schutzkonzept setzt sich im Zulauf des Koralmtunnels im Schotteroberbau fort. Dort wurden unterschiedliche Unterschottermatten verwendet. Ein Teil der Anwendungen dient primär der Schotterschonung und dem Bauwerksschutz. Die elastische Schicht unter dem Schotterbett schafft eine resiliente Fahrbahn für hoch belastete Strecken und reduziert die dynamische Beanspruchung von Schotter und Tragstruktur.

In urbanen Bereichen wurden darüber hinaus hochdynamische Sylodyn®-Unterschottermatten eingesetzt, um eine weitergehende dynamische Entkopplung des Schotteroberbaus zu erreichen.

Der Schotteroberbau wurde zusätzlich mit Schwellensohlen ausgestattet. Schwellensohlen bilden eine definierte elastische Kontaktzone zwischen Schwelle und Schotter. Ergänzend kamen spezielle Zwischenlagen im Bereich der Schienenbefestigung zum Einsatz.

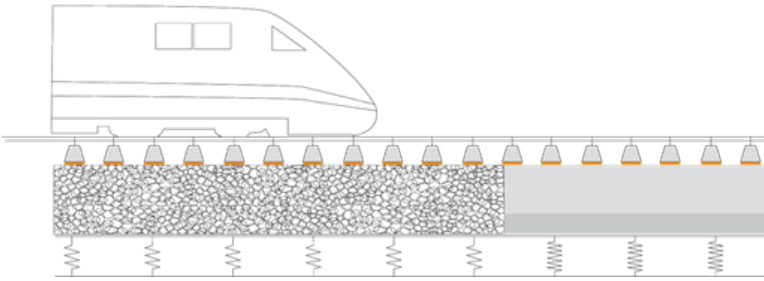
Zwischenlage, besohlte Schwelle und Unterschottermatte wirken auf unterschiedlichen Ebenen des Fahrwegs. Ihre Kombination ist deshalb als mehrstufig elastisches System zu betrachten. Die Komponenten dürfen nicht isoliert bemessen werden, weil ihre Steifigkeiten gemeinsam die Verformung und das dynamische Verhalten des Oberbaus bestimmen.

Das Beispiel zeigt, dass hochwertiger Erschütterungs- und Bauwerksschutz nicht auf die Feste Fahrbahn beschränkt ist. Auch ein Schotteroberbau kann durch abgestimmte elastische Komponenten an hohe Belastungen sowie anspruchsvolle infrastrukturelle Randbedingungen angepasst werden.

7. Übergänge: Wo Einzellösungen zum System werden

Masse-Feder-Systeme weisen größere elastische Einsenkungen auf als konventionelle Feste Fahrbahnen. An den Systemgrenzen treffen unterschiedliche vertikale Steifigkeiten aufeinander. Ohne abgestufte Übergänge können erhöhte Rad-Schiene-Kräfte, zusätzliche Beanspruchungen der Befestigung und langfristige Störstellen entstehen.

Die Steifigkeit kann über Lagerfläche, Werkstofftyp und Dicke abgestuft werden. Ergänzend können besondere Schienenbefestigungen oder weitere elastische Elemente eingesetzt werden. Die konkreten Übergangslängen müssen mit dem Fahrzeug-Fahrweg-System abgestimmt werden.



▲ Abbildung 2 Elastisch abgestufter Übergangsbereich. Quelle: Getzner Werkstoffe GmbH

Quer- und Längskräfte aus Bremsen, Beschleunigen und Kurvenfahrt müssen sicher abgetragen werden, ohne die vertikale Entkopplung kurzzuschließen. Übergänge sind damit keine nebensächlichen Anschlussdetails, sondern ein eigener Nachweisbereich.

8. Dauerhaft elastische Werkstoffe als planbarer Bestandteil des Fahrwegs

Elastische Werkstoffe übernehmen im Fahrweg eine klar definierte Funktion. Sie müssen ihre Eigenschaften über Jahrzehnte hinweg zuverlässig und reproduzierbar beibehalten. Neben der notwendigen Entkopplungswirkung stehen daher auch Langzeitverhalten, Ermüdungsbeständigkeit und die dauerhafte Stabilität der dynamischen Kennwerte im Fokus der Auslegung.

Sylomer® und Sylodyn® stehen in unterschiedlichen Laststufen zur Verfügung. Werkstofftyp, Dicke und belastete Fläche werden an Pressungen und Zielsteifigkeit angepasst. Vollflächige, streifen- und punktförmige Lagerungen stellen dabei unterschiedliche Anforderungen an Lastverteilung und Horizontalkraftabtragung.

Auch bei Unterschottermatten, Schwellensohlen und

ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ ALS SYSTEMLÖSUNG AM BEISPIEL DER KORALMBAHN

Zwischenlagen ist die abgestimmte Gesamtsteifigkeit entscheidend. Produktkennwerte erhalten ihre technische Bedeutung erst im konkreten Einbauzustand und im vorgesehenen Last- und Frequenzbereich.

9. Schlussfolgerungen

Die Koralmbahn zeigt, dass wirksamer Erschütterungsschutz nicht durch einzelne Komponenten entsteht, sondern durch die abgestimmte Auslegung des gesamten Fahrwegs. Masse-Feder-Systeme, Unterschottermatten, Schwellensohlen und weitere elastische Elemente übernehmen dabei klar definierte Aufgaben innerhalb eines Gesamtsystems. Dauerhaft elastische Werkstoffe wie Sylomer® und Sylodyn® ermöglichen eine präzise Abstimmung von Erschütterungsschutz, Fahrwegverfügbarkeit und langfristiger Wirtschaftlichkeit. Damit leisten sie einen verlässlichen Beitrag zum nachhaltigen Betrieb moderner Eisenbahninfrastruktur.

Literatur und Quellen

[1] Getzner Werkstoffe GmbH. 2024. Masse-Feder-System: Elastizität in Fester Fahrbahn. Bürs.

[2] Getzner Werkstoffe GmbH. 2026. Projektspezifische Angaben zu Oberbaukomponenten, Projektrollen und Ausführung, 20. August 2026. Interne Fachinformation.

[3] ÖBB-Infrastruktur AG. 2023b. Kärntner Koralmbahn in Betrieb: Mehr Verbindung, weniger Grenzen. Projektinformation Sonderausgabe, Dezember 2023. Wien: ÖBB-Infrastruktur AG.

[4] ÖBB-Infrastruktur AG. 2023a. Koralmbahn: Graz–Klagenfurt. Teil der neuen Südstrecke. Stand November 2023. Wien: ÖBB-Infrastruktur AG.



Lukas Kaiser MSc ist Head of Railway Sales bei Getzner Werkstoffe GmbH und verantwortet die strategische Entwicklung zahlreicher europäischer Bahnmärkte mit Fokus auf wirtschaftliche und nachhaltige Fahrweglösungen.



Helmut Voltolini BA ist Segment Manager Railway bei Getzner Werkstoffe GmbH und verantwortet die globale strategische Weiterentwicklung des Vollbahnsegments. Im Mittelpunkt stehen die langfristige Marktpositionierung sowie die strategische Steuerung des Lösungsportfolios.

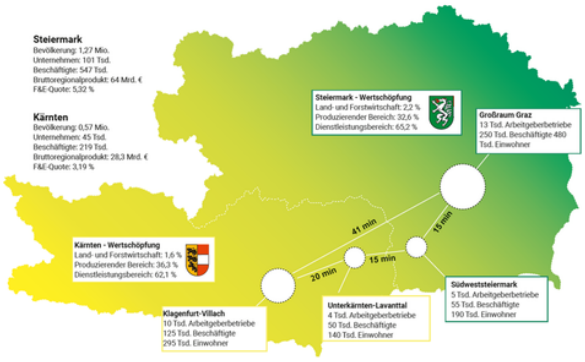
WIRTSCHAFTSDYNAMIK IM SÜDEN

KORALMBAHN: HOFFNUNG FÜR DEN WIRTSCHAFTSRAUM STEIERMARK UND KÄRNTEN – DIE AREA SÜD

VON H. DRAXLER, E.VERHOUNIK UND R. STEINEGGER

Jahrhundertchance Koralmbahn: ein neuer Wirtschaftsraum entsteht - die AREA Süd

Mit der Eröffnung des „Jahrhundertprojektes" Koralmbahn bricht für den Süden Österreichs eine neue Zeitrechnung an. Die Bundesländer Steiermark und Kärnten rücken durch die neue Bahnstrecke als Teil der sogenannten Ten-Achse nicht nur sprichwörtlich in die Mitte Europas, sondern wachsen auch als Wirtschaftsraum AREA Süd zusammen. Denn durch die Koralmbahn entsteht eine neue Agglomeration innerhalb Österreichs. Das „Kerngebiet" – die (künftige) urbane Agglomeration Graz-Klagenfurt – umfasst jene Gemeinden, die im Schnitt in 40 Minuten einen der Bahnhöfe entlang der Strecke erreichen können. Das (erweiterte) Einzugsgebiet zieht sich von der südlichen Obersteiermark bis hin nach Villach. Die gesamte AREA Süd erstreckt sich über ein knappes Drittel der Fläche Österreichs, rund 1,8 Millionen Menschen leben hier. Der Wirtschaftsraum umfasst mehr als 50.000 Arbeitgeberbetriebe mit 770.000 Beschäftigten und erbringt eine Wirtschaftsleistung/Wertschöpfung von rund 83 Milliarden Euro. Die Entwicklungsmöglichkeiten für Österreichs Süden durch die neue Infrastrukturverbindung sind enorm und verdienen es sich näher beleuchtet zu werden.



▲ Abbildung 1 Der Wirtschaftsraum AREA Süd im Überblick; Quelle: WKO, WIBIS, Zahlenupdate 2026 – Statistik Austria/ÖBB

Wirtschaftliche Fakten zum Wirtschaftsraum AREA Süd

- Die Area Süd ist streng genommen keine historisch gewachsene Region. Der Begriff „Südösterreich" ist weder politisch noch wirtschaftlich eine Kategorie mit historischen Wurzeln, da sich die alten Herzogtümer Steiermark und Kärnten kaum zueinander geöffnet haben.
- Die Area Süd ist gesamthaft industriell-gewerblich geprägt und Teil der 58 hoch-industrialisierten NUTS-II-Regionen Europas.
- Beide Bundesländer haben einen Strukturwandel in Richtung Re-Industrialisierung und wissensintensiver Dienstleistungen durchgemacht und konnten der in weiten Teilen Europas beobachtbaren Deindustrialisierung trotzen.
- Die Wachstumsdynamik wurde in den vergangenen Jahren klar vom Technologiebereich der Sachgütererzeugung und den wissensintensiven (unternehmensbezogenen) Dienstleistern getrieben.
- Steiermark und Kärnten weisen eine komplementäre industriell-gewerblich Wirtschaftsstruktur auf, die viele Anknüpfungspunkte für eine Vertiefung von Wertschöpfungsketten bietet.
- Die wirtschaftlichen Stärkefelder der Regionen umfassen unter anderem die Bereiche Mobilität (Automotiv, Bahn- & Flugzeugbau), Maschinenbau (inkl. Green Tech & Advanced Manufacturing), Mikroelektronik (IKT & Elektronische Systeme), Holz & Papier sowie der Logistiksektor.
- Im Bereich Innovation/F&E ist die Region österreichweit führend mit einer Forschungs- & Entwicklungsquote jenseits der 4 % und eine Vielzahl an universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen.
- Die landschaftliche Vielfalt Südösterreichs rund um das Hochgebirge, das steirische Hügelland und die Kärntner Seen sowie das breite touristische Angebot und die zahlreichen Freizeitmöglichkeiten machen die Region darüber hinaus zu einem Standort mit einer fast beispiellosen Lebensqualität.

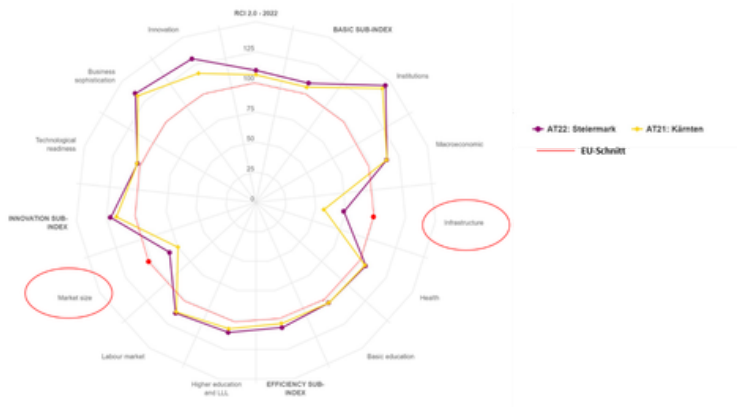
Zur ökonomischen Wirkung der Koralmbahn

1. Die großen Standortnachteile Südösterreichs werden reduziert

Die Koralmbahn trägt dazu bei zwei wesentliche Standortnachteile Südösterreichs zu reduzieren: Der eine betrifft die Erreichbarkeit resultierend aus einer im Vergleich zu anderen Regionen Österreichs und Europas unterdurchschnittlichen Infrastrukturausstattung in den Bereichen Straße und Schiene. Der andere betrifft die unterausgeprägte Marktgröße, die wiederum eng mit der Erreichbarkeit korreliert ist.

WIRTSCHAFTSDYNAMIK IM SÜDEN

KORALMBAHN: HOFFNUNG FÜR DEN WIRTSCHAFTSRAUM STEIERMARK UND KÄRNTEN – DIE AREA SÜD



▲ Abbildung 2 EU Regional Competitiveness Index 2.0 – Edition 2022; Quelle: Europäische Kommission

2. Die Peripherie rückt ins Zentrum mit zwei industriell-gewerblichen Bezirken im Kern

Regionalökonomisch ergeben sich durch die Schaffung der AREA Süd gänzlich neue Konstellationen. So rücken die Bezirke Wolfsberg und Deutschlandsberg ins Zentrum der neuen urbanen Agglomeration und liegen nunmehr im Tagespendlerbereich von Klagenfurt und Graz. Beide Bezirke haben in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine enorm positive Entwicklung genommen, beide sind industriell-gewerblich geprägt und konnten den in weiten Teilen Europas zu beobachtenden De-Industrialisierungstendenzen nicht nur trotzen, sondern entgegenwirken.

3. Zentrum-Peripherie-Gegensatz wird verkleinert

Aufgrund der komplementären Wirtschaftsstruktur, der an der Koralmbahn gelegenen Bezirke, wird eine Win-Win-Situation geschaffen, die den gesamten Wirtschaftsraum erfassen wird. Eine bessere Anbindung von peripheren Regionen an urbane Agglomerationen wirkt generell doppelt: Einerseits wird die Peripherie an die städtische Infrastruktur angeschlossen (Zugang zu Arbeitsplätzen, einem städtischen Ökosystem etc.) und andererseits kann der Agglomerationsdruck merklich abgeschwächt werden (das Einzugsgebiet dehnt sich aus – neuer (leistbarer) Wohn- und Arbeitsraum wird erschlossen).

4. Der Arbeitsmarkt wird dynamisiert

Für Beschäftigte dehnt sich durch die neue Südbahn der Suchradius aus. Für sie wird es möglich, neue Arbeitsplätze in derzeit nicht in Tagespendlerdistanz liegenden Regionen anzunehmen. Die Möglichkeiten, eine adäquate Beschäftigung zu finden, steigen signifikant und dies in beiden Bundesländern. Die Pendlerströme zwischen den einzelnen Regionen entlang der Koralmbahn werden sich signifikant erhöhen, wobei die Effekte bei Reisezeiten bis zu 40–50 Minuten am höchsten sein werden. Der seitens des Joanneum Research geschätzte mittlere Anstieg der Pendelverflechtungen beträgt knapp 35 Prozent.

5. Infrastruktur gegen die Abwanderung: Demografischer Trend wird gebrochen

Durch das Koralmtunnelprojekt ergibt sich die große Chance, den negativen demografischen Trend in der Region Südösterreich zu brechen. Eine quantitative Modellschätzung des Joanneum Research der direkten und indirekten Effekte, die sich mit der Eröffnung der Koralmbahn für die urbane Agglomeration Graz-Klagenfurt – vor allem aber für die jeweiligen Regionen, die steirischen und Kärntner Gemeinden – ergeben, zeigt einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen dem Infrastrukturausbau und der Bevölkerungsentwicklung. Das Vorhandensein eines Bahnhofs geht mit einem um 2,86 Prozentpunkte höheren Bevölkerungswachstum einher. Der Zugang zu einem Bahnhof erhöht das erwartete Bevölkerungswachstum um knapp 2 Prozent.

6. Eine international sichtbare Region: Der zweitgrößte Ballungsraum Österreichs

Mit dem neuen Ballungsraum Graz-Klagenfurt entsteht der zweitgrößte Ballungsraum in Österreich neben Wien und ein bedeutender Ballungsraum selbst im internationalen Maßstab. Im deutschen Raum zählen nur Berlin, Wien, München, Hamburg und Köln mehr als 1 Mio. Einwohner. Die erweiterte urbane Agglomeration Graz-Klagenfurt wird insgesamt rund 1,1 Millionen Einwohner und eine halbe Million unselbstständig Beschäftigte zählen, wobei über 130.000 im produzier-

KORALMBAHN: HOFFNUNG FÜR DEN WIRTSCHAFTSRAUM STEIERMARK UND KÄRNTEN – DIE AREA SÜD

enden Bereich tätig sind. Auf Basis einer gemeinsamen Vermarktungsstrategie sollte die neue Agglomeration auch über die Grenzen Österreichs hinaus eine wirtschaftliche Strahlkraft entwickeln.

Standortpolitische Agenda 2026plus

Infrastrukturmaßnahmen sind für sich genommen kein Selbstläufer. Vielmehr bedarf es der Setzung aktiver regional- bzw. wirtschaftspolitischer Maßnahmen. Die Landesregierungen Steiermark und Kärnten haben diesem Gedanken in Form eines Arbeitsübereinkommens bereits Rechnung getragen und einige Themenfelder definiert, entlang derer in kommenden Jahren stärker kooperiert bzw. gemeinsame Aktivitäten erwachsen sollen. Die WKO selbst hat Standortpolitische Agenda definiert, die für die Periode 2026plus im Wesentlichen folgende Schwerpunkte umfasst:

Infrastrukturausbau im Bereich Schiene & Straße

- Ausbau der Koralmbahnbegleit- und -zubringerinfrastruktur:
  - Beseitigung der Flaschenhälse auf der Südbahnstrecke: Vollausbau der Strecke Graz – Bruck/Mur & Bau einer neuen Gütertrasse zwischen Klagenfurt und Villach
  - Optimierung der Taktung der Zubringerinfrastruktur in beiden Bundesländern & Sicherstellung der regionalen Buslinien und S-Bahn-Verbindungen
  - Schaffung einer Anbindung der Flughäfen Graz und Klagenfurt an den öffentlichen Verkehr bzw. Verknüpfung mit der Koralmbahn
- Stärkung des intermodalen Verkehrs durch gezielte Weiterentwicklung von Terminalstandorten und Schaffung neuer Kapazitäten
- Umsetzung eines eigenen Area Süd-Tickets (SÜDCARD) nach dem Vorbild des Verbundtickets in Ostösterreich
- Ausbau der Schienen -und Straßeninfrastruktur abseits der Koralmbahn
  - Ausbau der Phyrn-Schober-Achse: Neubau flacher Bosrucktunnel & viergleisiger Ausbau der Verbindung Graz-Bruck/Mur (Überschneidung mitBaltisch-Adriatischer-Achse)
  - Durchgängig zweigleisiger Ausbau der Südbahnverbindung Werndorf – Spielfeld (Baltisch-Adriatische-Achse)
  - Tauernachse: Modernisierung und Linienverbesserungen der Bestandsstrecke (etwa im Raum Salzburg-Bischofshofen bzw. dem Gasteinertal)
  - Sicherheitsausbau der Verbindung B317 – S37 zwischen Friesach und Judenburg
  - Erhalt und Ausbau der Nebenbahnen in den Regionen für den Personen- bzw. Güterverkehr:
    - Revitalisierung der Bahnstrecke Zeltweg – Dravograd (Lavanttalbahn) - (Machbarkeitsstudie seitens Wirtschaftskammern avisiert)
    - Erneuerung der Murtalbahn inkl. Elektrifizierung
    - Revitalisierung der Görtschitztalbahn für den Güterverkehr

Attraktivierung des Wirtschafts- und Lebensstandorts

- Gemeinsame strategische Entwicklung von hochrangigen Gewerbeflächen in der gesamten Area Süd
  - Schwerpunktsetzung auf Basis komplementärer Standortvorteile
  - Strategische Kooperation SFG und BABEG ausbauen
  - Implementierung einer Standortagentur in der Steiermark analog zur BABEG & Ausbau der Standortagenturen zu einem One-Stop-Shop im Incoming- und Outgoingbereich inkl. Fachkräfteakquise
- Ausbau der Breitbandinfrastruktur in der AREA SUED: zentrale Orte und Unternehmensstandorte in den Regionen in den Fokus nehmen
- Gezielte Stärkung der zentralen Orte auf Basis der Raumordnung in der Steiermark und Kärnten
- Tourismus:
  - Abstimmung des touristischen Angebots & gemeinsame Vermarktung
  - gemeinsame Süd-Card & Klimaticket für Touristen

Attraktivierung des Bildungs- und Innovationsstandorts

- Bildungsstandort Südösterreich:
  - AREA Süd als MINT-Region etablieren
    - Anpassung bzw. Abstimmung der schulischen Angebote im MINT-Bereich zwischen der Steiermark und Kärnten
  - Sicherung der Berufsschulstandorte & Ausbau des HTL-Sektors in Südösterreich
  - Implementierung eines flächendeckenden Kinderbetreuungsangebots

KORALMBAHN: HOFFNUNG FÜR DEN WIRTSCHAFTSRAUM STEIERMARK UND KÄRNTEN – DIE AREA SÜD

- Internationalität des Wirtschaftsstandortes durch englischsprachige Bildungsangebote bedienen
- Innovations- und F&E-Standort Südösterreich:
  - Bundeslandübergreifende Cluster weiterentwickeln
    - Mobilität, Eco-Tech, Holz & Humantechnologie
  - Sicherstellung der F&E-Mittel im Bereich K- und Kplus-Zentren
  - Hochschulen: Harmonisierung der Studienangebote im AREA Süd-Raum
    - Bundesland-/Universitätsübergreifende Curricula
    - Abgestimmte strategische Vermarktung des Uni- und FH-Standorts Südösterreich
  - Bundesländerübergreifende, kooperative F&E-Ausschreibungen

Resümee

Die Koralmbahn ist Türöffner für Schaffung einer „echten, integrierten" Wirtschaftsregion AREA Süd im Süden Österreichs. Die Chancen für die Bundesländer Steiermark und Kärnten sind nicht nur rein wirtschaftlich betrachtet enorm, sondern reichen bis weit in unterschiedlichste Lebensbereiche hinein. Diese Chance gilt es aktiv zu nutzen. Aktiv versinnbildlicht in diesem Zusammenhang, dass Infrastrukturmaßnahmen kein Selbstläufer sind, sondern einer entsprechenden strategischen und operativen Begleitung auf politischer Ebene bedürfen. In der AREA Süd wurden in den vergangenen Jahren auf strategisch-planerischer Ebene erste Weichen auf Ebene der Wirtschaftskammer und der Landespolitik gestellt, damit das Projekt Koralmbahn der gesamten Region AREA Süd Vorteil gereicht. Nun gilt es diese strategischen Überlegungen in operative Bahnen zu lenken, sodass der Süden Österreichs in den kommenden Jahrzehnten zu einem international sichtbaren Standort wird.

Quellen

[1] Kirschner et al. (2020) Wirtschaftsstandort Südösterreich: Endogene Wachstumspotenziale, Unternehmensdynamik, direkte und indirekte Außenhandelsverflechtungen und Implikationen auf die regionalen Arbeitsmärkte, Joanneum Research, Graz.

[2] Kirschner et al. (2022) Der Koralmtunnel – Chance für Süd-Österreich? Neue Entwicklungsmöglichkeiten und Wachstumspotenziale entlang der Achse Graz-Klagenfurt, Joanneum Research, Graz.

[3] Land Steiermark & Kärnten (2024) Region Südösterreich Gemeinsames Arbeitsprogramm der Bundesländer Kärnten und Steiermark: Dokumentation von Initiativen für eine stärkere Kooperation der Bundesländer Kärnten und Steiermark.



Ing. Mag. Herwig Draxler, Abteilungsleiter Wirtschaftspolitik in der Wirtschaftskammer Kärnten Geschäftsführer der Volkswirtschaftlichen Gesellschaft Kärnten; WKKtn - Sparte Information und Consulting



Mag. Dr. Ewald Verhounig ist als Leiter des Instituts für Wirtschafts- und Standortentwicklung sowie als Planungskoordinator an der WKO Steiermark tätig. Nach dem Studium der Volkswirtschaftslehre an der Karl-Franzens-Universität Graz sowie einem einjährigen Studienaufenthalt an der Universität Twente und der westfälischen Universität Münster trat er 2004 in die WK Steiermark ein.



Mag. Robert Steinegger absolvierte das Studium der Volkswirtschaftslehre an der Karl-Franzens-Universität Graz. Ein Studienjahr davon verbrachte er an der University of Exeter. Anschließend folgte ein Praktikum bei der OMV und eine Trainee-Ausbildung bei Austrian Airlines. Im Jahre 2009 begann er seine Tätigkeit als Referent in der Wirtschaftskammer Steiermark.

ÖBB-PERSONENVERKEHR AUF DER NEUEN SÜDSTRECKE

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN

VON M. ELSNER UND K. GARSTENAUER

1. Einleitung

Die ÖBB-Personenverkehr AG (ÖBB PV AG) ist das Rückgrat des öffentlichen Verkehrs in Österreich und erbringt ihre Schienenpersonenverkehrsleistungen überwiegend auf dem Netz der ÖBB-Infrastruktur AG. In Kooperation mit Eisenbahnverkehrsunternehmen der Nachbarstaaten entsteht ein grenzüberschreitendes Fernverkehrsnetz, das systematisch mit dem Nah- und Regionalverkehr vertaktet ist.

Die Fahrplanentwicklung folgt einem Knoten-Kanten-Modell, dessen Grundlage die verfügbare Eisenbahninfrastruktur bildet. Mit der Inbetriebnahme der Koralmbahn veränderte sich diese Basis grundlegend. Dadurch eröffneten sich neue Möglichkeiten für die Weiterentwicklung des nationalen und internationalen Angebots sowie für die Neuordnung des Fahrplansystems. Die entsprechenden Anpassungen wurden im Rahmen umfangreicher Vorarbeiten entwickelt und mit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2025 umgesetzt.

Für die ÖBB-Personenverkehr AG stellte die Inbetriebnahme der Koralmbahn eine der komplexesten Betriebsaufnahmen der vergangenen Jahrzehnte dar. Im Mittelpunkt stand dabei nicht die Inbetriebnahme einer isolierten Infrastruktur, sondern die Integration eines neuen hochleistungsfähigen Systemelements in das bestehende österreichweite Taktfahrplan- und Produktionssystem. Die Auswirkungen reichten von Angebotsplanung und Fahrzeugeinsatz über Instandhaltung und Personalqualifizierung bis hin zur Sicherstellung der betrieblichen Resilienz.

Infrastruktur und Systeminnovation: Die Koralmbahn schafft ein technologisch modernes und leistungsfähiges Bahnnetz.

Kennzahl	Bedeutung
> 30 km Tunnelstrecke im ETCS-Betrieb ohne Außensignale	Digitalisierung und Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Bahnnetzes
RJX Graz–Klagenfurt in 41 Minuten	Deutliche Reisezeitverkürzung durch die Koralmbahn
5 neue InterRegio-Linien	Verbesserte Netzverknüpfung zwischen Süd- und Weststrecke

Angebotsausweitung und Kundennutzen: Die Südstrecke entwickelt sich zum wichtigsten Personenverkehrskorridor Österreichs.

Kennzahl	Bedeutung
rund 30 % mehr Angebot im Fernverkehr	Deutliche Kapazitäts- und Angebotssteigerung
26 tägliche Verbindungen Wien–Klagenfurt	Verbesserte Erreichbarkeit Kärntens
33 tägliche Verbindungen Wien–Graz	Verdichtung der Bedienung
31 tägliche Verbindungen Graz–Klagenfurt	Neue Verbindung der Landeshauptstädte
20 Direktverbindungen Villach–Salzburg	Neue Direktverbindungen ohne Umstieg
7 Direktverbindungen Graz–Salzburg	Verbesserte Westanbindung
5 Direktverbindungen Graz–München	Stärkung internationaler Beziehungen
ca. 10,09 Mio. zusätzliche Angebotskilometer	Größenordnung der Angebotsausweitung

Betriebsaufnahme und Rollmaterial: Die Inbetriebnahme erfordert neue Fahrzeuge und angepasste Prozesse.

Kennzahl	Bedeutung
31 Desiro MainLine Fahrzeuge	Neue Fahrzeugflotte für den InterRegio-Verkehr
10 Minuten Catering-Beladung in Graz Hbf	Anpassung betrieblicher Prozesse an das neue System
neue bzw. wesentlich geänderte Nahverkehrslinien	Anpassung des regionalen Angebots an die neuen Verkehrsströmungen

ÖBB-PERSONENVERKEHR AUF DER NEUEN SÜDSTRECKE

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN

Produktions- und Schulungsaufwand: Die Betriebsaufnahme der Koralmbahn erfordert umfangreiche Vorbereitung.	
Kennzahl	**Bedeutung**
>500 Zugbegleiter:innen	Schulungsbedarf
>500 Triebfahrzeugführer:innen	Schulungsbedarf
ca. 157 Fahrtage	Umfang der Betriebsvorbereitung
ca. 660 Mess- und Testfahrten	Validierung des Systems
ca. 160 Überstellfahrten	Logistische Vorbereitung
ca. 195 Verschubfahrten	Vorbereitende Betriebsmaßnahmen
ca. 3.400 Schulungsfahrten	Befähigung des Personals

▲ Tabelle 1 (vier Teiltabellen): Die Betriebsaufnahme der Koralmbahn im Überblick

2. Vom Infrastrukturprojekt zum neuen Verkehrssystem

Die physische Infrastruktur bestimmt die Fahrmöglichkeiten für die zugangsberechtigten Eisenbahnverkehrsunternehmen. Das strategische Angebotskonzept der ÖBB PV AG verfolgt den kontinuierlichen Ausbau eines vertakteten Fahrplansystems für den Fernverkehr sowie den Nah- und Regionalverkehr. Ein Jahrhunderterreignis wie die Verkehrswirksamkeit der neuen Koralmbahn ermöglichte wesentliche Verbesserungsschritte zum relevanten Fahrplanwechsel.

2.1 Anpassungen im Knoten-Kanten-Modell

Das Knoten-Kanten-Modell bildet die Struktur eines vertakteten Fahrplansystems ab. Dabei repräsentieren die Knoten die Umsteige- und Verknüpfungspunkte des Netzes, während die Kanten die Verbindungen zwischen diesen Knoten darstellen. Ziel eines integrierten Taktfahrplans ist es, dass sich die Züge möglichst zeitgleich in den Knotenbahnhöfen treffen, um optimale Anschlussbeziehungen zu gewährleisten. Eine zentrale Voraussetzung hierfür ist die Einhaltung der sogenannte Knotenregel. Diese besagt, dass die Fahrzeit zwischen zwei benachbarten Knoten geringfügig unter der Hälfte des zugrunde liegenden Taktintervalls liegen sollte. Wird diese Bedingung erfüllt, können sich die Züge der gegenläufigen Fahrtrichtungen in den jeweiligen Knoten begegnen und so attraktive Umsteigeverbindungen ermöglichen.

Mit der Inbetriebnahme der Koralmbahn entstand zwischen Graz und Klagenfurt eine leistungsfähige Schienenverbindung mit einer Fahrzeit von weniger als einer Stunde. Dadurch wurden die Voraussetzungen für eine grundlegende Neuausrichtung des Fahrplans entlang der Südstrecke geschaffen. Insbesondere konnten Fahrzeitgewinne realisiert und neue Anschlusskonzepte umgesetzt werden.

Da der Fernverkehr eng mit dem Nah- und Regionalverkehr verknüpft ist, erforderte die Neuordnung des Fernverkehrsangebots gleichzeitig umfangreiche Anpassungen in den regionalen Verkehrssystemen. Im Zuge dessen wurde mit der Zugkategorie InterRegio ein neues Angebotssegment im langlaufenden Regionalverkehr eingeführt.

Der Nutzen der neuen Infrastruktur beschränkt sich nicht auf die Verkürzung einzelner Reisezeiten. Entscheidend ist ihre Einbindung in ein gesamthaft abgestimmtes Verkehrssystem. Veränderungen einzelner Kanten wirken sich unmittelbar auf Knoten, Anschlussbeziehungen, Fahrzeugumläufe, Personaldispositionen sowie betriebliche Prozesse in den Bahnhöfen aus. Aus Sicht eines Eisenbahnverkehrsunternehmens war daher ein umfassend neu gestaltetes Verkehrsnetz zu planen, vorzubereiten und in den Regelbetrieb zu überführen.

ÖBB-PERSONENVERKEHR AUF DER NEUEN SÜDSTRECKE

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN

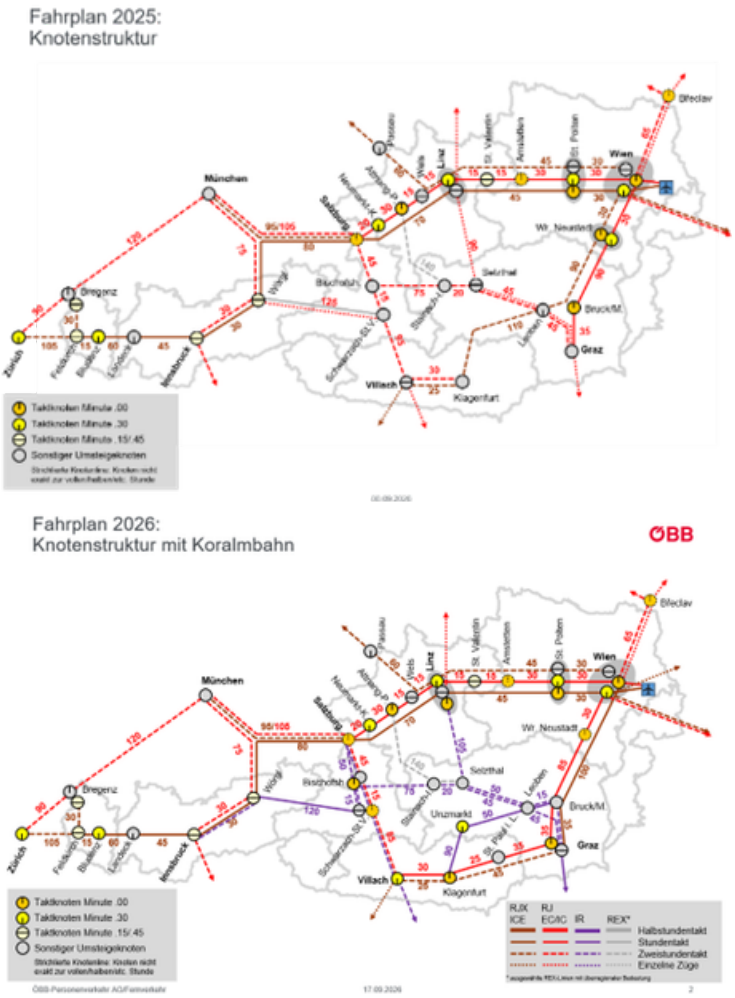


Abbildung 1 Knoten-Kanten-Modell vor und nach der Inbetriebnahme der Koralmbahn

2.2 Ausgangssystem auf der Südstrecke

Vor Inbetriebnahme der Koralmbahn war die Südstrecke durch zwei vertaktete Fernverkehrssysteme geprägt. Zwischen Wien und Graz verkehrte ein stündliches Fernverkehrsangebot mit Abfahrt in Wien zur Symmetrieminute 00. Ein Großteil dieser Verbindungen war nordwärts nach Prag bzw. Berlin und südwärts nach Ljubljana durchgebunden. Zentrale Fahrplanknoten dieses Systems befanden sich in Wiener Neustadt und Mürzzuschlag.

Parallel dazu bestand ein weiterer Stundentakt zwischen Wien und Villach über Leoben mit Abfahrt in Wien zur Symmetrieminute 30. Einzelne Verbindungen wurden über Villach hinaus bis Venedig geführt.

Die verkehrliche Vernetzung des Systems basierte auf Vollknoten in Wiener Neustadt, Leoben, Judenburg und Villach, welche die wesentlichen Umsteigebeziehungen im Fern- und Regionalverkehr sicherstellten.

Insgesamt war das Angebotskonzept auf der Südstrecke von zwei weitgehend unabhängigen Fernverkehrsachsen geprägt. Die Inbetriebnahme der Koralmbahn bot die infrastrukturellen Voraussetzungen, diese Systemlogik grundlegend weiterzuentwickeln und die Verkehrsströme zwischen Wien, Graz, Klagenfurt und Villach sowie inneralpin neu zu organisieren.

3. Das neue Angebots- und Fahrplankonzept

Das neu gestaltete Verkehrsnetz der Südstrecke brachte weitreichende Neuerungen sowohl im Fernverkehr wie auch im Nah- und Regionalverkehr.

3.1 Fernverkehr

Seit dem Fahrplanwechsel 2025 werden sämtliche vertakteten Fernverkehrslinien über Graz geführt und damit die Landeshauptstadt der Steiermark als zentraler Knoten im Nord-Süd-Verkehr etabliert. Das Fernverkehrsangebot basiert auf einer stündlichen Railjet-Linie mit Abfahrt in Wien zur Symmetrieminute 00, die sämtliche Knotenbahnhöfe entlang der Südachse bis Villach bedient. Ergänzt wird dieses Angebot durch eine zunächst zweistündlich verkehrende Railjet-Express-Linie mit Abfahrt in Wien zur Symmetrieminute 30. Diese stellt in Bruck an der Mur optimierte Anschlüsse in Richtung Murtal her und bedient darüber hinaus lediglich die Knoten Graz und Klagenfurt. Zur Sicherstellung der systemrelevanten Umsteigeverbindungen in Bruck an der Mur wurde auf einen Halt dieser Linie in Wiener Neustadt verzichtet. Dies erforderte die Schaffung eines adäquaten Ersatzangebots im Nah- und Regionalverkehr.

Gleichzeitig wurde die internationale Vernetzung des Nord-Süd-Korridors neu geordnet. Die Fernverkehrslinien sind nordwärts nach Prag beziehungsweise Berlin sowie südwärts nach Ljubljana, Zagreb, Venedig oder Triest durchgebunden. Darüber hinaus wurden sämtliche Verbindungen zwischen Klagenfurt und Deutschland bis Graz verlängert. Die bisherigen Direktverbindungen zwischen Graz und Deutschland werden nun über Villach und die Tauernstrecke geführt. Nach demselben Prinzip wurde auch die Führung des Nightjet 464/465 zwischen

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN



Graz und Zürich neu gestaltet.

Diese grundlegende Weiterentwicklung des Fernverkehrssystems ermöglicht eine verbesserte nationale und internationale Vernetzung innerhalb des integrierten Taktfahrplans.

3.2 InterRegio sowie Nah- und Regionalverkehr

Aus der Neuausrichtung des Fernverkehrs folgten umfassende, komplementäre Anpassungen im Nah- und Regionalverkehr. Eine zentrale Rolle kommt dabei der neu eingeführten Zugkategorie InterRegio (IR) zu, mit der das Verkehrsangebot im inneralpinen Raum grundlegend weiterentwickelt wurde.

Die InterRegio-Züge verkehren auf den Relationen Graz–Linz, Graz–Salzburg, Graz–Bruck an der Mur–Klagenfurt, Salzburg–Saalfelden sowie Salzburg–Villach. Damit ersetzen beziehungsweise ergänzen sie bestehende Nahverkehrsangebote und übernehmen auf dem Abschnitt Klagenfurt–Bruck an der Mur zudem Funktionen früherer Fernverkehrsverbindungen. Auf der Tauernstrecke zwischen Salzburg und Villach ergänzen die InterRegio-Züge die zweistündlich verkehrenden internationalen Fernverkehrslinien zu einem durchgehenden Stundentakt und tragen damit zu einer Angebotsverdichtung im Gesamtsystem bei.

Entlang der Südstrecke wurden darüber hinaus weitreichende Anpassungen im Nah- und Regionalverkehr umgesetzt. Zur Sicherstellung einer halbstündlichen, schnellen Verbindung zwischen Wien und Wiener Neustadt wurde die Linie Cityjet Express (CJX) 9 neu eingeführt. Diese verkehrt zwischen Wien und Wiener Neustadt mit einem Zwischenhalt in Baden und wird in südlicher Richtung bis Payerbach-Reichenau geführt. Die Linie übernimmt damit die Funktion einer schnellen Direktverbindung zwischen Wien und Wiener Neustadt und kompensiert den Entfall des Halts der Railjet-Express-Züge in Wiener Neustadt.

Auch die Verkehrsangebote in der Steiermark und in Kärnten wurden grundlegend neu strukturiert. In der Steiermark wurden die bisherigen S-Bahn-Linien S1, S5 und S9 zu einer durchgehenden Verbindung zwischen Mürzzuschlag und Spielfeld-Straß zusammengeführt.

Die Regionalverkehrslinien der Obersteiermark nördlich von Leoben wurden fahrplantechnisch auf die InterRegio-Verbindungen abgestimmt und verkehren abschnittsweise alternierend zu diesen.

In Kärnten erfolgte eine grundlegende Neuordnung der S-Bahn-Systematik. Mit der Einführung der neuen Linie S1 zwischen Wolfsberg und Lienz wurde die Linienlogik an die veränderten Verkehrsströme angepasst. Der zuvor von der S1 bediente Abschnitt zwischen Klagenfurt und Friesach wird seit dem Fahrplanwechsel durch die InterRegio-Linie Klagenfurt–Bruck an der Mur–Graz bedient. Ergänzend wurde das Angebot zwischen Klagenfurt und St. Veit an der Glan durch die Verlängerung der Linie S2 von Villach über Feldkirchen und St. Veit an der Glan bis nach Klagenfurt ausgeweitet.

Mit den dargestellten Maßnahmen wurden Fernverkehr, Nahverkehr und Regionalverkehr als integriertes Gesamtsystem neu aufeinander abgestimmt. Dadurch konnten die durch die Koralmbahn geschaffenen infrastrukturellen Potenziale in ein leistungsfähiges und anschlussoptimiertes Verkehrssystem überführt werden.

3.3 Neue betriebliche Abhängigkeiten

Die mit der Inbetriebnahme der Koralmbahn verbundenen Fahrplananpassungen führten zu neuen betrieblichen Abhängigkeiten und veränderten Belastungsschwerpunkten im Gesamtsystem. So erhöhte sich die Auslastung des Abschnitts Wien–Wiener Neustadt weiter, da die im Zielkonzept vorgesehene Verlagerung von Fernverkehrsleistungen auf die Pottendorfer Linie erst nach Fertigstellung des Nordkopfs des Wiener Neustädter Hauptbahnhofs möglich sein wird.

Gleichzeitig gewann der Knoten Bruck an der Mur als zentraler Umsteige- und Verknüpfungspunkt deutlich an Bedeutung. Neben der Sicherstellung wichtiger Anschlüsse erfolgt dort auch die Flügelung und Vereinigung von InterRegio-Zügen. Zusätzliche Anforderungen ergeben sich aus der Durchbindung der steirischen S-Bahn-Linie S1 sowie der erheblichen Verdichtung des Fernverkehrs zwischen Bruck an der Mur und Graz, wodurch die Komplexität des Betriebsablaufs anstieg und die Kapazitätsgrenze dieses Abschnitts erreicht wurde.

Auch im Kärntner Nah- und Regionalverkehr entstanden neue Abhängigkeiten. Die Stabilität des Systems hängt

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN



wesentlich von der pünktlichen Abwicklung der Knotenvorgänge in St. Paul im Lavanttal ab, um die Wechselwirkungen zwischen Regional- und Fernverkehr auf der Koralmbahn störungsfrei zu gestalten.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass mit wachsender Fahrplandichte und verbesserten Anschlussbeziehungen auch die Anforderungen an Pünktlichkeit, Prozessstabilität und betriebliche Disziplin steigen. Bereits geringfügige Abweichungen können sich über mehrere Knoten und lange Zugläufe hinweg fortpflanzen. Die Vorbereitung der Betriebsaufnahme musste daher neben dem Regelbetrieb insbesondere Verspätungsszenarien, alternative Betriebsführungen sowie geeignete Rückfall- und Resilienzkonzepte berücksichtigen.

Die durch die Koralmbahn induzierte Verdichtung des Angebots führt zu einer deutlichen Zunahme systemischer Abhängigkeiten. Während die Infrastruktur zusätzliche Streckenkapazitäten bereitstellt, steigen gleichzeitig die Anforderungen an die Synchronisation von Knotenprozessen, Umläufen, Personalressourcen und Fahrzeugbereitstellung. Die operative Robustheit des Gesamtsystems wird dadurch zunehmend von der Qualität der Schnittstellensteuerung bestimmt.

4. Organisation der Betriebsaufnahme

Die Vorbereitung der Betriebsaufnahme der Koralmbahn wurde als konzern- und bereichsübergreifendes Transformationsvorhaben organisiert. Hierfür wurde eine mehrstufige Governance-Struktur etabliert, die eine koordinierte Steuerung über alle betroffenen Unternehmensbereiche und Partnerorganisationen hinweg sicherstellte. Neben zentralen Planungs-, Entscheidungs- und Steuerungsgremien wurden regionale Arbeitsstrukturen für die betroffenen Verkehrsregionen und Produktionsknoten eingerichtet.

An der Vorbereitung waren die Absatzgesellschaften des Konzerns sowie weitere externe Leistungspartner beteiligt. Ziel dieser organisationsübergreifenden Zusammenarbeit war die Schaffung aller betrieblichen, technischen und personellen Voraussetzungen für eine sichere, stabile und qualitativ hochwertige Betriebsaufnahme.

Die Governance des Vorhabens folgte einer durchgängigen Steuerungslogik von der verkehrlichen Zielkonzeption bis zum Nachweis der operativen Produktionsreife. Dabei wurden insbesondere folgende Handlungsfelder systematisch bearbeitet:

- Entwicklung und Absicherung des Fahrplan- und Trassenkonzepts einschließlich der Prüfung der betrieblichen Fahrbarkeit,
- Sicherstellung der Fahrzeugverfügbarkeit, Zulassungen und rechtzeitigen Einsatzfähigkeit,
- Ausarbeitung von Umlauf-, Instandhaltungs-, Abstell- und Servicierungskonzepten,
- Planung von Personalbedarf, Qualifizierungsmaßnahmen und Dienstmodellen,
- Erprobung betrieblicher Schlüsselprozesse unter Realbedingungen,
- Entwicklung von Notfall-, Ersatz- und Resilienzkonzepten,
- Monitoring der Betriebsaufnahme sowie strukturierte Nachsteuerung in der Hochlaufphase.

Ein zentrales Prinzip der Governance bestand darin, Fragestellungen und Risiken nicht isoliert innerhalb einzelner Organisationseinheiten zu betrachten, sondern systemübergreifend zu bewerten. Änderungen im Fahrplan konnten beispielsweise unmittelbare Auswirkungen auf Fahrzeugumläufe, Instandhaltungsfenster, Abstellkapazitäten, Verschubprozesse oder Personaleinsätze haben. Die Projektsteuerung hatte daher die Aufgabe, diese wechselseitigen Abhängigkeiten transparent zu machen, Entscheidungsbedarfe frühzeitig zu identifizieren und bereichsübergreifend zu koordinieren.

Zur Sicherstellung der Umsetzungsreife wurden regelmäßige Reviews sowie formalisierte, sogenannte "Quality Gates" etabliert. Diese dienten dazu, den Fortschritt in den einzelnen Handlungsfeldern zu bewerten, Risiken zu adressieren und die Wirksamkeit der gesetzten Maßnahmen nachzuweisen. Erst nach Erfüllung definierter Qualitäts- und Reifekriterien erfolgte die Freigabe für die jeweils nachfolgenden Projektphasen. Die Governance-Struktur stellte damit sicher, dass die Betriebsaufnahme nicht als Summe einzelner Teilprojekte, sondern als integrierte Einführung des neuen Fahrplan- und Produktionssystems umgesetzt werden konnte. Aus Organisationssicht hing der Erfolg dieses Fahrplanwechsels maßgeblich davon ab, technische, betriebliche und personelle Reifegrade entlang eines gemeinsamen Zielbildes zu entwickeln und deren Erfüllung systematisch nachzuweisen.



ÖBB-PERSONENVERKEHR AUF DER NEUEN SÜDSTRECKE

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN

5. Herstellung der produktionellen Voraussetzungen

Ziel sämtlicher Maßnahmen war die Herstellung der produktionellen Reife des Gesamtsystems zum Zeitpunkt der Betriebsaufnahme. Produktionelle Reife wird dabei als Zustand verstanden, in dem Fahrplan, Fahrzeuge, Personal, Instandhaltung und operative Prozesse unter Realbedingungen stabil und reproduzierbar zusammenwirken.

5.1 Fuhrpark und Übergangskonzepte

Die umfassende Neugestaltung des Verkehrsangebots im Zuge der Inbetriebnahme der Koralmbahn erforderte langfristige Vorbereitungen im Bereich der Fahrzeugstrategie. Bereits im Jahr 2016 wurden Rahmenvereinbarungen für die Beschaffung elektrischer Triebzüge für den Nah- und Regionalverkehr sowie von Wendezügen für den Fernverkehr abgeschlossen, um die künftigen Angebotsausweitungen abdecken zu können.

Vorgesehen war der Abruf von 31 elektrischen Triebzügen des Typs Talent 3 für den InterRegio-Verkehr sowie von 19 neunteiligen Railjet-Garnituren der neuen Generation für den Einsatz auf der Südstrecke und deren Weiterführung über die Tauernachse nach Deutschland. Beide Beschaffungsvorhaben konnten jedoch nicht in der ursprünglich geplanten Form für die Inbetriebnahme der Koralmbahn genutzt werden. Der für den InterRegio-Verkehr vorgesehene Fahrzeugtyp Talent 3 erreichte herstellerseitig nicht die erforderliche Zulassungsreife. In der Folge trat die ÖBB-Personenverkehr AG im Jahr 2021 vom Liefervertrag zurück. Die Rechtmäßigkeit dieses Vertragsrücktritts wurde zwischenzeitlich in einem Schiedsverfahren bestätigt.

Zur Sicherstellung der Betriebsaufnahme wurde daher ein mehrstufiges Fahrzeugkonzept entwickelt. Für die kurzfristige Deckung des Fahrzeugbedarfs im InterRegio-Verkehr wurde ein Beschaffungsverfahren mit besonderem Fokus auf kurzfristige Lieferfähigkeit durchgeführt. Parallel dazu wurde ein separates Vergabeverfahren zur Beschaffung einer langfristigen Flottenlösung mit höheren Komfort- und Kapazitätsstandards eingeleitet.

Im Ergebnis standen zum Fahrplanwechsel im Dezember 2025 insgesamt 31 elektrische Triebzüge des Typs Desiro MainLine für den InterRegio-Verkehr zur Verfügung. Die Fahrzeuge basieren auf einer im österreichischen Nah- und Regionalverkehr bewährten Plattform und wurden für ihren Einsatz im neuen Produktsegment adaptiert. Zu den Anpassungen zählen insbesondere ein Bereich der ersten Wagenklasse sowie Infrastruktur für ein mobiles Cateringangebot. Diese Fahrzeuge bilden weitgehend das Rollmaterial des InterRegio-Systems bis einschließlich Fahrplanjahr 2028.

Ab Dezember 2028 ist die schrittweise Ablöse durch elektrische Triebzüge des Typs Mireo vorgesehen. Die Fahrzeuge werden unter der internen Bezeichnung „Railjet M" geführt und orientieren sich hinsichtlich Komfortstandard und Innenraumgestaltung am aktuellen Fernverkehrsdesign der ÖBB-Personenverkehr AG. Neben Sitzbereichen der ersten und zweiten Wagenklasse werden sie über Selbstbedienungsangebote für die Bordverpflegung verfügen. Mit einer Fahrzeuglänge von rund 106 Metern und einer gegenüber dem Desiro MainLine um etwa 30 Prozent höheren Sitzplatzkapazität stellen sie die Ziel-Fahrzeugplattform für das InterRegio-System dar.

Das gewählte Übergangskonzept war ein wesentliches Element des Risikomanagements. Die Sicherstellung der termingerechten Betriebsaufnahme wurde bewusst von der langfristig angestrebten Produktqualität entkoppelt. Dadurch konnten für den Markteintritt verfügbare und betrieblich erprobte Fahrzeuge eingesetzt werden, während die Umsetzung des strategischen Zielkonzepts parallel weiterverfolgt wurde. Für die Produktionsorganisation bedeutete dies, Betrieb, Instandhaltung, Servicierung und Personalschulung für eine Übergangsflotte aufzubauen und gleichzeitig bereits die Voraussetzungen für den späteren Flottenwechsel zu schaffen.

Auch im Fernverkehr waren umfangreiche Übergangslösungen erforderlich. Aufgrund technischer und wirtschaftlicher Herausforderungen in Folge der COVID-19-Pandemie sowie der geopolitischen Entwicklungen ab 2022 kam es zu Verzögerungen bei der Bereitstellung der im Rahmen der bestehenden Vereinbarung vorgesehenen Railjet-Garnituren der neuen Generation. Ab dem Jahres-

ÖBB-PERSONENVERKEHR AUF DER NEUEN SÜDSTRECKE

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN

wechsel 2022/23 zeichnete sich ab, dass die Fahrzeuge nicht rechtzeitig zur Inbetriebnahme der Koralmbahn verfügbar sein würden.

Um die Betriebsaufnahme dennoch abzusichern, wurde eine konzernweite Umschichtung des Fahrzeugeinsatzes umgesetzt. Die vordem zwischen Wien und Salzburg auf der Railjet-Linie eingesetzten Garnituren waren für den Einsatz auf der Südstrecke freizumachen. Parallel dazu wurde die Modernisierung der bestehenden Railjet-Flotte beschleunigt, um bereits zur Eröffnung der Koralmbahn Fahrzeuge im neuen Design einsetzen zu können. Die Abdeckung der Railjet-Linie Wien - Salzburg war durch Kompositionen aus bestehenden RIC-Einzelwagen vorgesehen. Eine durchgeführte Markterkundung ergab die Möglichkeit, gebrauchte Doppelstockfahrzeuge der DB Fernverkehr AG zu erwerben und ab dem Fahrplanwechsel 2025 einzusetzen. Dadurch konnte das Fernverkehrsangebot auf der Weststrecke weiterhin in zeitgemäßer Qualität erbracht werden, während gleichzeitig die erforderlichen Fahrzeugkapazitäten für das neue Betriebskonzept auf der Südstrecke bereitgestellt werden konnten.

Die gewählten Übergangskonzepte verdeutlichen die systemische Dimension der Vorbereitungsarbeiten. Die Fahrzeuglösung für die Koralmbahn wurde nicht isoliert innerhalb des betroffenen Korridors entwickelt, sondern durch eine unternehmensweite Neuordnung von Flotteneinsätzen, Instandhaltungsstrategien und Investitionsentscheidungen ermöglicht. Die Betriebsaufnahme erforderte damit Entscheidungen, deren Auswirkungen weit über die Südstrecke hinausreichten und das Gesamtsystem des Personenverkehrs betrafen. Dieser Ansatz stellte einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die termingerechte und stabile Inbetriebnahme des neuen Verkehrsnetzes dar.

5.2 Instandhaltung, Servicierung und Abstellung

Ein Fahrplankonzept ist nur dann nachhaltig umsetzbar, wenn für die eingesetzten Fahrzeuge entlang ihrer Umläufe ausreichende Kapazitäten für Instandhaltung, Reinigung, Ver- und Entsorgung sowie Abstellung zur Verfügung stehen. Im Zuge der Betriebsaufnahme der Koralmbahn waren daher Werkstattzuordnungen, Umlaufkonzepte und die Anbindung an Servicestandorte gesamthaft neu zu bewerten und aufeinander abzustimmen.



▲ Abbildung 2 Railjet auf der Draubrücke bei Stein im Jauntal; © ÖBB / Content Unit



▲ Abbildung 3 InterRegio bei Frohnleiten ; © ÖBB / Content Unit

Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Integration der neuen InterRegio-Flotte in die Standort- und Servicestrukturen der ÖBB-Technische Services GmbH. Neben der Servicestelle Villach waren gemeinsam mit dem Infrastrukturbetreiber auch die erforderlichen Kapazitäten für Ver- und Entsorgungsanlagen sowie die Abstellkonzepte in den Produktionsknoten Wien Hauptbahnhof, Graz und Villach sicherzustellen.

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN



Für die InterRegio-Flotte wurde dabei ein zentraler „One-Stop-Shop"-Ansatz etabliert, bei dem die Instandhaltung über die Standorte Villach, Salzburg und Graz aus einer zentralen Leitstelle organisiert wird. Ziel war eine hohe Fahrzeugverfügbarkeit bei gleichzeitig kurzen Reaktionszeiten und einer effizienten Bündelung der Instandhaltungsleistungen.

5.3 Produktionsknoten Graz, Villach und Bruck an der Mur

Mit den Verknüpfungen aus dem neuen Fahrplankonzept gewannen die Produktionsknoten Graz und Villach an strategischer Bedeutung. Die dortigen Produktionsprozesse, insbesondere Gleisbelegung, Zugbereitstellung, Verschub, Reinigung, Versorgung, Abstellung und Instandhaltung, mussten gesamthaft aufeinander abgestimmt werden, um eine pünktliche und qualitätsgesicherte Bereitstellung der Fahrzeuge für den Fahrgastbetrieb sicherzustellen. Besondere Aufmerksamkeit galt dabei den zeitkritischen Schnittstellen zwischen Ankunft, Servicierung und Wiederbereitstellung der Garnituren.

Gleichzeitig entwickelte sich Bruck an der Mur zu einem zentralen betrieblichen Verknüpfungspunkt im neuen Verkehrssystem. Die dort durchgeführten Flügelungs- und Vereinigungsvorgänge von InterRegio -Garnituren ermöglichen eine effiziente Verknüpfung mehrerer Linien, erhöhen jedoch auch die sys temischen Abhängigkeiten. Um einen stabilen Regel betrieb sicherzustellen, wurden Prozesszeiten, Bahn steig- und Gleisbelegungen, technische Rückmel dungen sowie Betriebsabläufe bei Abweichungen um fassend erprobt und in standardisierte Prozesse überführt.

Die Herstellung belastbarer Abläufe an den Knoten Graz, Villach und Bruck an der Mur war eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Betriebsaufnahme der Koralmbahn.

5.4 Qualifikation und organisatorische Befähigung

Technische Betriebsbereitschaft allein genügt nicht. Betriebsreife entsteht erst, wenn alle beteiligten Personale die neuen Abläufe kennen, ihre Schnittstellen beherrschen und auch im Störungsfall handlungsfähig sind. Die Qualifizierung umfasste daher nicht nur das Fahrpersonal, sondern auch Zugbegleitung, Verkehrsleitung und Disposition, Zugbereitstellung, Werkstätten und Servicestellen sowie externe Leistungspartner.

Für die Betriebsaufnahme waren unter anderem Streckenkenntnis, ETCS-Kompetenz, fahrzeugbezogene Qualifikationen, Verhalten im Tunnel, Selbstrettung und Evakuierung sowie die Anwendung neuer Produktions- und Störfallprozesse zu vermitteln.

Die Qualifizierung stellte damit einen wesentlichen Baustein zur Herstellung der produktionellen Reife des neuen Verkehrssystems dar und trug maßgeblich dazu bei, die Betriebsaufnahme sicher, stabil und in der vorgesehenen Qualität umzusetzen.

6. Erprobung, Sicherheit und Resilienz

6.1 Praktische Erprobung kritischer Prozesse

Vor der Betriebsaufnahme der neuen InterRegio-Verkehre wurden umfangreiche Erprobungs- und Validierungsprogramme durchgeführt. Dazu zählten insbesondere mehrere Testzyklen zum Flügeln und Vereinigen elektrischer Triebzüge in Bruck an der Mur sowie Schattenfahrten auf den künftigen Linien Graz–Innsbruck, Graz–Linz, Graz–Klagenfurt und Salzburg–Saalfelden. Darüber hinaus wurde die Servicierung der Garnituren am Graz Hauptbahnhof unter Realbedingungen getestet, einschließlich der Beladung mit Cateringwaren innerhalb des im Regelbetrieb vorgesehenen Zeitfensters von zehn Minuten. Zur Sicherstellung eines stabilen Betriebs wurde zudem eine eigene Leitstelle für das InterRegio-System eingerichtet.

Die Erprobungen dienten nicht ausschließlich der technischen Funktionsprüfung einzelner Abläufe. Im Mittelpunkt stand vielmehr der Nachweis der betrieblichen Integrationsfähigkeit der Prozesse in das Gesamtsystem. Untersucht wurden die zeitliche Robustheit der Abläufe, die Funktionsfähigkeit der Schnittstellen zwischen den beteiligten Organisationseinheiten sowie die Reaktionsfähigkeit bei Abweichungen vom Regelbetrieb. Die gewonnenen Erkenntnisse flossen unmittelbar in die Optimierung von Prozessabläufen, die Schaffung betrieblicher Reserven und die Definition geeigneter Rückfallebenen ein.

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN

6.2 ETCS, Tunnelbetrieb und Notfallvorsorge

Mit der Inbetriebnahme der Koralmbahn war erstmals eine mehr als 30 Kilometer lange Tunnelstrecke im Regelbetrieb unter ETCS ohne konventionelle Außensignalisierung zu befahren. Damit ergaben sich neue Anforderungen an Fahrzeugtechnik, Personalqualifikation und betriebliche Abweichungskonzepte.

Sämtliche Triebfahrzeugführer:innen absolvierten die erforderlichen Strecken- und ETCS-Schulungen. Darüber hinaus wurden gemeinsam mit der ÖBB-Infrastruktur AG Evakuierungs- und Rettungsübungen durchgeführt sowie für alle eingesetzten Fahrzeuge die Einhaltung der geltenden Brandschutzanforderungen für lange Tunnelanlagen nachgewiesen. Zur Sicherstellung eines resilienten Betriebs wurden gemeinsam mit dem Infrastrukturbetreiber betriebliche Entscheidungs- und Übergabepunkte definiert, die im Bedarfsfall eine Umleitung über die Bestandsstrecke ermöglichen. Ergänzend wurden in Graz und Klagenfurt Ersatzlokomotiven mit entsprechender ETCS-Ausrüstung als Hot-Standby stationiert.

Das Resilienzkonzept umfasste sowohl präventive als auch reaktive Maßnahmen. Dazu gehörten technische Vorprüfungen vor der Einfahrt in den ETCS-Bereich, die Qualifikation der Mitarbeitenden, klar definierte Melde- und Entscheidungswege, die Verfügbarkeit geeigneter Ersatzfahrzeuge sowie vorbereitete Umleitungs- und Ersatzkonzepte für den Fall einer Strecken- oder Tunnelsperre. Ziel war nicht die vollständige Vermeidung von Störungen, sondern die Gewährleistung eines sicheren und beherrschbaren Betriebs auch unter außergewöhnlichen Rahmenbedingungen.

6.3 Eröffnungsfahrt als letzte Generalprobe

Die Eröffnungsfahrt am 12. Dezember 2025 stellte zugleich die abschließende Generalprobe für die Betriebsaufnahme dar. Sämtliche Fahrzeugbewegungen wurden im Vorfeld detailliert geplant und unter Berücksichtigung unterschiedlicher Risikoszenarien abgesichert. Die Durchführung der Eröffnungsfahrt selbst erfolgte planmäßig und ohne operative Einschränkungen.

Ein nicht vorhergesehener Effekt trat nach der Durchfahrt des Eröffnungszugs Zuges am südlichen Portal des Koralmtunnels auf. Aufgewirbelte Staubpartikel wurden von Anrainer:innen als Rauchentwicklung interpretiert, was eine vorsorgliche Sperre des Tunnels durch die Feuerwehr auslöste.

Der Vorfall verdeutlicht eine zentrale Erkenntnis großer Betriebsaufnahmen: Trotz umfassender Planung lassen sich nicht alle Wechselwirkungen eines komplexen Systems im Vorfeld vollständig antizipieren. Umso wichtiger sind klare Lagebilder, etablierte Kommunikationswege, eindeutig definierte Verantwortlichkeiten sowie vorbereitete Entscheidungsmechanismen. Resilienz entsteht dabei nicht ausschließlich durch technische Redundanzen, sondern vor allem durch die Fähigkeit der Organisation, auf unerwartete Ereignisse rasch, koordiniert und wirksam zu reagieren.

7. Betriebsaufnahme und erste Erfahrungen

Die ersten Betriebserfahrungen sind anhand eines standardisierten Kennzahlensystems zu bewerten, um die Zielerreichung sowie die Stabilität des neu eingeführten Verkehrs- und Produktionssystems objektiv beurteilen zu können. Im Fokus stehen dabei sowohl betriebliche als auch kundenbezogene Leistungsindikatoren. Zu den zentralen Bewertungsgrößen zählen insbesondere die Pünktlichkeit und Anschlussqualität, die Zuverlässigkeit der Zugbereitstellung, die Fahrzeugverfügbarkeit sowie die Stabilität der Knoten- und Flügelungsprozesse. Ergänzend werden Umfang, Dauer und Ursachen betrieblicher Abweichungen analysiert. Aus Kundensicht sind darüber hinaus die Nachfrageentwicklung sowie die Wahrnehmung und Akzeptanz des neuen Angebots von besonderer Bedeutung.

Die ersten Betriebserfahrungen zeigen, dass die schnellen RJX-Verbindungen auf der Südstrecke aufgrund ihrer internationalen Durchbindungen die angestrebten Qualitätsziele insbesondere bei der Pünktlichkeit noch nicht durchgängig erreichen. Die Analysen weisen darauf hin, dass vor allem lange Zugläufe und grenzüberschreitende Verkehre die Betriebsstabilität beeinflussen.

Zur Stabilisierung des Systems wurden bereits 2026 erste Maßnahmen umgesetzt. Durch die Reduzierung von Halten der EC-Verbindungen von Graz nach Slowenien

ÖBB-PERSONENVERKEHR AUF DER NEUEN SÜDSTRECKE

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN

und Kroatien konnte die Fahrplantreue verbessert werden. Einen weiteren wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Robustheit wird die mit 15. Oktober 2026 vorgesehene Entflechtung der RJX-Verkehre zwischen Prag und Villach leisten. Diese Maßnahme berücksichtigt die Erkenntnisse der ersten Betriebsmonate, wonach die betreffenden Langläufe, insbesondere in Kombination mit Baustellenverkehren, zu den wesentlichen Verspätungsverursachern auf der Südstrecke zählen. Ziel ist eine nachhaltige Verbesserung von Pünktlichkeit und Betriebsstabilität.

Gleichzeitig bestätigt die Nachfrageentwicklung die hohe Akzeptanz des neuen Angebots. Das tägliche Fahrgastaufkommen auf der Koralmrelation stieg innerhalb der ersten Halbjahres 2026 von rund 7.000 auf etwa 10.000 Reisende und damit um rund 43 %.
Die Zählstellen der ASFINAG entlang der A2 zeigen im ersten Halbjahr 2026 einen Rückgang der Fahrten um 4,6% im parallelen Abschnitt zur Koralmbahn entlang der Autobahn A2, im Vergleich zu einem österreichweiten Rückgang von 0,6% über alle Zählstellen der ASFINAG. Dies unterstreicht sowohl die verkehrliche Bedeutung der neuen Verbindung als auch die Attraktivität des erweiterten Angebots auf der Südstrecke.

Kennzahl	1 bis 8/2025	1 bis 8/2026	Einordnung
Pünktlichkeit Südstrecke	78,6%	71,2%	Die Analyse zeigte insbesondere Auswirkungen internationaler Durchbindungen auf die Betriebsstabilität. Zur Verbesserung der Pünktlichkeit wurden die Slowenienverkehre adaptiert sowie die Durchbindung der Prag-Wien-Villach-Verkehre reduziert.
Pünktlichkeit InterRegio	91,3%	92,5%	Die Werte bestätigen die hohe betriebliche Stabilität des neu eingeführten InterRegio-Systems.
Pünktlichkeit BFZ Villach	94,6%	94,1%	Das Qualitätsniveau konnte trotz erheblicher Angebotsausweitung weitgehend gehalten werden.
Verfügbarkeit InterRegio-Flotte	n.a.	94,9%	Die hohe Fahrzeugverfügbarkeit bestätigt die Wirksamkeit des etablierten Instandhaltungskonzepts. Durch die Bündelung der Leistungen an den Standorten Villach, Salzburg und Graz konnte ein integrierter „One-Stop-Shop"-Ansatz umgesetzt werden, der kurze Reaktionszeiten sowie eine hohe Planbarkeit der Instandhaltungsprozesse ermöglicht.
Durchschnittliche Fahrgäste pro Tag auf der Koralmrelation	n.a.	ca. 10.000	Die Nachfrage entwickelte sich deutlich dynamischer als ursprünglich prognostiziert und bestätigt die hohe Marktakzeptanz des neuen Angebots

▲ Tabelle 2: Darstellung der ersten Betriebserfahrungen

8. Erkenntnisse aus Sicht des EVU

Die Erfahrungen aus der Betriebsaufnahme der Koralmbahn verdeutlichen, dass die erfolgreiche Integration neuer Infrastruktur heute primär eine System- und Organisationsaufgabe darstellt. Infrastruktur, Fahrzeuge, Personal und Betriebsprozesse müssen über Organisationsgrenzen hinweg als integriertes Produktionssystem entwickelt werden. Der entscheidende Erfolgsfaktor liegt in der nachgewiesenen Betriebsreife des Gesamtsystems.

Aus den Erfahrungen der Betriebsaufnahme lassen sich folgende wesentliche Grundsätze ableiten:

- Das Zielbild für die Ausrichtung der Planungsaktivitäten ist möglichst frühzeitig festzulegen.
- Infrastruktur, Angebot und Produktion sind als integriertes Gesamtsystem zu verstehen und müssen entsprechend gemeinsam entwickelt werden.
- Schnittstellen müssen aktiv gesteuert werden, wesentliche Risiken entstehen an den Übergängen zwischen Organisationseinheiten.

- Übergangslösungen bewusst gestalten, für die Betriebsaufnahme kann eine robuste und risikoarme Startkonfiguration wichtiger sein als die unmittelbare Umsetzung des langfristigen Zielzustands.
- Kritische Prozesse unter Realbedingungen erproben, Simulationen und Planungsanalysen bilden eine notwendige Grundlage, können jedoch die praktische Validierung betrieblicher Prozesse im realen Umfeld nicht ersetzen.
- -Abweichungen antizipieren und Resilienz sicherstellen, Ersatzkonzepte, alternative Betriebsführungsstrategien und klar definierte Entscheidungswege tragen wesentlich dazu bei, die Auswirkungen von Störungen zu begrenzen.
- -Die Betriebsaufnahme als Lern- und Optimierungsphase verstehen, ein strukturiertes Monitoring der Betriebsentwicklung ermöglicht eine rasche Nachsteuerung und unterstützt die nachhaltige Stabilisierung des Gesamtsystems.

Aus Sicht der ÖBB-Personenverkehr AG war die Vorbereitung der Inbetriebnahme der Koralmbahn ein umfassendes Transformations- und Integrationsvorhaben. Eine zentrale Erkenntnis besteht darin, kritische Abhängigkeiten frühzeitig sichtbar zu machen, Schlüsselprozesse unter realen Bedingungen zu erproben und für wesentliche Betriebsrisiken belastbare Rückfallebenen vorzusehen. Diese Faktoren erwiesen sich als maßgeblich für eine stabile und erfolgreiche Betriebsaufnahme.

9. Ausblick auf die Inbetriebnahme des Semmeringbasistunnels

Die Inbetriebnahme der Koralmbahn markiert den ersten Meilenstein in der schrittweisen Weiterentwicklung der Südstrecke zu einem leistungsfähigen, integrierten Verkehrssystem. Der nächste wesentliche Entwicklungsschritt folgt mit der Inbetriebnahme des Semmeringbasistunnels im Fahrplanjahr 2030, dessen Vorbereitung bereits läuft.

Für den Fernverkehr werden dazu Railjets der neuen Generation beschafft. Im Nah- und Regionalverkehr ist der Einsatz moderner Doppelstockzüge vorgesehen, die eine Verlängerung der CJX-Verbindungen bis Mürzzuschlag ermöglichen sollen. Die zusätzlichen Fahrzeitgewinne schaffen darüber hinaus Spielraum für neue Angebotsverbesserungen, darunter einen zusätzlichen Halt der RJX-Linie in Wiener Neustadt sowie eine Neuordnung der Anschlussbeziehungen im Knoten Bruck an der Mur. Gleichzeitig wird der Abschnitt Bruck an der Mur – Graz als zentrale Kapazitätsachse der Südstrecke weiter an Bedeutung gewinnen. Zur langfristigen Absicherung der Leistungsfähigkeit sieht die ÖBB-Infrastruktur AG hierfür eine zweigleisige, weitgehend unterirdische Neubaustrecke vor.

Die Erfahrungen aus der Betriebsaufnahme der Koralmbahn liefern wertvolle Erkenntnisse für die nächsten Ausbauschritte. Dazu zählen insbesondere die frühzeitige Definition eines gemeinsamen Zielsystems, die systematische Bewertung der Betriebs- und Produktionsreife, die gesamthafte Betrachtung der Produktionsknoten sowie die praxisnahe Erprobung kritischer Prozesse vor der Betriebsaufnahme.

Der Semmeringbasistunnel vollendet die Neuordnung der Südstrecke als ein leistungsfähiges, resilientes und marktorientiertes Teilsystem des transeuropäischen Eisenbahnnetzes.

Literatur

[1] Pachl, Jörn: Systemtechnik des Schienenverkehrs, 12. Auflage, Wiesbaden 2025

[2] Liebchen, Christian: Linien-, Fahrplan-, Umlauf- und Dienstplanoptimierung: Wie weit können diese bereits integriert werden?, Köln 2008

[3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (Hg.): „Merkblatt zum integralen Taktfahrplan", Köln 2001

[4] Stoll, F. et al.: „Untersuchung netzweiter integraler Taktfahrplankonzepte mithilfe eisenbahnbetriebswissenschaftlicher Methoden", in: Eisenbahntechnische Rundschau 6/2024

[5] Knap-Rieger, S. und Rettensteiner, G.: „Studie Koralmbahn – Auswirkungen auf die Themenfelder Bildung und Wohnen im Steirischen Zentralraum", [Online] Verfügbar: https://www.zentralraum-stmk.at/wp-content/uploads/2025/04/Koralmbahn_Studie_Bericht_2021.pdf (Zugriff am 17.9.2026)

ÖBB-PERSONENVERKEHR AUF DER NEUEN SÜDSTRECKE

NEUE KORALMBAHN: FAHRPLAN-KONZEPT, PRODUKTIONSREIFE UND ERSTE ERFAHRUNGEN

[6] Verkehrsclub Österreich: „Koralmbahn reduzierte Autoverkehr im ersten Halbjahr" [Online] Verfügbar: https://vcoe.at/presse/presseaussendungen/detail/vcoe-koralmbahn-reduzierte-autoverkehr-im-ersten-halbjahr (Zugriff am 17.9.2026)



Michael Elsner, Leiter des Produktionsmanagements und Prokurist bei der ÖBB Personenverkehr AG; seit 1991 im Unternehmen; unter anderem als Leiter für die Planung im Nah- und Regionalverkehr sowie als Regionalleiter für die Ostregion tätig



Mag. Klaus Garstenauer, Vorstand der ÖBB-Personenverkehr AG, zuständig für Produktion, Flottenmanagement und Prozessmanagement. Zuvor leitete er von 2009 bis 2019 den Bereich Nah- und Regionalverkehr.

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN

VON S. CHRISTIANI

Einleitung

In den vergangenen Jahren wurde wiederholt deutlich, wie die USA wirtschaftliche Sanktionen einsetzen, um politischen Interessen Geltung zu verschaffen. Deren Auswirkungen reichen über die unmittelbar Betroffenen hinaus. Unternehmen, die ihnen weiterhin Leistungen anbieten, müssen unter Umständen selbst mit Maßnahmen US-amerikanischer Behörden rechnen (etwa mit Bußgeldern und Einschränkungen ihrer Geschäftsbeziehungen in den USA [1]). Um solche Folgen zu vermeiden, setzen manche Anbieter die Sanktionen gegen von den USA sanktionierte Personen bereits vorsorglich um, auch wenn sie dazu rechtlich nicht unmittelbar verpflichtet wären.

Wie weitreichend die Folgen sein können, zeigen unterschiedliche Fälle: 2019 beschränkte GitHub den Zugang für Entwickler im Iran [2]. Im selben Jahr schränkte Adobe seine Dienste in Venezuela vorübergehend ein. Erst eine Ausnahmegenehmigung der US-Regierung ermöglichte deren Fortführung [3] [4]. 2025 verloren sanktionierte Richter des Internationalen Strafgerichtshofs unter anderem ihre Zugänge zu Amazon-Konten und Google-Diensten [5] [6]. Erst vor Kurzem, im Oktober 2026, verhängten die USA schließlich Sanktionen gegen den Gerichtshof selbst [7].

Darin wird also verdeutlicht, wie politisch und wirtschaftlich brisant die Thematik digitaler Abhängigkeiten, insbesondere von US-amerikanischen Technologieunternehmen, tatsächlich ist. Dies schärft das Bewusstsein für deren Risiken und für die Notwendigkeit digitaler Souveränität.

Staatliche Macht lässt sich über die Einschränkung der Verfügbarkeit digitaler Dienstleistungen hinaus auch auf eine andere Art ausweiten: durch den Zugang zu Informationen über andere Staaten, Unternehmen und Gesellschaften. Was früher durch aufwendige Spionagearbeit beschafft werden musste, wird heute geradezu auf dem Präsentierteller, digital angerichtet, serviert. Denn der amerikanische Stored Communication Act schafft seit 1986 die gesetzliche Grundlage, auf deren Basis US-Ermittlungsbehörden die Herausgabe solcher Daten von amerikanischen Dienstanbietern verlangen können [8]. Seit 2018 erstreckt der Cloud Act diese Verpflichtungen ausdrücklich auch auf im Ausland gespeicherte Informationen. Wenn man dazu bedenkt, dass US-Ermittlungsbehörden davon absehen können, über die Herausgabe der angeforderten Daten zu informieren - beziehungsweise ein Gericht die Benachrichtigung ausdrücklich verbieten kann - stellt sich die Frage: Wie sollen Betroffene gegen die Herausgabe ihrer Daten vorgehen, wenn sie davon nicht einmal erfahren? Die Schutzwirkung von Artikel 48 der europäischen Datenschutz-Grundverordnung läuft dabei ins Leere [9]. Politische und wirtschaftliche Überlegenheit lässt sich durch digitale Einflussnahme ganz ohne physische Kontrolle über ein fremdes Territorium erlangen, wie auch am Phänomen des digitalen Kolonialismus zu sehen ist.

Doch welche technischen Aspekte von Systemen und digitalen Dienstleistungen entscheiden darüber, ob solche Eingriffe möglich sind? Und wie lässt sich eine den externen Einflüssen entgegenwirkende Handlungsfähigkeit auf technischer Ebene bewerkstelligen? Diesen Fragen widmet sich dieser Artikel. Im Mittelpunkt stehen Softwareentwicklung, Systemarchitektur sowie IT- und Netzwerksicherheit in kritischen Infrastrukturen. Dabei wird aufgezeigt, wie sich durch die Kontrolle von Kommunikationswegen, Fernzugriffen und Softwareupdates innerhalb unterschiedlicher Infrastruktur- und Betriebsmodelle die Abhängigkeit von externen Anbietern verringern lässt, und wie unabhängige Schlüsselverwaltung und Verschlüsselung den Zugriff auf vertrauliche Informationen selbst bei einer behördlich angeordneten Datenherausgabe begrenzen.

Betrachtungsebenen

Eine intakte kritische Infrastruktur ist für das Funktionieren wesentlicher Abläufe des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens unabdingbar. Ihr Ausfall kann daher weitreichende Folgen haben. Wenn ein Infrastrukturbetreiber über alle Mittel und Voraussetzungen verfügt, um seinen Betrieb aufrechtzuerhalten, durch politische oder industrielle Akteure (sowie Cyberkriminelle) aber daran gehindert werden kann, reicht Resilientsein nicht aus. „Souverän

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN

sein" wird zum entscheidenden Faktor.

Weil Software bei Infrastrukturkomponenten zunehmend mehr Funktionen übernimmt, verdichtet sich die Debatte um die eigenständige Verfügung über digitale Inhalte und Prozesse. Dabei ist zwischen Datensouveränität und Systemsouveränität zu unterscheiden: Die Beherrschung eines technischen Systems gewährleistet noch keine Souveränität über die für dessen Betrieb erforderliche Informationsgrundlage. Entscheidend für datengetriebene Kommunikationsflüsse sind definierte und vor allem durchsetzbare Regeln für den Zugang zu Daten und über deren Nutzung und Weiterentwicklung.

Die Planung und Bereitstellung einer Infrastruktur ist in organisatorischen und vertraglichen Beziehungen zwischen Betreibern, Herstellern, Dienstleistern und Lieferanten eingebettet. Hierzu kommen Abhängigkeiten in Logistik und Lieferketten. Um souverän agieren zu können, ist keine Autarkie notwendig. Wer sämtliche Abhängigkeiten auflösen wollte, müsste Software, Hardware und alle für deren Entwicklung, Herstellung, Betrieb und Instandhaltung erforderlichen Ressourcen selbst bereitstellen. Abhängigkeiten sind unvermeidlich, aber Kipppunkten sollen nicht überschritten werden: Welche Verflechtungen und Vorfälle können unmittelbar betriebliche Abläufe beeinträchtigen, mittelfristig Entwicklungen und Anpassung hemmen oder langfristig die Wettbewerbsfähigkeit und Existenz der Infrastruktur gefährden?

Souveränität ist über sämtliche Lebenszyklusphasen und Ebenen eines Systems zusammen zu denken: Von Investition und Entwicklung über Beschaffung und Herstellung bis hin zu Betrieb, Wartung und Instandhaltung. Die Handlungsfähigkeit in einzelnen Bereichen bedeutet noch keine Souveränität für die Infrastruktur insgesamt.



▲ Abbildung 1 Betrachtungsebenen und ihre Verflechtungen; Quelle: team Technology Management GmbH, Salomé Christiani

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN

Wirkung digitaler Abhängigkeiten

Bei der Beurteilung digitaler Souveränität erscheint der inländische oder europäische Wertschöpfungsanteil zunächst als naheliegendes Kriterium. Er sagt jedoch wenig über die tatsächlichen Abhängigkeiten aus. Selbst 90 Prozent aus heimischer Hand sind kaum repräsentativ, wenn die verbleibenden zehn Prozent auf einem "kritischen Pfad" liegen. Daraus lässt sich eine wesentliche Feststellung ableiten: Bereits ein geringer Anteil an eigener Wertschöpfung kann für die Souveränität entscheidend sein, wenn er die für die Sicherheit und Betriebsfähigkeit maßgeblichen Stellen umfasst. Wie können durch eine Analyse der technischen Systeme und Kommunikationsbeziehungen die relevanten Angriffspfade und Schutzgrenzen herausgearbeitet werden? Darauf antwortet unter anderem die aus der industriellen Automatisierung stammende Normreihe IEC 62443 [10]. Sie greift auf Methoden zur Abgrenzung kritischer Bereiche und technische Mittel zur Risikomitigierung zurück. Einige davon sind in der Cybersecurity längst etabliert.

Was geschehen könnte, wenn entsprechende Schutzmechanismen nicht ausreichend mitgedacht würden oder außerhalb der eigenen Kontrolle lägen, veranschaulicht am Beispiel von Photovoltaikanlagen der Rundschau-Beitrag des SRF „Blackout-Gefahr - Cyber-Risiko Solaranlage" vom 16.9.2026 [11]: Neben der Umwandlung des Gleichstroms einer Solaranlage in Wechselstrom für Gebäude oder Stromnetz besitzen moderne Wechselrichter leistungsfähige Kommunikationsmodule. Sie verbinden die Geräte mit Herstellerclouds - etwa für Fernwartung und Softwareupdates oder zur Übertragung von Betriebs- und Diagnosedaten, mit Apps, Verwaltungs- und Energiemanagementsystemen. Damit wird eine Anlage steuerbar (ein- und ausschalten, deaktivieren, Einspeisemengen begrenzen, Leistungen in Echtzeit anpassen). So lässt sich die Stromproduktion der Solaranlagen auf den aktuellen Netzbedarf abstimmen, Schwankungen können ausgeglichen und Überlastungen vermieden werden. Die preislich schwer zu unterbietenden und entsprechend meist eingesetzten Wechselrichter stammen von chinesischen Herstellern. Aus einer zunächst isolierten Abhängigkeit eines einzelnen Betreibers vom Hersteller wird durch den Einsatz dieser Modelle bei vielen Betreibern eine systematische Abhängigkeit und damit ein Klumpenrisiko. Bei gleichzeitigem, unautorisiertem Abschalten der Geräte während einer hohen Produktionsphase über Fernzugriff, entstünde schlagartig ein erheblicher Leistungseinbruch. Kann das Stromnetz diesen nicht ausgleichen, drohen Instabilität und im Extremfall ein Blackout. Auch wenn nicht im Interesse des Herstellers, wäre ein solches Szenario dennoch denkbar, wenn ein staatlicher Akteur den Hersteller zur Abschaltung zwänge, oder Cyberkriminelle dessen Systeme unter ihre Kontrolle brächten. Auch bei Verhandlungen im Laufe einer bestehenden Geschäftsbeziehung könnte eine ferngesteuerte Abschaltung durch den Hersteller zum Druckmittel werden, um eigene Interessen durchzusetzen. Bereits durch ein ungeprüft eingespieltes Update kann ein Deaktivierungsbefehl auf das Endgerät eingeschleust werden. Das heißt: Die Souveränität ist mit Offline-Betrieb beziehungsweise Betrieb ohne kontinuierlich aktive Verbindung zur Hersteller-Cloud noch nicht gegeben.

Welche Elemente können zur Absicherung zwischen Kommunikationsmodul am Endgerät und Umsystemen beitragen? An zwei ausgewählten Angriffswegen lassen sich mögliche Schutzmaßnahmen exemplarisch aufzeigen:

- Manipulation im laufenden Betrieb, bei der ein Steuer- oder Konfigurationsbefehl an das laufende System gesendet wird (Tabelle 1), und
- Manipulation über Software, bei der eine Veränderung in Firmware oder Software eingebracht und später auf dem Gerät ausgeführt wird (Tabelle 2).

Die Tabellen konkretisieren die eingangs gestellten Leitfragen anhand technischer Schutzmechanismen auf Netzwerk-, Software- und Hardwareebene. Sie stellen diesen jeweils eine Frage zur Souveränität sowie mögliche Abhängigkeitsfallen gegenüber.

Wichtig ist zu erkennen, welche Schutzmechanismen bereits im Produkt vorhanden sein müssen, und welche sich durch die Netzwerkarchitektur ergänzen lassen. Vertrauensanker, Signaturprüfung und Secure Boot erfordern entsprechende Voraussetzungen im Gerät. Sie können nicht durch externe Sicherheitsmaßnahmen ersetzt werden. Solche Anforderungen sind bereits bei der Beschaffung zu berücksichtigen.

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN

Manipulation im laufenden Betrieb		
Maßnahme & Security-Wirkung	**Souveränitätsfrage: Kann der Betreiber**	**Abhängigkeitsfallen**
Netzwerkgrenze und -struktur Firewall und Netzwerksegmentierung *Trennung von Anlagekomponenten und Begrenzung zulässiger Kommunikationspfade.*	… selbst bestimmen, mit wem sein System kommuniziert?	**Vorgegebene Cloud-Verbindungen:** Das Kommunikationsmodul baut selbstständig Verbindungen zu Herstellerdiensten auf. **Festgelegte Kommunikationswege:** Zieladressen, Ports und externe Dienste sind produktseitig vorgegeben. **Sperre mit Funktionsverlust:** Das Unterbinden einzelner Verbindungen beeinträchtigt Betriebsfunktionen, Updates oder Fernwartung.
Fernzugang VPN / Remote Tunnel *Geschützter Kommunikationskanal, auf bestimmte Gegenstellen und Zeiträume begrenzt.*	… Fernzugriffe eigenständig freigeben und sperren?	**Herstellerkontrollierter Zugang:** Verbindungen werden extern initiiert oder verwaltet. Zugangsdaten, Zertifikate oder Schlüssel liegen ausschließlich beim Hersteller. **Nicht abschaltbarer Wartungszugang:** Fernzugriffe bleiben dauerhaft möglich oder können vom Betreiber nicht vollständig deaktiviert werden. **Erzwungene Erreichbarkeit:** Diagnose, Wartung oder Support setzen eine aktive externe Verbindung voraus.
Authentifizierung MFA (Multi-Factor Authentication) *Geschützter Zugang auch bei kompromittiertem Passwort.*	… Identitäten selbst anlegen und Zugangsberechtigungen entziehen?	**Herstellergebundene Benutzerverwaltung:** Konten und Authentifizierung werden ausschließlich über die Herstellerplattform verwaltet. **Kein eigenständiger Entzug von Zugriffen:** Der Betreiber kann externe Benutzer nicht selbst sperren oder ihnen den Zugang entziehen.
Berechtigungen RBAC (Role-Based Access Control) & Least Privilege *Benutzer erhalten nur die Rechte, die sie für ihre jeweilige Aufgabe benötigen.*	… selbst festlegen, wer welche Rechte erhält?	**Vorgegebene Rollen:** Berechtigungsprofile sind herstellerseitig festgelegt und nicht ausreichend anpassbar. **Unentziehbare Sonderrechte:** Herstellerkonten besitzen privilegierte Befugnisse, die der Betreiber nicht widerrufen kann. **Untrennbare Berechtigungen:** Ein Diagnosezugriff ist zwangsläufig mit Änderungsrechten verbunden.
Kritischer Eingriff Lokale Freigabe *Zusätzliche lokale Freigabe für kritische Fernzugriffe oder Änderungen durch den Betreiber.*	… kritische Eingriffe definieren und gesondert freigeben?	**Umgehbare Freigabe:** Privilegierte Herstellerzugänge ermöglichen Eingriffe ohne lokale Zustimmung. **Eigenmächtige Änderungen:** Wartungs-, Updates- oder Notfallfunktionen können ohne Genehmigung ausgeführt werden. **Extern beeinflussbare Schutzfunktion:** Die lokale Freigabe lässt sich aus der Ferne verändern oder deaktivieren.
Überwachung und Kommunikation IDS (Intrusion Detection System) / IPS (Intrusion Prevention System) *Erkennung verdächtiger Kommunikationsmuster und automatische Blockierung.*	… definieren, welche Kommunikation als verdächtig gilt und wie darauf reagiert wird?	**Externe Überwachung:** Erkennung und Auswertung erfolgen ausschließlich über einen fremdbetriebenen Dienst. **Vorgegebene Erkennungsregeln:** Der Betreiber kann Signaturen und Prüfkriterien nicht selbst anpassen. **Fehlender Alarmzugriff:** Warnungen stehen dem Betreiber nicht unmittelbar zur Verfügung.
Verfügbarkeit der Betriebsfunktion DoS- (Denial of Service) / Überlastungsschutz & Resource Limiting *Begrenzung des Ressourcenverbrauchs und Priorisierung kritischer Betriebsfunktionen.*	… selbst festlegen, welche Funktionen im Engpass Vorrang haben?	**Vorgegebene Prioritäten:** Die Ressourcenverteilung ist im Produkt festgelegt und nicht anpassbar. **Reservierbare Fremdkapazitäten:** Externe Dienste oder Herstelleranwendungen beanspruchen fest zugewiesene Ressourcen. **Herstellerabhängige Grenzwerte:** Anpassungen sind nur durch den Anbieter möglich. **Beeinträchtigter Anlagenbetrieb:** Eine Überlastung der Kommunikation verdrängt kritische Betriebsfunktionen.
Erkennung und Reaktion Audit, Logging, Monitoring, Alerting & Timely Response *Protokollierung, Überwachung und rechtzeitige Reaktion auf Vorfälle.*	… Vorfälle selbst erkennen, nachvollziehen und darauf reagieren?	**Externe Datenhaltung:** Protokolle liegen ausschließlich beim Hersteller oder in dessen Cloud. **Eingeschränkte Einsicht:** Der Betreiber erhält nur ausgewählte Meldungen statt vollständiger Rohdaten. **Fremdbestimmte Alarmierung:** Warnregeln werden extern vorgegeben. **Abhängige Vorfallbewältigung:** Analysen oder Gegenmaßnahmen erfordern die Mitwirkung des Herstellers.

▲ Tabelle 1: Manipulation im laufenden Betrieb; Quelle: team Technology Management GmbH, Salomé Christiani

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN

Manipulation über Software		
Maßnahme & Security-Wirkung	**Souveränitätsfrage: Kann der Betreiber**	**Abhängigkeitsfallen**
Softwareentstehung SDL (Secure Development Lifecycle) *Frühzeitige Erkennung von Sicherheitslücken & Software-Supply-Chain-Angriffen durch Malware in Repositories und von unerwünschtem Softwareverhalten sowie Möglichkeit zur Softwarehinterlegung.*	… nachvollziehen, wie Software entwickelt und geprüft wurde beziehungsweise kann er die Entwicklung der Software beeinflussen?	**Intransparente Entwicklung:** Sicherheitsprüfungen und festgestellte Schwachstellen sind für den Betreiber (ggf. nicht einmal für den Entwickler) einsehbar. **Herstellergebundene Fehlerbehebung:** Korrekturen und deren Bereitstellung hängen ausschließlich vom Anbieter ab. **Fehlende Weiterentwicklungsmöglichkeiten:** Die langfristige Pflege oder eine alternative Fortführung sind technisch beziehungsweise vertraglich nicht vorgesehen.
Bereitstellung Trusted Software Repository *Bezug von Software aus festgelegten, vertrauenswürdigen Quellen.*	… sicherstellen, dass Software nur aus geprüften Quellen bezogen wird?	**Unklare Freigabe:** Der Betreiber kann nicht nachvollziehen, welche Softwarepakete geprüft und freigegeben sind. **Fehlende Versionshistorie:** Frühere Softwarestände und Änderungen sind nicht nachvollziehbar. **Entfernte Softwarepakete:** Benötigte Versionen werden aus dem Repository gelöscht und sind nicht mehr abrufbar. **Abhängige Wiederherstellung:** Bei Ausfall des Dienstes fehlt ein unabhängiger Weg zur Installation oder Wiederherstellung.
Build-/Deployment-Tool-Chain Vertrauenswürdige Compiler, Linker, Bibliotheken & Laufzeitumgebung *Builds erzeugen bei jeder Ausführung dasselbe erwartete Kompilat.*	… die Integrität des Build-Prozesses unabhängig überprüfen?	**Manipulierter Build-Prozess:** Trotz vertrauenswürdigem Quellcode kann innerhalb des Kompiliervorgangs ein manipuliertes Programm (Binary-File) entstehen.
Prüfung des Softwarepakets Code-/Firmware-Signierung & Signaturprüfung *Überprüfung der Herkunft und Unversehrtheit der Software vor Installation.*	… festlegen, welche Signaturverfahren und digitalen Signaturen das Gerät akzeptiert?	**Festgelegte Signaturverfahren:** Der Betreiber kann keine alternativen kryptografischen Verfahren zulassen. **Abhängigkeit vom Hersteller:** Bei Einstellung des Supports können andere Anbieter keine akzeptierten Softwarepakete bereitstellen (keine Aktualisierungen nach End of Life).
Vertrauensverwaltung PKI (Public Key Infrastructure) & Key Management *Verwaltung kryptografischer Schlüssel, Zertifikate und Vertrauensbeziehungen.*	… seinen Vertrauensdienstleister selbst wählen und kryptografische Schlüssel vorgeben?	**Vorgegebene Vertrauensgeber:** Der Betreiber kann keinen alternativen Vertrauensdienstleister wählen. **Fremdverwaltete Schlüssel:** Nur der Hersteller oder dessen Dienstleister können kryptografische Schlüssel erzeugen, austauschen oder sperren. **Fehlender Zertifikatszugriff:** Der Betreiber kann Zertifikate nicht eigenständig erneuern oder widerrufen. **Abhängiger Weiterbetrieb:** Bei Ausfall oder Einstellung des Vertrauensdienstleisters sind Änderungen nicht mehr möglich.
Sichere Laufzeitumgebung Betriebssystem, Systemsoftware & Services *Sicherstellen, dass nur das erwartete Kompilat in den Speicher geladen wird.*	… kontrollieren, welche Programme & Hintergrundprozesse ausgeführt werden?	**Verdeckte Hintergrundprozesse:** Der Hersteller kann unbemerkt Schadsoftware laden und ausführen. **Manipulierte Laufzeitbibliotheken:** Das Betriebssystem lädt während der Ausführung des Programms möglicherweise manipulierte Bibliotheken (Dynamic Linked Libraries (dll) oder Shared Object Files (.so)).
Vertrauensanker im Gerät Root of Trust z.B. TPM (Trusted Platform Module) *Hinterlegung eines kryptographischen Schlüssels auf dem Gerät und Prüfung der Firmware bei Systemstart.*	… vom Hersteller unabhängig die Vertrauensanker im Gerät festlegen?	**Herstellergebundene Vertrauensanker:** Nur der Hersteller kann Vertrauensanker hinterlegen oder ersetzen.
Systemstart und Ausführung Secure Boot & Integritätsprüfung *Softwareprüfung bei Systemstart und Erkennung nachträglicher Manipulationen.*	… manipulierte Programme erkennen und deren Ausführung verhindern?	**Herstellergebundene Erkennung:** Der Betreiber erhält keine Information über erkannte Manipulationen. **Fehlende Eingriffsmöglichkeit:** Nur der Hersteller kann die Ausführung manipulierter Software sperren. **Vorgegebene Sicherheitsreaktion:** Der Betreiber kann nicht festlegen, wie das System auf Manipulation reagiert.
Vertrauenswürdige Hardware-Plattform Chipanalyse & Offene (Open-Source) Hardware-Designs *Vermeidung von Hardwareangriffen beispielsweise durch Röntgenuntersuchungen von Chips.*	… die ausführende Hardware unabhängig prüfen und austauschen?	**Verdeckter Informationsabfluss:** Der Hardware-Chip initiiert eigenständig Kommunikationskanäle (Backdoor) zur Übertragung von Daten, ohne dass der Betreiber dies veranlasst. **Manipulierte Schlüsselgeneration:** Die Hardware manipuliert die Schlüsselgenerierung, sodass gezielt schwache kryptografische Schlüssel erzeugt werden.
Aktualisierung & Wiederherstellung Patch Management & Rollback/Recovery *Kontrollierte Softwareupdates und Rückkehr zu einem funktionsfähigen Softwarezustand.*	… selbst über Update-Zeitpunkt und Softwarestand entscheiden?	**Fremdgesteuertes Update:** Der Hersteller bestimmt Zeitpunkt und Durchführung. **Gesperrtes Rollback:** Frühere Softwarestände lassen sich nicht erneut installieren. **Abhängige Wiederherstellung:** Fehlerhafte Updates können nur mit Herstellerhilfe rückgängig gemacht werden. **Eingeschränkte Versionswahl:** Der Betreiber kann nur vorgegebene Softwarestände installieren.

▲ Tabelle 2: Manipulation über Software; Quelle: team Technology Management GmbH, Salomé Christiani

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN



Ob die aufgeführten Abhängigkeiten für den Betreiber tatsächlich problematisch sind, ist fall- und produktspezifisch zu bewerten. Entscheidend ist nicht nur die Anwendung einzelner technischer Methoden, sondern deren Zusammenspiel:

- Firewall, VPN und MFA können einen Fernzugang wirksam absichern. Fehlen jedoch RBAC und Least Privilege Prinzip, können legitim angemeldete Nutzer über weitreichende Befugnisse verfügen, die ihnen weiterhin vom Betreiber nicht vorgesehene Steuer- oder Konfigurationsänderungen ermöglichen.
- Eine verschlüsselte Verbindung kann die Übertragung eines Updates gegen Manipulation auf dem Transportweg schützen. Fehlt jedoch die Signaturprüfung am Gerät, ist damit noch nicht sichergestellt, dass das eingespielte Softwarepaket tatsächlich aus einer autorisierten Quelle stammt und seit seiner Bereitstellung unverändert geblieben ist.
- Signaturprüfung und Secure Boot können sicherstellen, dass nur autorisierte Software installiert und ausgeführt wird. Liegt die Möglichkeit zur gültigen Signierung jedoch ausschließlich beim Hersteller, kann der Betreiber weder selbst noch über einen alternativen Anbieter einen anderen Softwarestand freigeben.
- Die eingesetzte Software wurde als vertrauenswürdig eingestuft. Bei der Erstellung des ausführbaren Programms wird jedoch durch eine manipulierte Drittanbieterbibliothek eine Hintertür eingebaut, die einen unbemerkten Fernzugriff auf das System ermöglicht.

Die Souveränitätsfrage muss damit nicht nur auf Ebene von Herstellerstandorten, Lieferketten oder Herkunftsländern gestellt werden. Bereits an einzelnen Systemschnittstellen und Kommunikationspfaden kann der Betreiber Einfluss darauf nehmen, welche Abhängigkeiten entstehen und wie weit diese reichen. Die beispielhaft vertiefte Cybersecurity-Betrachtung zeigt, wie solche Anforderungen technisch differenziert formuliert werden können. Sind die für das eigene System maßgeblichen Pfade bekannt, lassen sich entsprechende Kriterien bereits in Ausschreibungen und technischen Spezifikationen verankern.

Auf übergeordneter Ebene stellt sich damit zugleich die Frage, welchen Stellenwert diese Eigenschaften in der Beschaffung erhalten. Neben Preis können etwa Versorgungssicherheit und technische Beherrschbarkeit berücksichtigt werden. Ebenfalls setzen europäische Regularien inzwischen an der Herkunft und den Wettbewerbsbedingungen von Anbietern aus Drittstaaten an: das International Procurement Instrument [12] beim Zugang zum europäischen Vergabemarkt und die Foreign Subsidies Regulation [13] bei Wettbewerbsverzerrungen durch Subventionen eines Nicht-EU-Staates. Folglich werden identifizierte Abhängigkeiten vom abstrakten Risiko zu konkret formulierbaren Beschaffungskriterien.

Vom Einzelprodukt zu Systemverbünden

Ein Unternehmen kann Anforderungen an ein einzelnes Produkt stellen, digitale Leistungen entstehen aber zunehmend im Zusammenspiel mehrerer Systeme und Akteure. Damit wird der gesamte Systemverbund zum Betrachtungsgegenstand. Souveränität kann dabei auf mindestens zwei Arten entstehen: durch Kontrolle, aber auch durch Ausweichfähigkeit. Letzteres kann sich auf unterschiedliche Aspekte beziehen:

- parallel sowie anbieterbezogen - mehrere Systeme oder Dienste mit denselben Funktionalitäten stehen gleichzeitig oder redundant als jeweilige Alternativen bei Ausfall zur Verfügung;
- intermodal und verkettet - das Ergebnis kann über unterschiedliche Systeme, technische und betriebliche Wege erreicht werden beziehungsweise unterschiedliche Systeme werden zu einer Leistungskette verbunden;
- partnerschaftlich und geopolitisch: Beziehungen zu mehreren Kooperations- und Handelspartnern öffnen alternative Bezugswege, Marktzugänge und Kooperationsmöglichkeiten.

Souveränität kann somit aus einer Flexibilität, zwischen mehreren Beziehungen oder Wegen wechseln zu können, entstehen. Ein wichtiger Baustein dafür ist die Interoperabilität. Erst wenn Systeme miteinander kommunizieren und wechselseitig interagieren können, lassen sie sich zu

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN

einem funktionierenden Verbund zusammenführen. Andernfalls stehen zwar mehrere Systeme zur Verfügung, sie bleiben jedoch Insellösungen.

Wie ein Verbund organisiert ist, wird damit selbst zur Souveränitätsfrage. Bei proprietären Plattformen kommen häufig eigens entwickelte Schnittstellen zum Einsatz. Zugangsrechte, Regeln und Entscheidungsbefugnisse sind bei einem Anbieter gebündelt. Bei öffentlich verantworteten oder föderierten Plattformen sind diese Zuständigkeiten meist auf mehrere Akteure verteilt und offene, standardisierte Schnittstellen im Einsatz. Entscheidend ist dabei, wer den Verbund betreibt, und wer über Schnittstellen und Zugangsbedingungen entscheidet, Verantwortung trägt, und wie Funktionen und Rollen auf die beteiligten Systeme und Akteure verteilt sind. Konsortien und Projekte wie ‘Gaia-X’ versuchen, solche Verbünde über gemeinsame Spezifikationen und Standards zu entwickeln. Neue Ökosystemlösungen stehen dabei im Wettbewerb mit langjährig etablierten proprietären Plattformen. Ein zunächst geringerer Funktionsumfang, Kosten und Aufwendungen für Einführung sowie Integration in bestehende Systemlandschaften stehen einer breiten Akzeptanz entgegen und bremsen damit wiederum ihre Reifung.

Da komplexe Systemverbünde mit einer Vielzahl an Teilsystemen einhergehen, sind entsprechend viele Fachbereiche und Spezialisten beteiligt. Sie kennen ihren jeweiligen Bereich bis ins Detail. Jedoch sind Personen, die mit vergleichbarer Tiefe die gesamte Architektur überblicken, rar. In klassischen Blockschaltbildern kommen wichtige Details, über die es eine Verständigung braucht, zu kurz. Welche Softwarestände sind miteinander kompatibel? Wer aktualisiert welche Bereiche? Was geschieht, wenn das Update eines Herstellers nicht rechtzeitig für ein davon abhängiges Teilsystem bereitsteht? Wer verfügt über Schlüssel und Zugriffsrechte? Zu oft wird Komplexität in Schematisierungen und Systembeschreibungen so vereinfacht, dass gerade jene Informationen untergehen, die auf Probleme hinweisen. Die Darstellung verliert damit an Aussagekraft. Tatsachen in Sätzen und Abbildungen wiederzugeben ist wesentlich einfacher, als nicht zusammenpassende Puzzleteile in einer Ansicht zu vereinen. Dennoch ist eine ganzheitliche Betrachtung des Systems, die verteiltes Wissen zu einem gemeinsamen Bild zusammenführt, grundlegend. Nur daraus kann über Fachbereiche hinweg ein Bewusstsein für Fragestellungen und Abhängigkeiten entlang übergreifender Achsen entstehen. Systemkonflikte lassen sich besser erkennen, einordnen und auflösen. Das umfassende gemeinsame Verständnis schafft die Grundlage für einen Diskurs mit der notwendigen Weitsicht, um Herausforderungen nicht nur unmittelbar, sondern auch in ihren längerfristigen Zusammenhängen und Folgewirkungen zu betrachten. Erst diese Diskursfähigkeit ermöglicht es, Souveränitätsfragen auf Architekturebene aufzugreifen und daraus umsetzbare, praktische und nachhaltige Verbesserungen zu entwickeln.

Eine zentrale Ebene dieser Gesamtarchitektur bildet die Dateninfrastruktur. Wo Daten gespeichert und verarbeitet werden, welche Dienste dafür benötigt werden und in wessen Verfügungsbereich sie liegen, eröffnet eine weitere Dimension digitaler Abhängigkeiten.

Dateninfrastrukturen im Vergleich

Die Frage nach digitaler Souveränität lässt sich auf Dateninfrastrukturen, in denen Informationen gespeichert, verarbeitet und zwischen Anwendungen ausgetauscht werden, ausweiten. Dabei sind zwei Aspekte zu unterscheiden: die Bereitstellung und der Betrieb der technischen Infrastruktur einerseits sowie die Herkunft und Weiterentwicklung der eingesetzten Software andererseits. Beide können in eigener Verantwortung liegen oder ganz beziehungsweise teilweise an externe Anbieter ausgelagert werden. Die Ausprägungen reichen von eigenen über hybride bis hin zu vollständig ausgelagerten Infrastrukturen sowie von lokal installierten über extern verwaltete Anwendungen (Managed Applications) bis zu vollständig bereitgestellten Softwarediensten (Software as a Service, SaaS). Daraus ergibt sich ein grundlegendes Spannungsfeld: Je mehr Kontrolle beim Betreiber verbleibt, desto mehr Leistungen muss er selbst erbringen.

Externe Dienste, insbesondere Cloud-Angebote, bieten neue Funktionalitäten und Möglichkeiten zur Skalierung, schaffen aber auch neue Abhängigkeiten.

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN



▲ Abbildung 2 Dateninfrastrukturen und ihre Ausprägungen; Quelle: team Technology Management GmbH, Salomé Christiani

Dies bedeutet im Umkehrschluss allerdings: Je konsequenter diese Abhängigkeiten aufgelöst werden, desto stärker nähert man sich wieder dem klassischen Eigenbetrieb. Dabei gehen genau jene Vorteile verloren, deren Bedarf ursprünglich zur Einbindung dieser erweiterten Dienste geführt hat.

Was ein Eigenbetrieb (On-Premises) leisten muss, zeigt sich bereits an den grundlegenden Aufgaben einer Dateninfrastruktur: Anwendungen und Datenbanken sind bereitzustellen. Die Dateninfrastruktur ermöglicht den Austausch zwischen den Systemen und umfasst die Verwaltung von Identitäten, Zugriffsrechten sowie die Sicherung und Wiederherstellung von Daten. Für den On-Premises-Betrieb stellt sich damit die Frage, ob die heute und künftig benötigten Rechen-, Speicher- und Netzwerkressourcen einschließlich notwendiger Redundanzen, Stromversorgung und Kühlung technisch und wirtschaftlich selbst bereitgestellt und betrieben werden können. Dabei ist besonders die Skalierbarkeit mitzudenken: Rechen- und Speicherkapazitäten müssen an wachsende Datenmengen, schwankende Auslastung und kurzfristige Lastspitzen angepasst werden können. Sanktionen gegen Hardwarelieferanten oder bekannt gewordene Sicherheitsmängel können den Austausch ganzer Komponentenbestände erforderlich machen. Die Kosten und das Risiko fehlender kurzfristiger Ersatzmöglichkeiten trägt der Betreiber selbst. Auch bei der Software bleiben Abhängigkeiten bestehen: Bezieht der Betreiber Anwendungen von Drittanbietern, ist er auf die rechtzeitige und fehlerfreie Bereitstellung von Aktualisierungen angewiesen. Da Sicherheitsupdates nicht selten in kurzen Abständen erforderlich sind, können Verzögerungen den laufenden Betrieb unmittelbar beeinträchtigen. Weitere Betriebsbeeinträchtigungen im Eigenbetrieb drohen, wenn die Behebung einer Sicherheitslücke einen unerwartet hohen Aufwand erfordert und begrenzte personelle Kapazitäten eine zeitnahe Lösungsfindung erschweren.

Open-Source-Lösungen bieten einen Ansatz, um Abhängigkeiten zu verringern. Der offen verfügbare Quellcode ermöglicht eine unabhängige Prüfung, Anpassung und Weiterführung der Software, fördert Interoperabilität und reduziert die Bindung an einzelne Anbieter - Eigenschaften, die auch die Europäische Kommission als Beitrag zur digitalen Souveränität hervorhebt [14]. Die unabhängige Prüfung von Open-

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN



Source-Software erfordert entsprechende Fachkompetenzen und personelle Ressourcen. Eigene Anpassungen können zudem dauerhaften Entwicklungsaufwand verursachen, etwa wenn Änderungen aus dem ursprünglichen Projekt übernommen, Konflikte behoben und Sicherheitskorrekturen in die eigene Version integriert werden müssen. Da dieser Aufwand intern häufig nicht tragbar ist, hängt die erreichbare Souveränität wesentlich von der Stärke der Entwicklergemeinschaft sowie der Verfügbarkeit geeigneter Distributoren und Dienstleister ab. An etablierten Open-Source-Projekten beteiligen sich neben unabhängigen Entwicklern auch zahlreiche Unternehmen. So tragen beispielsweise Google, Red Hat, Microsoft und Amazon zu 'Kubernetes' bei, während Intel, AMD und SUSE an der Weiterentwicklung des 'Linux-Kernels' mitwirken [15] [16]. Da die Unternehmen diese technologische Basis auch für eigene Produkte und Dienstleistungen nutzen, haben sie ein wirtschaftliches Interesse an deren Weiterentwicklung. Open Source schließt kommerzielle Geschäftsmodelle nicht aus. Einnahmen entstehen beispielsweise durch Support, Hosting, Integration und ergänzende Anwendungen. Das zeigt, warum Open Source ein tragfähiges Zukunftsmodell sein kann.

Auf diesem Geschäftsmodell baut auch 'OpenDesk' auf. Die Office- und Kollaborationssuite bündelt verschiedene Open-Source-Anwendungen, darunter 'Nextcloud' für die Dateiablage, 'Collabora Online' zur Dokumentenbearbeitung und 'OpenProject' für das Projektmanagement. Doch mögliche Abhängigkeiten bleiben gerade bei den verwendeten Entwicklungsplattformen bestehen. So wird 'Nextcloud' auf 'GitHub' entwickelt, einer Plattform des US-Konzerns Microsoft [17]. Dieser könnte den Zugriff für einzelne Nutzer, Organisationen oder aus bestimmten Ländern einschränken und damit Entwicklungs- und Veröffentlichungsprozesse beeinträchtigen. 'OpenDesk' nutzt als Entwicklungsplattform 'openCode', eine vom deutschen Zentrum für Digitale Souveränität (ZenDiS) betriebene Plattform. Damit liegt die Kontrolle über deren Betrieb bei einer deutschen Organisation. Allerdings basiert 'openCode' auf dem US-amerikanischen 'GitLab', sodass bei Aktualisierungen und gegebenenfalls lizenzpflichtigen Funktionen nach wie vor eine Herstellerabhängigkeit besteht [18]. Die Beispiele verdeutlichen die weiterhin starke Stellung US-amerikanischer Unternehmen im Umfeld von Open Source. Für den von Kunden geforderten, oft sehr umfassenden Funktionsumfang stehen meist noch keine europäischen Alternativen zur Verfügung, die eine Marktdurchdringung und vergleichbare Akzeptanz erreicht haben. So ermöglicht auch 'Nextcloud' die Integration von 'Microsoft Teams', 'SharePoint', Google-Diensten und 'Slack'. Dies ist das Retourticket in die vertraute Welt von Big Tech und damit auch zu den beinahe resigniert hingenommenen Abhängigkeiten von US-Konzernen.

Es bietet sich daher an, mit Microsoft und Google zwei dieser Technologiekonzerne und deren Cloud-Angebote direkt im Hinblick auf digitale Souveränität zu prüfen.

Mit der 'Sovereign Public Cloud' bietet Microsoft unter anderem Double Key Encryption (DKE) an. Für das Öffnen und Lesen des Dokumentes werden zwei Schlüssel benötigt, von denen einer unter Kontrolle des Kunden bleibt. Selbst bei einer behördlich angeordneten Datenherausgabe wären die Inhalte für Microsoft damit nicht ohne Weiteres lesbar [19]. Jedoch könnte bei einem Ausfall oder einer Sperrung der erforderlichen Azure-Dienste auch der Kunde den Zugriff auf DKE-verschlüsselte Daten verlieren. Um eine möglichst weitgehende Datenhaltung innerhalb der EU zu gewährleisten, sind zudem zahlreiche Konfigurationen vorzunehmen. Dennoch können bei Supportanfragen Betriebs- und Diagnosedaten erneut außerhalb der EU verarbeitet werden. Auch Copilot-Funktionen, die Bing-Suche und die Einbindung externer Dienste verursachen grenzüberschreitende Datenflüsse [20].

Mit der 'Sovereign Private Cloud' ermöglicht Microsoft den lokalen Betrieb von 'Azure Local' und 'Microsoft 365 Local' auf kundeneigener Infrastruktur. Im „Connected-Modus" benötigt 'Azure Local' mindestens alle 30 Tage eine Synchronisierung mit Microsofts Cloud. Bei längerer Unterbrechung laufen bestehende virtuelle Maschinen weiter, während bestimmte Verwaltungsfunktionen eingeschränkt werden [21]. Der „Disconnected-Modus" kommt ohne

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN



diese Verbindung aus, bietet jedoch einen geringeren Funktionsumfang. Updates müssen eigenständig verwaltet und erforderliche Compliance-Nachweise selbst erbracht werden. Insbesondere die Durchführung von Audits und Zertifizierungsverfahren kann erhebliche Kosten verursachen. Die Abhängigkeit von Microsoft als Softwarelieferant bleibt auch in dieser Variante bestehen.

Ergänzend bietet Microsoft sogenannte 'National Partner Clouds' an. Dieses Modell nutzt beispielsweise die Delos Cloud, eine Tochtergesellschaft des deutschen SAP-Konzerns. Sie stellt Microsoft-Dienste speziell für die öffentliche Verwaltung bereit. Als unabhängige Betreiberin übernimmt sie die Bereitstellung der Dateninfrastruktur sowie die damit verbundenen Sicherheits- und Wartungsaufgaben. Microsoft bleibt Technologielieferant, erhält jedoch keinen direkten Zugriff auf die in Deutschland verarbeiteten Daten.

Google bietet mit seinen 'Sovereign Cloud Solutions' verschiedene Ansätze zur Stärkung digitaler Souveränität. In der 'Public Cloud' können externe Schlüsseldienste eingesetzt werden, die den Zugriff auf verschlüsselte Daten unabhängig kontrollieren. Anders als bei Microsofts Double Key Encryption, lassen sich einzelne Entschlüsselungsanfragen anhand ihrer Begründung prüfen [22]. 'Google Cloud Dedicated' ermöglicht den Betrieb durch einen unabhängigen lokalen Partner, der die Infrastruktur einschließlich Identitätsverwaltung, Authentifizierung, Schlüsselverwaltung und technischer Administration übernimmt. Dieser kontrolliert sämtliche Kommunikationswege zu Google und kann Softwareupdates prüfen, blockieren sowie Änderungen rückgängig machen. Bei einer Trennung vom Hersteller werden die kryptografischen Schlüssel ausgetauscht, damit eine eigenständige Verwaltung ohne Einflussnahme durch Google fortbestehen kann. Die Architektur soll einen eigenständigen Weiterbetrieb für bis zu zwölf Monate ermöglichen, wobei Funktionen, die auf externe Google-Dienste angewiesen sind, eingeschränkt sein können [23]. Darüber hinaus ermöglicht 'Google Distributed Cloud Air-gapped' einen vollständig isolierten, zeitlich unbegrenzten Betrieb ohne Verbindung zur Google-Infrastruktur. Die Abhängigkeit von Google als Softwarelieferant bleibt jedoch bestehen.

Die hier angestellten Überlegungen zu verschiedenen Infrastrukturmodellen bieten, gemeinsam mit den in den Tabellen 1 und 2 vorgestellten technischen Schutzmechanismen, eine Grundlage, um zu erörtern, wo Anpassungen der eigenen Dateninfrastruktur möglich und wo sie notwendig sind. Welche Maßnahmen sinnvoll und langfristig tragfähig sind, ist für jedes Unternehmen anhand seiner identifizierten Risiken individuell zu beurteilen.

Schritte zur digitalen Souveränität

Betriebliche Handlungsfähigkeit sichern

Zunächst gilt es, besonders schutzbedürftige Informationen, Anwendungen und betriebliche Funktionen zu identifizieren. Dazu gehören vertrauliche Unternehmensdokumente ebenso wie Systeme, bei denen die Abhängigkeit von externen Anbietern die Aufrechterhaltung oder Wiederaufnahme des Betriebs gefährden könnte. Aus dieser Priorisierung lassen sich konkrete Schritte ableiten, ohne die gesamte Dateninfrastruktur auf einmal verändern zu müssen.

Bereits kurzfristig können die zuvor beschriebenen technischen Schutzmaßnahmen die Kontrolle über Daten und Zugriffe verbessern. Beispiele sind eine unabhängige Schlüsselverwaltung, getrennte Speicherorte oder die Verteilung sensibler Informationen auf verschiedene Anbieter. Während Cybersecurity auf den Schutz vor Angriffen und Resilienz auf die Bewältigung von Störungen ausgerichtet sind, steht bei digitaler Souveränität die eigenständige Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit im Mittelpunkt. Dabei können dieselben technischen Ansätze mehreren Zielen dienen.

Für kritische Anwendungen und Daten kann eine eigene Infrastruktur sinnvoll sein. Wo jedoch der Betrieb eines eigenen Rechenzentrums nicht nachhaltig ist, könnten mehrere Organisationen ihre Ressourcen bündeln und eine gemeinsame Einrichtung betreiben. Alternativ lassen sich bei Dienstleistern wie STACKIT (der Schwarz Gruppe) oder Anexia Rechenzentrumsflächen für eigene Server anmieten [24] [25]. Mit Open-Source-Lösungen wie Proxmox lassen sich auf diesen Servern mehrere voneinander getrennte virtuelle Systeme betreiben und eigenständig verwalten [26].

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN



Auch bei der Wahl von Anbietern ist die langfristige Unabhängigkeit entscheidend. Ein europäischer Anbieter kann von einem US-amerikanischen oder chinesischen Konzern übernommen werden. Drastische Lizenzpreiserhöhungen oder geänderte Vertragsbedingungen können bislang wirtschaftliche Lösungen untragbar machen. Um auf solche Entwicklungen reagieren und gegebenenfalls den Anbieter wechseln zu können, müssen die Systeme kontinuierlich auf technische Austauschbarkeit, Datenportabilität und beherrschbare Migrationskosten optimiert werden.

Gemeinsame technologische Lösungen voranbringen

Mehr Einflussnahme auf die Open-Source-Entwicklung und der gemeinsame Aufbau leistungsfähiger Software-Ökosysteme sind entscheidend für Europas technologische Eigenständigkeit. Aus vielen einzelnen Beiträgen können wettbewerbsfähige Alternativen zu etablierten Plattformen entstehen. Eine zentrale Hürde stellen die Kosten für die Integration unterschiedlicher Komponenten dar. Offene Schnittstellen und gemeinsame Standards sind daher entscheidend, um solche Lösungen wirtschaftlich tragfähig und breit einsetzbar zu machen.

Hier ist die Politik auf regulatorischer Ebene gefordert. Sie muss die Rahmenbedingungen für einen Markt schaffen, in dem interoperable Lösungen entstehen und sich durchsetzen können. Selbst eine konsequent formulierte Ausschreibung eines Infrastrukturbetreibers hilft wenig, wenn die europäische Industrie die geforderten Punkte nicht anbietet. Der Einfluss des einzelnen Betreibers auf das Marktangebot bleibt begrenzt. Umso wichtiger sind verbindliche Vorgaben, die den Wettbewerb fördern und Hersteller zur Einhaltung gemeinsamer Schnittstellen und Standards verpflichten. Dabei ist darauf zu achten, dass Hersteller unterschiedliche Auslegungen bei der technischen Umsetzung dieser Vorgaben nicht dazu nutzen, die Interoperabilität einzuschränken und dadurch einen Anbieterwechsel zu erschweren.

Alternativen etablieren und gesellschaftliche Mobilisierung bewirken

Welchen Einfluss staatliche Initiativen entfalten können, zeigt Frankreich mit der angekündigten Umstellung seiner staatlichen Digitaldirektion von Windows auf Linux, und mit der Förderung gemeinsamer digitaler Werkzeuge [27]. Setzt ein großer Akteur wie der Staat solche Lösungen in erheblichem Umfang ein, entsteht eine Nutzerbasis, die deren Verbreitung allgemein begünstigt. Denn der praktische Wert einer Anwendung hängt auch davon ab, ob Kunden, Partner und Dienstleister damit zusammenarbeiten können.

Für Veränderung braucht es Momentum. Solange Abhängigkeiten abstrakt bleiben und „nur" Unternehmen oder Institutionen zu betreffen scheinen, entsteht kaum eine persönliche Betroffenheit und der Antrieb eines jeden Einzelnen, aktiv zu handeln. Werden die Folgen fehlender digitaler Souveränität erst einmal im eigenen Alltag spürbar, können sich Ohnmacht und Wut wie ein Lauffeuer ausbreiten, verstärkt durch das Unverständnis darüber, warum nicht rechtzeitig gehandelt wurde. Gerade deshalb sollte das Bewusstsein für die möglichen Konsequenzen frühzeitig geschärft werden. Dazu können Kampagnen und soziale Medien innerhalb kurzer Zeit viele Menschen erreichen und eine gesellschaftliche Debatte intensivieren. Nicht zu unterschätzen ist die Kraft, die daraus hervorgeht, wenn sich Menschen mit etwas Größerem identifizieren, weil sie daraus Stolz und Selbstbewusstsein schöpfen.

Europäische Innovationskraft wirtschaftlich nutzen

Europa verfügt im internationalen Vergleich über herausragende Forschung und technologische Spitzenkompetenzen. Doch europäische Innovationen werden immer wieder in anderen Weltregionen wirtschaftlich verwertet und skaliert, während dies hierzulande zu selten gelingt. In den USA begünstigen unter anderem ein besserer Zugang zu Risikokapital, geringere bürokratische Hürden, eine höhere unternehmerische Risikobereitschaft und ein anderer Umgang mit Scheitern, die wirtschaftliche Umsetzung neuer Ideen [28] [29].

Gerade bei investitionsintensiven Systemen erfordert digitale Souveränität einen langfristigen Planungshorizont. Hohe Entwicklungskosten und lange Entwicklungszeiträume konzentrieren Fähigkeiten und Verfügungsrechte bei denjenigen, die diese Vorhaben

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN



finanzieren und vorantreiben. Eigenständigkeit setzt daher langfristige Investitionen bereits in der Entwicklungsphase voraus. Dabei ist festzustellen, dass digitale Souveränität auf unterschiedlichen Ebenen gegenläufig wirkt. EU-Vorgaben schränken nationale und betriebliche Entscheidungsspielräume ein, stärken aber den gemeinsamen Wirtschaftsraum und Binnenmarkt. Ziel ist es, dass Hersteller Produkte für einheitliche Anforderungen entwickeln können. Weniger Varianten senken die Produktionskosten und ermöglichen Skaleneffekte. Dadurch kann Europas wirtschaftliche und technologische Eigenständigkeit wachsen. Gerade bei kritischen Infrastrukturen wird durch europäische Rechtsakte und gemeinsame Standardisierung viel in Richtung Vereinheitlichung weitergebracht.

Unternehmerische Zukunft stärken

Es ist wichtig, dass das Thema digitale Souveränität im Unternehmen fest verankert wird. Das Innovationsmanagement kann beispielsweise mögliche zukünftige Abhängigkeitsszenarien und ihre Folgen für die betriebliche Handlungsfähigkeit untersuchen, Risiken abschätzen und die Zusammenhänge intern vermitteln. Da der Weg zur angestrebten Souveränität nicht linear verläuft, übernimmt das Innovationsmanagement eine wesentliche Rolle bei der Navigation durch technologische Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen. Ein starkes Innovationsmanagement kann entscheidend dazu beitragen, dass Betreiber ihre Handlungsfähigkeit langfristig bewahren und ausbauen.

Dabei kann es sinnvoll sein, über Europa hinauszublicken, wenn eine Beschränkung auf den europäischen Absatzmarkt für einen Hersteller wirtschaftlich nicht ausreichend attraktiv ist. Auch jenseits der USA und China bieten sich weltweit Marktchancen und Möglichkeiten für internationale Partnerschaften. Eine solche Diversifizierung schafft neue Alternativen zu einseitigen wirtschaftlichen Bindungen.

Quintessenz

Es gibt eine Vielzahl von Lösungen und Wegen, um die Abhängigkeit von einigen wenigen Big Techs zu verringern und um digitale Souveränität zu erlangen. Einige davon wurden in diesem Artikel aufgezeigt.

Beim kommenden Symposium „Unabhängigkeit europäischer Infrastruktur" der team Technology Management GmbH am 04.03.2027 soll vertieft diskutiert werden, wie Europa im globalen Wettbewerb technologische Souveränität, Resilienz und geopolitische Handlungsfähigkeit sichern kann (siehe: www.te-am.net/cia-symposium-2027).

Literatur

Einleitung

[1] International Criminal Court-Related Sanctions Regulations. U.S. Department of the Treasury, Office of Foreign Assets Control, 31 CFR Part 528, veröffentlicht am 1. Juli 2025, § 528.201 & § 528.701.

[2] Global software collaboration in the face of sanctions. GitHub Blog, 12. September 2019.

[3] Adobe cancels all user accounts in Venezuela to comply with Trump order. Ars Technica, 8. Oktober 2019.

[4] Adobe Continues Digital Media Access In Venezuela. Adobe Blog, 28. Oktober 2019.

[5] Credit cards cancelled, Google accounts closed: ICC judges on life under Trump sanctions. The Guardian, 18. Februar 2026.

[6] Commission d'enquête sur les dépendances structurelles et les vulnérabilités systémiques dans le secteur du numérique et les risques pour l'indépendance de la France. Audition de M. Nicolas Guillou, 8. April 2026, Compte rendu Nr. 21, S. 2-4 & 13. Mai 2026, Compte rendu Nr. 44, S. 24.

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN

[7] Imposing Sanctions on the International Criminal Court. U.S. Department of the Treasury, Office of Foreign Assets Control, 9. Oktober 2026.

[8] United States Code. Title 18 – Crimes and Criminal Procedure, Chapter 121 – Stored Wire and Electronic Communications and Transactional Records Access. United States Government Publishing Office, Ausgabe 2024, § 2703(b)(1)(A) & § 2703(c)(3) & § 2705(b) & §2713.

[9] Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung). Amtsblatt der Europäischen Union, L 119, 4. Mai 2016, S. 1-88.

Wirkung digitaler Abhängigkeiten

[10] IEC 62443 – Security for industrial automation and control systems. International Electrotechnical Commission.

[11] Blackout-Gefahr – Cyber-Risiko Solaranlage. Rundschau, Schweizer Radio und Fernsehen (SRF), 16. September 2026, Videobeitrag, 15 Min.

[12] Verordnung (EU) 2022/1031 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Juni 2022 über den Zugang von Wirtschaftsteilnehmern, Waren und Dienstleistungen aus Drittländern zum Unionsmarkt für öffentliche Aufträge und Konzessionen und über die Verfahren zur Unterstützung von Verhandlungen über den Zugang von Wirtschaftsteilnehmern, Waren und Dienstleistungen aus der Union zu den Märkten für öffentliche Aufträge und Konzessionen von Drittländern (Instrument betreffend das internationale Beschaffungswesen – IPI). Amtsblatt der Europäischen Union, L 173, 30. Juni 2022, S. 1-16, insbesondere Art. 1 & Art. 6.

[13] Verordnung (EU) 2022/2560 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 über den Binnenmarkt verzerrende drittstaatliche Subventionen. Amtsblatt der Europäischen Union, L 330, 23. Dezember 2022, S. 1-45, insbesondere Art. 1 & Art. 4.

Dateninfrastrukturen im Vergleich

[14] Open Source Software Strategy 2020–2023: Think Open. Brüssel: Europäische Kommission.
[15] Kubernetes Project Journey Report. Cloud Native Computing Foundation, 8. Juni 2023, Abschnitt „Contributor Diversity", S. 1.

[16] Linux Kernel History Report. The Linux Foundation, 2020, S. 13, Tabelle „Highly Diversified Corporate Contributors".

[17] Nextcloud Server. Nextcloud GmbH und Nextcloud Contributors, öffentliches Quellcode-Repository „nextcloud/server", GitHub.

[18] Sichere Softwarelieferketten: openCode als Baustein einer souveränen digitalen Infrastruktur. Zentrum für Digitale Souveränität der Öffentlichen Verwaltung GmbH, in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Strategiepapier, Stand März 2025, veröffentlicht am 10. April 2025.

[19] What is Double Key Encryption (DKE)? Microsoft Learn, Microsoft Purview, technische Dokumentation, zuletzt aktualisiert am 12. Mai 2026.

[20] Continuing data transfers that apply to all EU Data Boundary Services. Microsoft Learn, Microsoft Privacy, technische Dokumentation, zuletzt aktualisiert am 30. März 2026, Abschnitt „Professional Services Data", insbesondere „VDI" und „Cases escalated to product engineers" sowie „Customer-initiated data transfers".

[21] Azure Local FAQ. Microsoft Learn, technische Dokumentation, zuletzt aktualisiert am 3. Juni 2026.
[22] Overview of Key Access Justifications. Google Cloud Documentation, technische Dokumentation, zuletzt aktualisiert am 1. Juli 2026.

[23] Delivering a secure, open, and sovereign digital world. Google Cloud Blog, Sachin Gupta und Jai Haridas, veröffentlicht am 6. Februar 2026, Abschnitt „Assurance of operational continuity".

GOOD NEWS - DIGITALE SOUVERÄNITAT

EINBLICKE IN TECHNISCHE ABHÄNGIGKEITEN UND SCHUTZMECHANISMEN

Schritte zur digitalen Souveränität

[24] STACKIT Colocation: Sicheres Server Hosting. STACKIT, o. D.

[25] Colocation an über 100 Standorten. Anexia, o. D.

[26] Proxmox Virtual Environment – Funktionen. Proxmox Server Solutions GmbH, o. D.

[27] Souveraineté numérique : l'État accélère la réduction de ses dépendances extra-européennes. Direction interministérielle du numérique (DINUM), 8. April 2026.

[28] The Future of European Competitiveness: A Competitiveness Strategy for Europe. Mario Draghi, European Commission, 9. September 2024.

[29] The EU Startup and Scaleup Strategy: Choose Europe to Start and Scale. European Commission, COM(2025) 270 final, 28. Mai 2025.



Salomé Christiani ist Senior IT Consultant bei der **team** Technology Management GmbH. Ihre Schwerpunkte sin Bahnsysteme, KI-Beratung und Innovation. Sie absolvierte ihr Bachelorstudium in Elektrotechnik und Informationstechnik an der TU Wien sowie ihr Masterstudium in Robotik und Mechatronik am FH Technikum Wien.

Veranstaltungskalender

Wann	Was	Wo
3. & 4. Dezember	8. Kongress Fahrstromanlagen	Wien
7. Jänner 2027	Praxisnah! Die ÖVG Campus Sessions: Gleisbettgeflüster	Graz
18. Jänner 2027	Exkursion zur ASFiNAG	Wien
27. Jänner 2027	Praxisnah! Die ÖVG Campus Sessions: Gleisbettgeflüster	Wien
9. - 12. März 2027	25. Wiener Eisenbahnkolloquium + SRE	Wien
6. April 2027	The Art of Mobility: die Westbahn	Wien
27. - 29. April 2027	Fahrwegtagung	Salzburg
15. - 16. September 2027	ÖVG Forum Mobilität 2027 (Jahrestagung)	Krems
Herbst 2027	RAILCONNECT Vol. 2	Wien
Herbst 2027	9. Kongress Fahrstromanlagen	Wien

Mehr Infos

beWege

DER MOBILITY PODCAST DER ÖVG





Der ÖZV-Blog

In unserem Blog erwarten Sie aktuelle Neuigkeiten und spannende Artikel aus Wissenschaft, Industrie und Politik und für die Mobilität von morgen.

Medieninhaber und Herausgeber:
Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft (ÖVG)
1090 Wien, Kolingasse 13/7
Tel.: +43/1/5879727

Redaktion: Sylvia Leodolter

Layout: Renée Ramdohr, Sylvia Leodolter, Marie-Luise Zwicker

Offenlegung gemäß Mediengesetz:
Ziel der Österreichischen Zeitschrift für Verkehrswissenschaft ist es, die Verkehrswissenschaft zu fördern, verkehrswissenschaftliche, -technische und -politische Themen zu behandeln, Lösungen aufzuzeigen so- wie neue Erkenntnisse der verkehrswissenschaftlichen Forschung bekannt zu machen.

ASFINAG

ÖBB Holding

vossloh

ALSTOM
• mobility by nature •

Rail Cargo Austria
Ein Unternehmen der ÖBB

WKO
TRANSPORT · VERKEHR

BreitenfeldHR

SCHIG
MOBILITÄT VERSTEHEN

Plasser & Theurer

Global Rail GROUP

SIEMENS

PORR

HITACHI
Inspire the Next

STADLER

GYSEV
Raaberbahn

iv INDUSTRIELLEN VEREINIGUNG

RAILWAY SYSTEMS
by voestalpine

