

Zukunft auf Schienen sichern: Strategien und Massnahmen zur Flottenmodernisierung

PROSE WHITE PAPER

Autoren:
Yves Kohler
Lukas Müller
Chantal Pietsch

Mai 2025



Modernisierungen sind durch technische Alterung, regulatorische Änderungen und betriebliche Anforderungen erforderlich.

Individuelle Modernisierungs-Strategien werden mit einer detaillierten Bewertungsmatrix entwickelt.

Die Planung von Modernisierungen integriert Umwelt- und Kosteneffizienz.

Modernisierungen erfordern spezialisierte Fachkenntnisse und sorgfältige Planung aufgrund technischer und betrieblicher Herausforderungen.

Die Entscheidung für eine Modernisierung von Eisenbahnfahrzeugen hängt von einer Vielzahl technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Faktoren ab. Dieses White Paper erörtert die verschiedenen Gründe für einen Refit, darunter das Erreichen des Lebensendes der Züge, technologische Obsoleszenzen, Markt- und regulatorische Anforderungen sowie die Notwendigkeit, den Komfort und die Zuverlässigkeit zu verbessern.

MODERNISIERUNG VON EISENBAHNFahrZEUGEN

- 1** Nachhaltige Flottenstrategien
- 2** Hintergrundinformationen
- 3** Herausforderungen der Verkehrsbetriebe
- 4** Problemlösung: PROSE Methodik
- 5** Fazit

Eine langfristige Flottenstrategie ist entscheidend. Etwa 10 Jahre nach Inbetriebnahme einer Flotte muss die wichtige Frage gestellt werden: Wie geht es mit den Fahrzeugen weiter?

1 NACHHALTIGE FLOTTENSTRATEGIEN

Die Entscheidung, ob und welche Art von Modernisierungsmassnahme sinnvoll ist, hängt stark vom jeweiligen Fahrzeug, System oder Komponente ab. Es ist wichtig, eine gründliche Bewertung durchzuführen, um festzustellen, welche Modernisierungsmassnahmen wirtschaftlich und technisch sinnvoll sind. Diese können entweder in grossem Umfang oder gestückelt durchgeführt werden. Der optimale Zeitpunkt für eine Modernisierungsmassnahme hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschliesslich der aktuellen Systemleistung und der zukünftigen Anforderungen. Ein wesentlicher Aspekt, der bei der Entwicklung einer Flottenstrategie berücksichtigt werden muss, ist die Nachhaltigkeit. Eine nachhaltige Strategie sollte den gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge berücksichtigen, von der Beschaffung über den Betrieb bis hin zur Entsorgung. Dies hilft, die Umweltauswirkungen zu minimieren und die Ressourceneffizienz zu maximieren. Die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft können angewendet werden, um Materialien und Komponenten wiederzuverwenden und zu recyceln, was den Bedarf an neuen Rohstoffen reduziert und die Abfallmenge verringert. Bei der Entscheidung über eine Modernisierungsmassnahme sollte auch die Energieeffizienz der Fahrzeuge berücksichtigt werden, da diese massgeblich zu den Betriebskosten beiträgt. Der Einsatz umweltfreundlicher Materialien kann die Nachhaltigkeit des Rollmaterials weiter erhöhen, indem Materialien bevorzugt werden, die weniger umweltschädlich sind und eine längere Lebensdauer haben. Die Frage, wie die finanziellen Mittel für eine Modernisierungsmassnahme ausgegeben werden, ist ebenfalls von grosser Bedeutung. Es gibt zwei Hauptansätze: die Mittel auf einmal auszugeben, indem die Fahrzeuge nacheinander komplett aus dem Betrieb genommen werden, oder die Ausgaben zu stückeln, und die Modernisierungsmassnahmen im laufenden Betrieb, bei anstehenden Instandhaltungs-Intervallen, durchzuführen. Jede Methode hat ihre eigenen Vor- und Nachteile, die sorgfältig abgewogen werden müssen. PROSE hat eine spezielle Methodik entwickelt, um die Flottenstrategie festzulegen, zu bewerten und zu monetarisieren. Diese Methodik hilft dabei, fundierte Entscheidungen zu treffen und die langfristige Rentabilität und Effizienz des Rollmaterials zu gewährleisten. Durch die Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in diese Methodik können langfristige ökologische und wirtschaftliche Vorteile erzielt werden.

Begriffe zu Modernisierungsmassnahmen:

Im Zusammenhang mit der Modernisierung von Schienenfahrzeugen gibt es diverse Begrifflichkeiten. Wir verwenden in diesem White Paper folgende Begriffe:

Modernisierung:

Überbegriff für die Erneuerung und Überarbeitung von Fahrzeugen, beinhaltet oft mehrere der nachfolgend beschriebenen Massnahmen.

Refit:

Umfassende, bedarfsgerechte Wiederherstellung und Auffrischung aller Komponenten, um das Fahrzeug möglichst in den ursprünglichen Zustand zu versetzen. Ein Refit kann bei Herstellung des Fahrzeugs bereits vorgesehen sein (z.B. als Midlife-Refurbishment). Er kann aber auch zu einem späteren Zeitpunkt beschlossen werden (Durchführung i.d.R. im letzten Drittel der ursprünglichen Lebensdauer), mit dem Ziel die Lebensdauer zu verlängern und die Effizienz zu steigern (kann auch als Lebensdauererweiterung bezeichnet werden).

Retrofit:

Verbesserung und Aktualisierung von Fahrzeugen durch den Ersatz von Komponenten oder Systemen mit neuen Technologien, die ursprünglich nicht (wirtschaftlich) verfügbar waren. Beispiel: Neues Kundeninformationssystem

Nachrüstung:

Installation komplett neuer Systeme oder Komponenten in bestehende Fahrzeuge, um deren Funktionalität zu erweitern. Beispiel: ETCS (Vorgaben zum Netzzugang), ATO (Entscheidung des Verkehrsbetriebs, dies einzuführen). Wird nach Bedarf durchgeführt, idealerweise aber im Rahmen eines Refits oder eines allgemeinen Retrofits.

Redesign:

Umgestaltung und umfassende Überarbeitung des Innenraums sowie ggf. der Farbgebung, um Komfort und Erscheinungsbild zu verbessern. Wird nach Bedarf durchgeführt, idealerweise aber im Rahmen eines Refits oder eines allgemeinen Retrofits.

Einer der Hauptgründe ist das Erreichen des Lebensendes eines Zuges, was bedeutet, dass die Fahrzeuge ihre geplante Nutzungsdauer erreicht haben und eine umfassende Überholung benötigen, um weiter betrieben werden zu können.



2 HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Gründe für eine anstehende Modernisierung können vielfältig sein.

Gründe für anstehenden Modernisierungsmassnahmen können vielfältig sein. Einer der Hauptgründe ist das Erreichen der Lebensdauer eines Zuges, was bedeutet, dass die Fahrzeuge ihre geplante Nutzungsdauer erreicht haben und einen umfassenden Refit benötigen, um weiter effizient betrieben werden zu können.

Bei der Bestimmung der zu erreichenden Lebensdauer sollte die zukünftige Beschaffungsstrategie berücksichtigt werden. So kann die Möglichkeit eines späteren gemeinsamen Beschaffungsprojekts Auslöser für Modernisierungsmassnahmen sein, um den Beschaffungszyklus mit einem anderen Fahrzeughalter zu synchronisieren.

Obsoleszenzen sowie technologischer Fortschritt können der Grund für einen Retrofit sein. So kann es wirtschaftlich sein, veraltete Systeme zu modernisieren oder notwendig sein, komplette Komponenten und Systeme zu ersetzen, da sie aufgrund von Obsoleszenzen nicht mehr zur Verfügung stehen. Weiter kann auch der Wunsch oder die Anforderung, seitens Besteller und Kunden, neue Technologien zu integrieren, ein Auslöser sein. Marktbedingte Faktoren, wie veränderte Nachfrage oder Wettbewerbssituationen (mit anderen Verkehrsträgern oder im Rahmen einer Neuausschreibung von Verkehrsleistungen), können ebenfalls Massnahmen erforderlich machen. Dazu wird in der Regel ein Redesign umgesetzt. Dieses geht, je nach Bedarf, von der einfachen Änderung der Farbgebung bis hin zu einem komplett neuen Innenlayout, das Komfortverbesserungen und Erweiterungen der Funktionalität (z.B. Multifunktionsabteile) erlaubt.

Betriebliche Änderungen, wie neue Einsatzpläne, geänderte Betriebsanforderungen, geänderte Netzzugangsbedingungen, die Einführung von neuen Prozessen (regulatorische Anforderung) oder die digitale Instandhaltung (interne Anforderung) sowie neue Technologien wie ATO-Betrieb, können Nachrüstungen erfordern. Wenn ein Retrofit geplant ist, der den Bestandsschutz aufhebt, können neue Sicherheits- oder Umweltregularien ein weiterer Grund für Nachrüstungen sein.

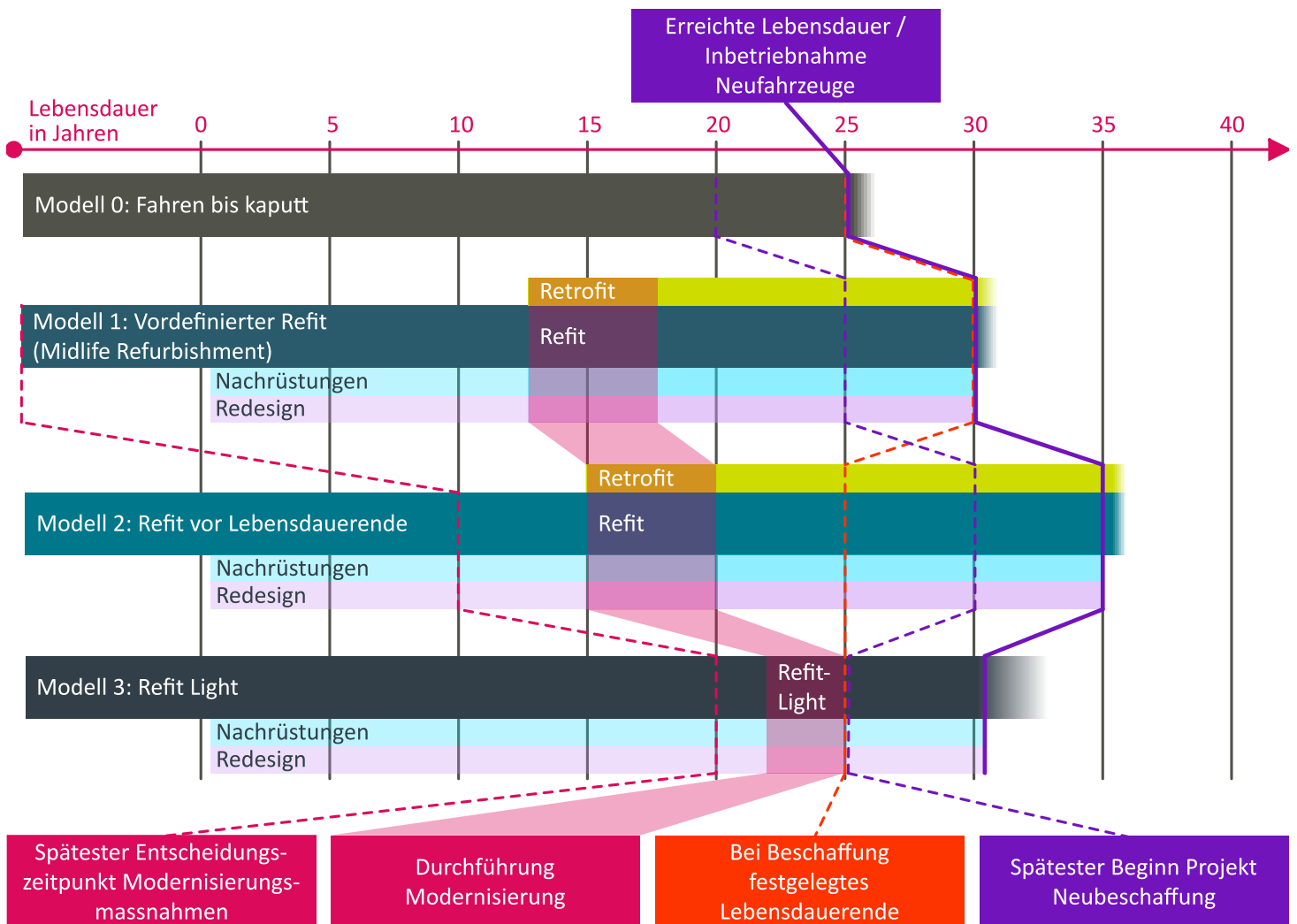
Schliesslich können auch Massnahmen zur Steigerung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Zuges verschiedene Modernisierungsmassnahmen rechtfertigen. Eine Modernisierung umfasst in der Regel unterschiedliche Massnahmen, die wiederum aus verschiedenen Gründen getroffen werden. Alle Faktoren und Möglichkeiten müssen sorgfältig abgewogen werden, um die langfristig wirtschaftlichste Entscheidung (für Betreiber, Besteller, Fahrzeughalter usw.) zu treffen. Anhand der vereinfachten Darstellung (siehe nächste Seite) des Rollmateriallebenszyklus können unterschiedliche Überlegungen zu Modernisierungsmassnahmen angestellt werden. Einerseits können lebensverlängernde Massnahmen durchgeführt werden, die eine verlängerte Nutzungsdauer von bis zu 15 Jahren ermöglichen. Diese Massnahmen würden parallel zu den regulären, in diesem Zeitraum anfallenden Revisionen stattfinden. Andererseits besteht die Möglichkeit, einen sogenannten Refit-Light durchzuführen. Dieser umfasst überbrückende Massnahmen, die darauf abzielen, die bestehende Fahrzeugflotte für einen Zeitraum von etwa 5-10 Jahren weiter nutzbar zu machen. In dieser Zeitspanne wird die Beschaffung einer neuen Fahrzeugflotte (ggf. gemeinsam mit einem anderen Fahrzeughalter) angestrebt. Nicht zu vergessen sind in der Flottenstrategie die langfristigen Gesamtkosten - eine Neubeschaffung ist mit grossem Aufwand und hohen Investitionskosten verbunden. Modernisierungsmassnahmen ermöglichen bei deutlich geringeren Investitionskosten eine Anpassung an aktuelle Anforderungen und eine Reduktion der Betriebs- und Instandhaltungskosten. Auch wenn die laufenden Kosten nach einer Modernisierung höher als bei einem Neufahrzeug sind, ist sie aufgrund der signifikant geringeren Investitionskosten unter dem Strich in der Regel eine deutlich wirtschaftlichere Lösung.



3 HERAUSFORDERUNGEN DER VERKEHRSBETRIEBE

Verkehrsbetriebe stehen vor mehreren Herausforderungen, wenn sie Modernisierungsmassnahmen ihres Rollmaterials planen. Modernisierungsmassnahmen können sehr kostenintensiv ausfallen, insbesondere wenn es um die Modernisierung älterer Fahrzeuge geht, und sind mit Risiken behaftet. Die Kosten umfassen nicht nur die Materialien und Arbeitskräfte, sondern auch die Ausfallzeiten der Fahrzeuge während der Arbeiten. Die Integration neuer Technologien, wie z.B. emissionsfreie Antriebe oder fortschrittliche Fahrassistenzsysteme, kann komplex sein. Dies erfordert oft spezielle Fachkenntnisse und kann zu Kompatibilitätsproblemen mit bestehenden Systemen führen.

Verkehrsbetriebe müssen sicherstellen, dass ihre Fahrzeuge den aktuellen gesetzlichen Vorschriften entsprechen. Dies kann zusätzliche Anpassungen und Zertifizierungen erfordern und mündet in eventuell neue Zulassungsprozesse, was den Prozess weiter verkompliziert und zu Verzögerungen führen kann. Schliesslich belasten die steigenden Kosten für Energie und Wartung die Budgets der Verkehrsbetriebe zusätzlich. Diese Herausforderungen erfordern eine sorgfältige sowie frühzeitige Planung und oft auch externe Unterstützung, um erfolgreich gemeistert zu werden.



4 PROBLEMLÖSUNG: PROSE METHODIK

PROSE hat eine Methodik entwickelt, die in enger Zusammenarbeit mit dem Verkehrsbetrieb individualisiert wird, um die Flottenstrategie im Hinblick auf Modernisierungsmassnahmen festzulegen. Während PROSE die methodischen sowie Projektmanagement Fähigkeiten und das technische Know-how einbringt, liefert der Verkehrsbetrieb die konkreten Zahlen und Daten rund um ihre Fahrzeuge sowie die zukünftigen Anforderungen. Diese Kombination ermöglicht es, individuelle Lösungen zu entwickeln, die sowohl den technischen Anforderungen als auch den spezifischen betrieblichen Gegebenheiten gerecht werden. Durch diese Zusammenarbeit wird sichergestellt, dass die entwickelten Strategien und Massnahmen optimal auf die Bedürfnisse und Bedingungen des jeweiligen Verkehrsbetriebs abgestimmt sind.

Im ersten Schritt beginnt PROSE mit der Entwicklung einer detaillierten Bewertungsmatrix, die auf der spezifischen Fahrzeugstruktur des Verkehrsbetriebs basiert. Diese Matrix dient dazu, die verschiedenen Massnahmen zu identifizieren und zu bewerten, die im Rahmen der anstehenden Modernisierungsmassnahmen umgesetzt werden sollen. Die Bewertungsmatrix umfasst eine Reihe von Kriterien, welche mit dem Betreiber festgelegt werden, die für die Bewertung der Massnahmen relevant sind. Diese Kriterien können technische Aspekte, wirtschaftliche Faktoren, regulatorische Anforderungen und betriebliche Notwendigkeiten umfassen.

Nachdem die Kriterien festgelegt wurden, wird jede potenzielle Massnahme anhand dieser Kriterien bewertet und eine Auswertung erstellt. Diese Auswertung hilft dabei, die Massnahmen zu priorisieren und fundierte Entscheidungen zu treffen.

Weiter entwickelt PROSE ein Projekt-handbuch für die anstehenden Modernisierungsmassnahmen, das speziell auf das jeweilige Projekt zugeschnitten ist. Dieses Handbuch dient als umfassender Leitfaden für die Durchführung des Projekts und definiert die verschiedenen Phasen, die das Projekt durchlaufen wird. Jede Phase wird detailliert beschrieben, einschliesslich der Zielsetzungen, der geplanten Dauer und der spezifischen Inhalte.

Darüber hinaus wird im Projekthandbuch erläutert, welche Projektbeteiligten und Stakeholder zu welchem Zeitpunkt und in welcher Weise in das Projekt eingebunden werden sollen. Es werden klare Verantwortlichkeiten definiert, um sicherzustellen, dass alle Beteiligten ihre Aufgaben und Rollen verstehen. Dies fördert eine reibungslose Kommunikation und Zusammenarbeit während des gesamten Projekts.

Beispiele aus der Praxis:

Beurteilung der Flotten-Restnutzungsdauer der Zillertaler Verkehrsbetriebe (ZVB):

Im Rahmen der Beurteilung der Altflotte der Zillertaler Verkehrsbetriebe wurden verschiedene Modernisierungsmassnahmen analysiert und bewertet. Der Bericht berücksichtigt sowohl die wirtschaftlichen als auch die technischen Aspekte der Lebensdauererweiterung und zeigt die Notwendigkeit einer umfassenden Überholung der Fahrzeuge auf. Dabei wird besonders auf die Verbesserung der Systemleistung und die Erfüllung zukünftiger Anforderungen eingegangen. Durch die Anwendung der PROSE-Methodik konnten fundierte Entscheidungen getroffen und eine langfristige Rentabilität und Effizienz des Rollmaterials sichergestellt werden. Die Analyse verdeutlicht die Bedeutung einer gründlichen Bewertung und frühzeitigen Planung bei der Durchführung von Modernisierungsmassnahmen.

Modernisierungsmassnahmen bei den Verkehrsbetrieben Zürich (VBZ):

Im Rahmen der Unterstützungsmassnahmen für die VBZ wurde eine detaillierte Analyse der Flottenstrategie durchgeführt. Die Untersuchung fokussierte sich auf die technischen Anforderungen und die wirtschaftlichen Vorteile verschiedener Modernisierungsoptionen, die im Rahmen der Revision 3 der Cobra-Trams durchgeführt werden könnten. Es wurden Aspekte wie die Verbesserung der Systemleistung und die Erfüllung zukünftiger Anforderungen berücksichtigt. Mithilfe der Bewertungsmatrix von PROSE konnten fundierte Entscheidungen getroffen und die langfristige Rentabilität und Effizienz der Flotte sichergestellt werden. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung einer sorgfältigen Bewertung und Planung bei der Umsetzung von Modernisierungsprojekten.

Bewertung
möglicher
Massnahmen

Umsetzungs-
entscheid

Machbarkeits-
studien

Projekthandbuch

Grob- &
Detailkonzepte

Realisierung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Entscheidung, welche Modernisierungsmassnahme zu welchem Zeitpunkt durchgeführt werden soll, von verschiedenen Faktoren abhängt. Die frühzeitige Betrachtung im Lebenszyklus des Rollmaterials ist im ersten Schritt wichtig, genauso wie eine gründliche Bewertung der wirtschaftlichen und technischen Aspekte unerlässlich ist. Dabei spielen die aktuelle Systemleistung, zukünftige Anforderungen und die Art des Fahrzeugs eine entscheidende Rolle. Es gibt unterschiedliche Ansätze für Modernisierungsmassnahmen, wie ein Refit, Retrofit oder ein Refit-Light, die jeweils ihre eigenen Vor- und Nachteile haben. PROSE bietet eine Methodik, um die Flottenstrategie festzulegen, zu bewerten und zu monetarisieren. Das hilft Verkehrsbetrieben fundierte Entscheidungen zu treffen und die langfristige Rentabilität und Effizienz des Rollmaterials zu gewährleisten. Letztendlich müssen alle relevanten Faktoren sorgfältig abgewogen werden, um die bestmöglichen Modernisierungsmassnahmen umzusetzen.

“Eine gründliche Bewertung der wirtschaftlichen und technischen Aspekte ist unerlässlich, um festzustellen, ob ein Refit sinnvoll ist.“



PROSE wurde 1982 gegründet und ist ein weltweit agierender, unabhängiger Engineering- und Beratungsdienstleister im Sektor der Mobilitätslösungen mit klarem Fokus auf den Schienenfahrzeugsektor. PROSE ist entlang des gesamten Mobilitätslebenszyklus aktiv: von der Planung, über die Beschaffung, Entwicklung, Fertigung, Zulassung, Betrieb und Instandhaltung, bis hin zur Modernisierung.

Ein unabhängiger, bewährter Partner

Da PROSE sich grösstenteils im Besitz seiner Belegschaft befindet, können wir neutrale und unabhängige Engineering-Dienste und -Beratung garantieren. Unsere Kunden - Hersteller, Betreiber, Behörden und Werkstätten - vertrauen darauf, dass wir Komplettlösungen für komplexe Anforderungen liefern, was oftmals mehr als einen unserer breit gefächerten Services beinhaltet. Anhand eines tiefgreifenden Verständnisses für das Geschäft unserer Kunden bieten wir hochqualitative und wirtschaftliche Lösungen von A bis Z an.

9 Büros in 6 Ländern, mehr als 200 Mitarbeitende, über 5'000 Projekte weltweit

PROSE verfügt über insgesamt neun Standorte in Deutschland, Österreich, Frankreich, Italien, Schweden und in der Schweiz. Mit mehr als 200 engagierten und erfahrenen Mitarbeitenden und weltweit mehr als 5'000 erfolgreich abgeschlossenen Projekten, lösen wir die Herausforderungen unserer Kunden, wo immer wir benötigt werden.

