

# Simulations- und Planungstool für Kapazitätsplanungen von Eisenbahnen im Personenverkehr am Beispiel des Hbf. Wien **SIMPLE**

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung 2016  
**(VIF2016)**

Dezember 2018



## Impressum:

### Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
Radetzkystraße 2  
A – 1030 Wien



ÖBB-Infrastruktur AG  
Nordbahnstraße 50  
A – 1020 Wien



### Für den Inhalt verantwortlich:

Technische Universität Wien,  
Fachbereich Verkehrssystemplanung  
Augasse 2-6  
1090 Wien



nast consulting ZT GmbH  
Lindengasse 38  
1070 Wien



EBP Schweiz AG  
Mühlebachstrasse 11  
8032 Zürich  
Schweiz



### Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH  
Thematische Programme  
Sensengasse 1  
A – 1090 Wien



# **Simulations- und Planungstool für Kapazitätsplanungen von Eisenbahnen im Personenverkehr am Beispiel des Hbf. Wien SIMPLE**

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung (VIF2016)

**AutorInnen:**

**DI Alessandra ANGELINI**

**DI Daniel ELIAS**

**DI Tabea FIAN**

**Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Georg HAUGER**

**DI Matthias HOFER**

**DI Birgit NADLER**

**DI Dr. Friedrich NADLER**

**DI Carolin SPIESBERGER**

**Auftraggeber:**

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft

**Auftragnehmer:**

Technische Universität Wien, Fachbereich Verkehrssystemplanung

nast consulting TZ GmbH

EBP Schweiz AG

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>6</b>
1.1. Zielsetzung Projekt SIMPLE .....	6
1.2. Methodische Herangehensweise .....	6
1.3. Projektablauf .....	8
<b>2. Lasten- und Pflichtenheft</b> .....	<b>10</b>
2.1. Allgemeine Hinweise zur Lesbarkeit .....	10
2.2. Zielsetzung und Einsatzgebiete .....	11
2.3. Systemabgrenzung .....	14
<b>3. Infrastrukturanalyse</b> .....	<b>15</b>
3.1. Verkehrsstation Wien Meidling .....	16
3.2. Verkehrsstation Wien Hauptbahnhof .....	17
3.3. Abstellanlage Matzleinsdorf .....	18
3.4. Abstellanlage Autoreisezuganlage .....	21
<b>4. Prozessanalyse</b> .....	<b>23</b>
4.1. Vorgabe bei Prozessplanungen .....	23
4.2. Prozesslandschaft Wien Hauptbahnhof .....	25
<b>5. SIMPLE Planungs- und Simulationstool</b> .....	<b>33</b>
5.1. Modellbeschreibung und funktionale Anforderungen .....	33
5.2. Erforderliche Datengrundlagen .....	36
5.3. Herausforderungen beim Import von Umlaufplänen .....	38
5.4. Entscheidungslogik .....	43
5.5. Parametrierung .....	43
5.6. Funktionen .....	44
<b>6. Empfehlungen für den Einsatz</b> .....	<b>47</b>
6.1. Optimierungspotentiale und Leistungskennzahlen .....	47
6.2. Bewertung .....	48
6.3. Weiterentwicklungsmöglichkeiten .....	50
6.4. Umlegbarkeit .....	50
<b>7. Benutzerhandbuch</b> .....	<b>52</b>
7.1. Übersicht SIMPLE Tabellenblätter .....	52
7.2. Fahrplanimport .....	52
7.3. Vergleich Fahrplandaten .....	53
7.4. Umwandlung Fernverkehr/Nahverkehr .....	54
7.5. Aufbereitung Fernverkehr/Nahverkehr für Planung der Gleisbelegung .....	58

7.6.	Ersatzdatengenerierung Fernverkehr/Nahverkehr aus ZVZ_Ve .....	58
7.7.	Datenaufbereitung Gleisbelegungsplanung .....	58
7.8.	Planung der Gleisbelegung .....	59
7.9.	Anhang Benutzerhandbuch .....	62
<b>8.</b>	<b>Verzeichnisse.....</b>	<b>63</b>
8.1.	Abbildungsverzeichnis.....	63
8.2.	Tabellenverzeichnis.....	63

## **1. EINLEITUNG**

### **1.1. Zielsetzung Projekt SIMPLE**

Für laufende Kapazitätsplanungen und Betriebsanalysen wird ein offline Simulations- und Planungstool für den Hauptbahnhof Wien entwickelt. Auf Basis detaillierter Eingangsdaten (z.B. Fahrpläne, Zugdaten) erfolgt eine Machbarkeitsuntersuchung von Fahrplänen sowie die Planung von Service- und Vershubtätigkeiten entsprechend verfügbarer Ressourcen und Prioritäten. Die zugrundeliegenden standardisierten Algorithmen und automatisierten Importroutinen ermöglichen eine rasche, zuverlässige, diskriminierungsfreie, sichere (d.h. fehlerfreie) und effiziente Planung von Prozessen.

### **1.2. Methodische Herangehensweise**

Die Anforderungen, Rahmenbedingungen und Einsatzmöglichkeiten für das SIMPLE Planungs- und Simulationstool werden zu Projektbeginn des Forschungsprojektes SIMPLE gemeinsam mit dem Auftraggeber anhand eines Lastenhefts mit detaillierten Anforderungsspezifikationen auf Basis des vorgesehenen Projektzeitplans definiert. Dabei werden Einsatzmöglichkeiten sowie die Integration in bereits vorhandene Entscheidungs- und Simulationskomponenten und Techniken bestmöglich berücksichtigt. Neben der Beantragung vorhandener Datengrundlagen werden die Qualitätsziele im Personenverkehr und der gewünschte Komfort hinsichtlich der Bedienung des SIMPLE Planungs- und Simulationstools gemeinsam mit dem Auftraggeber festgelegt. Auf Basis der Abstimmungen mit dem Auftraggeber wird ein detailliertes Pflichtenheft erstellt, das als Grundlage für die weitere Projektbearbeitung dient.

Die Datengrundlagen der Eingangsdaten (z.B. Zugbehandlungen, Servicetätigkeiten, Prozessabläufe und Interaktionen, äußere Einwirkungen) werden anhand von Testdatensätzen des Auftraggebers hinsichtlich ihrer Beschaffenheit, dem Format und verfügbaren Inhalt gesichtet und bezüglich Plausibilität und Vollständigkeit (z.B. Prüfung und Ergänzung fehlender Angaben über einzelne Waggonen) laufend geprüft. Bei entsprechender Verfügbarkeit und Kompatibilität von Eingangsdaten aus anderen Programmen der Betriebsplanung werden diese künftig bestmöglich als Grundlage für das SIMPLE Planungs- und Simulationstool integriert, damit parallele Entwicklungspfade vermieden werden können. Es wird auch angestrebt, bestehende Datenkataloge anderer Programme als Grundlage für die Modellierung zu importieren. Dies umfasst beispielsweise bereits vorhandene Fahrzeuge und Fahrzeug-Charakteristiken sowie vorhandene Zugverzeichnisse.

Nach der Festlegung der verfügbaren Datengrundlagen werden die automatischen Importroutinen für die Generierung des Systemabbilds des Bahnhofs programmiert. Neben dem Systemabbild werden die erforderlichen Eingangsdaten (z.B. eingehende und ausgehende Züge, Fahrpläne, erforderliche Prozesse pro Zug, verfügbare Ressourcen) für die Kapazitätsplanung im SIMPLE Planungs- und Simulationstool zusammengefügt. Dabei werden auch Algorithmen für die Ersatzdatengenerierung implementiert.

Für die Programmsteuerung wird eine Eingabemaske entwickelt, über welche die AnwenderInnen unter anderem folgende wesentliche Aktionen ausführen:

- Eingabe von Parametern entsprechend der erwähnten Parametrierungsebenen. Parameter sind z.B. Prozessabfolge, Prozessdauer, Verfügbare Infrastruktur, Zeitparameter
- Auslesung und Export der Berechnungsergebnisse

Das Programm wird auf einer MS Excel basierten Benutzeroberfläche entwickelt. Dadurch sind nur softwarespezifische Minimalanforderungen für die künftige Bedienung durch das Personal der ÖBB gegeben.

Die einzelnen Routinen (ausgewählte Prozessschritte und Abläufe) werden auf Basis einer Prozessanalyse mithilfe von Ablaufdiagrammen und der Priorisierung von Einzelaktivitäten erfasst, im Projektteam analysiert und im Modellansatz des SIMPLE Planungs- und Simulationstools hinterlegt.

Durch die interne Analyse wird die Nachvollziehbarkeit und Korrektheit der Annahmen sichergestellt.

Der gewählte methodische Ansatz weist den Vorteil auf, dass Änderungen und Adaptierungen der Algorithmen in leicht verständlicher, textbasierter Programmierungssprache erfolgen. Entsprechend der vordefinierten Störungen im Betriebsablauf werden diese während den Simulationen automatisiert im Prozessablauf hinterlegt. Damit können Hinweise auf Resilienz des Verkehrsknotens ausgesprochen werden.

### 1.3. Projektablauf

In einem ersten Schritt werden Anforderungen an das SIMPLE Planungs- und Simulationstool festgelegt. Dabei werden Rahmenbedingungen und Einsatzgrenzen aber auch Zielsetzungen und Schwerpunkte definiert. Ein Pflichtenheft wird auf Basis des Lastenhefts erstellt.

Basierend auf dem Lastenheft werden Datensätze betreffend der Infrastruktur und Prozesse in Form von Ablaufdiagrammen erhoben, analysiert und in einem Datenkatalog aufbereitet. Darauf aufbauend (Pflichtenheft und Datenkatalog) erfolgt die Entwicklung und Testung des SIMPLE Planungs- und Simulationstools. Zuerst wird die Benutzeroberfläche bzw. das Berechnungsmodell sowie das Visualisierungsmodell erstellt. Auf Grundlage der Eingangsdaten und Prozessabläufe kann das SIMPLE Planungs- und Simulationstool automatisch erforderliche Prozesse entsprechend verfügbarer Ressourcen diskriminierungsfrei durchführen. Anhand unterschiedlicher Szenarien wird das SIMPLE Planungs- und Simulationstool getestet.

Parallel zur Entwicklung des SIMPLE Planungs- und Simulationstools erfolgt die Abstimmung mit dem ÖBB-Personal. Das SIMPLE Planungs- und Simulationstool kann entsprechend den verfügbaren Ressourcen und vorhandenen Rahmenbedingungen Prozesse abwickeln. Die Leistungsfähigkeit wird nach definierten Leistungskennzahlen (z.B. Pünktlichkeit der durchgeführten Prozesse) beurteilt.

Abschließend erfolgen auf Basis des SIMPLE Planungs- und Simulationstools die Identifizierung von Optimierungspotenzialen und eine mögliche monetäre Beurteilung. Die Umlegbarkeit/Übertragbarkeit wird für andere Bahnhöfe sichergestellt.

		Jahr	2017												2018											
		Monate	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
AP Nr.	Arbeitspaket	Dauer in Monaten																								
1	Projektmanagement	19																								
2	Definition der Anforderungen für das Planungstool	11																								
3	Infrastruktur- und Prozessanalyse	14																								
4	Entwicklung des Planungstools und seiner Komponenten	10																								
5	Schulung und Evaluierung an konkreten Planungsbeispielen	2																								
6	Empfehlungen für den Einsatz	2																								

**Tabelle 1: Arbeits- und Zeitplan**

## 2. LASTEN- UND PFLICHTENHEFT

### 2.1. Allgemeine Hinweise zur Lesbarkeit

Die von der ÖBB Infrastruktur AG und vom BMVIT beauftragte Studie „SIMPLE“ entwickelt für Personenverkehrsknoten von Eisenbahnen ein Planungs- und Simulationstool für Kapazitätsplanungen am Beispiel des Hauptbahnhofes Wien.

Der vorliegende Bericht bzw. das vorliegende Lasten- und Pflichtenheft beschreiben auf Grundlage der Ausschreibungsdokumente und von intensiven Abstimmungsgesprächen mit dem Auftraggeber ÖBB Infrastruktur AG die Anforderungen, Rahmenbedingungen und Einsatzgrenzen des SIMPLE Planungs- und Simulationstools. Zudem wird festgelegt, welche Prozesse (siehe Kapitel Prozessanalyse) im Planungsmodell sinnvoll berücksichtigt werden können.

Im Lastenheft werden alle Anforderungen seitens des Auftraggebers wie zum Beispiel die Zielsetzungen, Aufgabenstellungen, Ist- und Soll-Zustand sowie Eckdaten des Projektes beschrieben.

Im Pflichtenheft werden die Herangehensweise, das zu verwendende Konzept und der damit verbundene Lösungsweg des Auftragnehmers zur Umsetzung des Projektes beschrieben. Es wird definiert, wie und womit die Anforderungen realisiert werden. Zusätzlich wird eine Aussage über die Realisierbarkeit getroffen.

Das Lastenheft beschreibt das Problem aus Sicht des Auftraggebers. Das Pflichtenheft beschreibt den Lösungsansatz aus Sicht des Auftragnehmers. Im Lastenheft werden Anforderungen an das Projekt – unabhängig von einer Realisierung – beschrieben; im Pflichtenheft hingegen die konkrete Realisierung (siehe Abbildung 1).

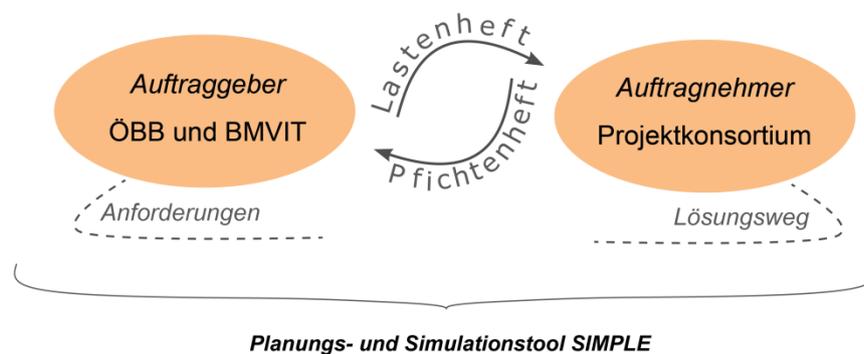


Abbildung 1: Begriffserklärung Lastenheft und Pflichtenheft

## 2.2. Zielsetzung und Einsatzgebiete

Unter Berücksichtigung von Verkehrsaufkommen und Nutzungskonzepten soll mittels eines Planungs- und Simulationswerkzeuges eine effiziente und diskriminierungsfreie Planung von Personenverkehrsknoten möglich werden. Hierfür soll ein Analyse- bzw. Planungswerkzeug am Beispiel des Wiener Hauptbahnhofes entwickelt werden, welches grundsätzlich auch auf andere Standorte (durch z.B. vergleichsweise einfache Eingabe der Eingangsdaten) übertragen und somit verallgemeinerbar gemacht werden kann. Um dies bewerkstelligen zu können, ist – begleitend zum Fahrplanerstellungprozess – eine verlässliche, bereichsübergreifende Analyse vorhandener Infrastrukturen und bestehender Prozessvorgänge erforderlich.

Die durch das SIMPLE Planungs- und Simulationstool gewonnen Erkenntnisse sollen der Optimierung des Produktionsprozesses und der Standortentwicklung dienen. Folgende wesentliche Punkte sind zu erfüllen:

- Erhebung und Darstellung der Behandlung von Zügen und Wagen mit End- und Ausgangsbahnhof Hauptbahnhof Wien (Behandlungsprozesse, Reihenfolgebeziehungen und Varianten je Zugprodukt)
- Erhebung der resultierenden (planungsrelevanten) Ressourcenbelegung durch Servicetätigkeiten (Gleisgruppen, Serviceeinrichtungen, Vorgaben, Planzeiten, Restriktionen)
- Erhebung der resultierenden Vershubtätigkeit mit den Vershubreserven (Vershubfahrten durchgeführt mittels Vershublok) im Verbindungsgleisnetzwerk (Zugbewegungen)
- Erhebung der planungsrelevanten Zugfahrten laut Fahrplan und ihre Interaktion mit dem Vershubbetrieb bzw. Umlaufplan
- Erhebung der Gleisressourcen und Infrastrukturen zur Bearbeitung der Bewegungen
- Erhebung und Dokumentation der Planungsprozesse im Zuge von Fahrplanwechseln (v.a. Gleisbelegungsplanung aufgrund der ersten Vorgaben zum Fahrplanwechsel)

Spezifische Inhalte des Lasten- und Pflichtenheftes sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Anforderungen lt. Lastenheft	Pflichtenheft SIMPLE
Planungs- und Simulationswerkzeug von Personenverkehrsknoten.	Entwicklung eines offline Planungstools für laufende Betriebsanalysen und Kapazitätsplanungen an Personenverkehrsknoten mit einer visuellen 2D-Darstellung der Prozesse.
Bereichsübergreifendes Analysetool, welches begleitend zur Fahrplanerstellung zur Ausreizung der Leistungsfähigkeiten von PV-Knoten dient.	Unter Zuhilfenahme des entwickelten Planungstools erfolgt eine Machbarkeitsanalyse des Fahrplanes und darauf aufbauend die Planung bzw. Feasibility von Serviceprozessen und erforderlichen Vershubtätigkeiten mit Vershubreserven.
Eindeutige Aussagen bezgl. der Auslastungsgrenzen von PV-Knoten unter Beachtung der Qualitätsziele im Personenverkehr unter Berücksichtigung des Standes der wissenschaftlichen Forschung und der Anwendbarkeit durch MitarbeiterInnen der ÖBB bei zukünftigen Simulationen.	Im Zuge der Machbarkeitsanalyse des Fahrplanes können Aussagen zu Kapazitätsgrenzen (Überschneidung, Überlagerung von Prozessen) und in Folge dessen zur Leistungsfähigkeit des PV-Knotens getätigt werden; Ressourcen können entsprechend der Spitzen- und Schwachlastzeiten optimal eingesetzt werden. Die Sicherstellung der Anwendbarkeit des SIMPLE Planungs- und Simulationstools für ÖBB-MitarbeiterInnen erfolgt durch laufende Abstimmungen.
Ausarbeitung der daraus resultierenden Optimierungspotentiale inkl. monetärer Beurteilung.	Szenarientwicklung und Abbildung von Störungen im Betriebsablauf. Entwicklung von Optimierungspotentialen inkl. möglicher monetärer Beurteilung.

Spezifische Projektinhalte SIMPLE

**Tabelle 2: Zielsetzungen Lasten- und Pflichtenheft**

Die Generierung/Erstellung der Simulation muss in-house, d.h. ÖBB intern möglich sein. Gewünscht wird eine transparente Darstellung der verfügbaren Kapazitäten (wo sind zu welchem Zeitpunkt noch Ressourcen verfügbar, wo sind Kapazitätsengpässe), um mehrere EVUs diskriminierungsfrei behandeln zu können.

## Ziele SIMPLE-Planungs- und Simulationstool

Für laufende Betriebsanalysen und Kapazitätsplanungen wird ein offline Simulations- und Planungstool am Beispiel Hauptbahnhof Wien auf Basis verorteter Infrastrukturen der ÖBB entwickelt. Aktuelle Herausforderungen an PV-Knoten sind beengte Platzverhältnisse bei Servicetätigkeiten, eine allgemein hohe Auslastung bzw. Kapazitätsengpässe der Gleise für Servicetätigkeiten sowie eine Vielzahl unterschiedlicher Zugzusammenstellungen.

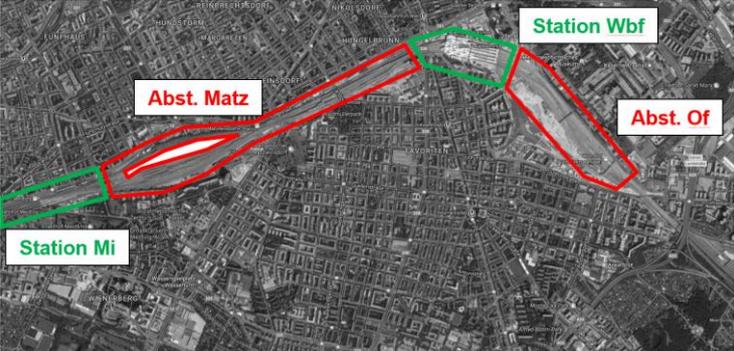
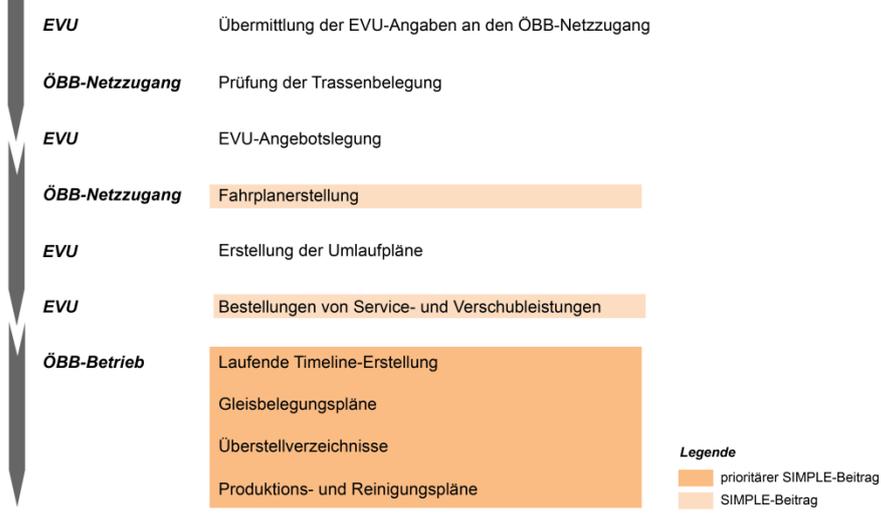
Ziele	Nicht-Ziele bzw. Grenzen/Limitationen
<b>Machbarkeitsanalyse von Fahrplänen an PV-Knoten</b>	Keine Fahrplanerstellung
<b>Planung und Machbarkeitsanalyse von Serviceprozessen und Verschubtätigkeiten</b> Begleitend zum bzw. dem Fahrplanerstellungsprozess nachgelagert erfolgt die Planung von Servicetätigkeiten, um vor der Erstellung des Verschubfahrplanes die vorhandenen Kapazitäten (Engpässe, vorhandene Reserven) im Servicebereich berechnen zu können. Auf diese Art und Weise erfolgt eine effiziente Planung von Reserven, da bei Bedarf Ressourcen zu Randzeiten/Schwachlastzeiten zur Verfügung gestellt werden können. Das Planungstool SIMPLE kann somit als Entscheidungsgrundlage angesehen werden, welche Services/Prozesse ausfallen/verschoben werden müssen, wenn keine Ressourcen vorhanden sind.	Keine Berücksichtigung von nicht planbaren Prozessen (Waschen der Lok+Klasse Züge, Betankung, Tankanlage in TS/SVS, TS/ SVS Überstellung der ICE, ad-hoc Störungen, außerplanmäßige Tfz-Manipulationen, Vorheizen)
<b>Erstellung von Timelines, Gleisbelegungsplänen, Überstellverzeichnis, Reinigungsplänen</b>	Kein Bestellumfangs- oder Auftragsmanagement
Planungs- und Disponierungssystem, welches <b>Anknüpfungspunkte zu bestehenden ÖBB Systemen</b> schafft: Vergleich und iterative Rückkoppelung von PLAN-Daten (aus SIMPLE) und IST-Daten aus anderen Systemen (z.B. KNOLO).	Kein übergeordnetes (Gesamt-)system

Spezifische Projekthinhalte SIMPLE

**Tabelle 3: Ziele und Nicht-Ziele des SIMPLE Planungs- und Simulationstools**

## 2.3. Systemabgrenzung

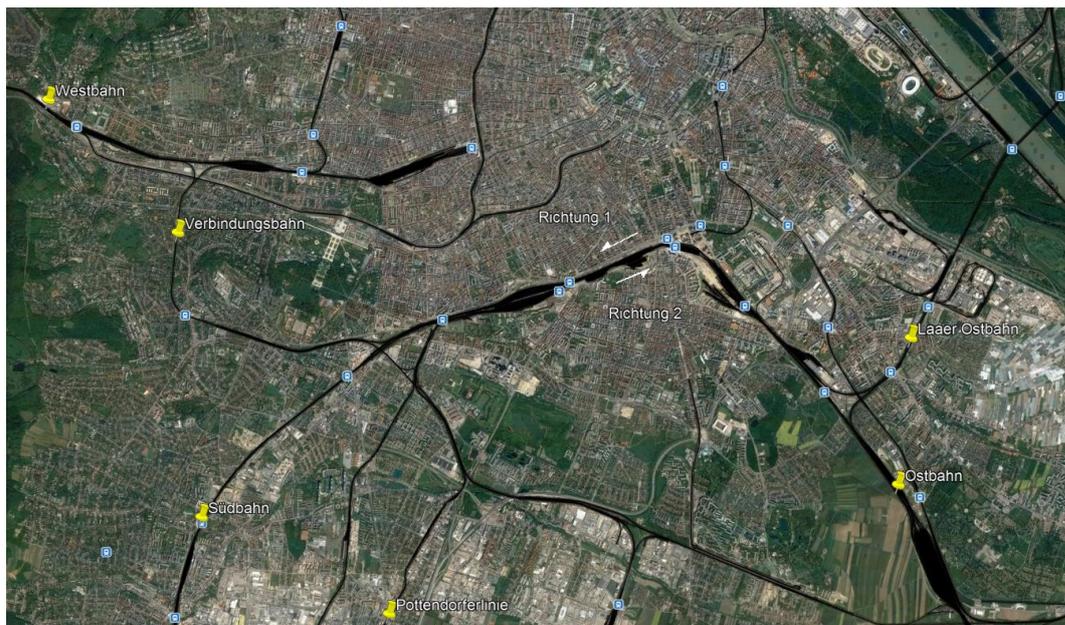
Aufbauend auf den definierten Zielsetzungen legt die Systemabgrenzung in den drei Hauptkomponenten der räumlichen, zeitlichen und inhaltlichen Dimension die zu bearbeitenden Gegenstände fest. Anhand von Tabelle 4 können die behandelten Themenbereiche entnommen werden.

<p><b>Räumlich</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsstation Wien Meidling (Mi)</li> <li>• Verkehrsstation Hauptbahnhof Wien (Wbf)</li> <li>• Abstellanlagen Matzleinsdorferplatz (Matz) und Autoreisezug (Of)</li> </ul>  <p>Quelle: Google Maps, maßstabslose Darstellung</p>
<p><b>Zeitlich</b></p>	<p>Als Analyseperiode wird ein Zeitraum von 24 Stunden für jeden Wochentag (Montag – Sonntag) angesetzt, wobei auf Basis des jeweils gültigen Fahrplanes typische Wochentage mit Regelverkehr planbar sind. Im Ereignisprotokoll des SIMPLE Planungs- und Simulationstools ist pro Tag ersichtlich, welche Prozesse (aufgrund von Kapazitätsengpässen) nicht durchgeführt werden konnten.</p>
<p><b>Inhaltlich (Fahrplan- erstellung- prozess)</b></p>	 <p><b>Legende</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ prioritärer SIMPLE-Beitrag</li> <li>■ SIMPLE-Beitrag</li> </ul>
<p><b>Inhaltlich (Fallbe- trachtung)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchgangsverkehr (inkl. GV)</li> <li>• Zug kommt an, wendet und fährt wieder ab</li> <li>• Zug kommt an, wird manipuliert und fährt wieder ab</li> <li>• Zug endet am Wbf/Mi und wird manipuliert Q/Z1/Z2</li> <li>• Zug wird manipuliert und beginnt am Wbf/Mi Q/Z1/Z2</li> </ul>

**Tabelle 4: Systemabgrenzung**

### 3. INFRASTRUKTURANALYSE

Der städtisch gelegene Durchgangsbahnhof Wien Hauptbahnhof ist optimal im Schienennetz integriert und ist über die von der Ostbahn (Kledering), die Laaer Ostbahn (Stadlau), die Pottendorferlinie (Hennersdorf), die Südbahn (Baden), die und Westbahn-Strecke (Lainzertunnel) und die Verbindungsbahn (Hütteldorf/Westbf) erreichbar. Zudem befindet sich am Hauptbahnhof eine Haltestelle der S-Bahn-Stammstrecke.

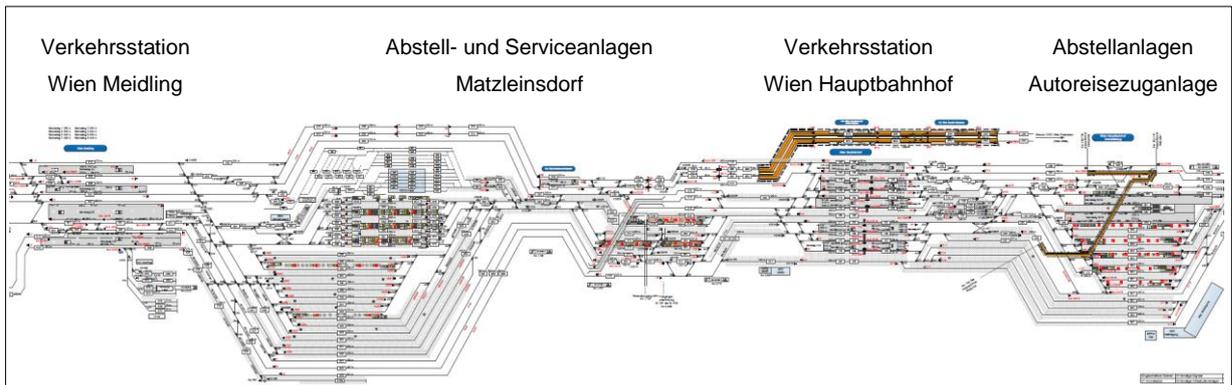


Quelle:  
Google Earth

**Abbildung 2: Streckennetz Wien Hauptbahnhof (maßstabslose Darstellung)**

Im Gegensatz zu einem konventionellen Durchgangsbahnhof, wo Züge im Regelfall mit kurzen Aufenthaltszeiten ohne umfassende Manipulation und Services abgefertigt werden, sind am Hauptbahnhof Wien zusätzlich verschiedene Betriebsprozesse durchzuführen (z.B. Vereinigen und Trennen von Zügen, Service- und Wartungsarbeiten, Zugbildung), wodurch Verscharbeiten erforderlich werden. So werden z.B. aufgrund der unterschiedlich hohen Kapazitätserfordernisse für die Fahrgastbeförderung auf einzelnen Strecken bei den Railjets die Kurse aus Ungarn und vom Flughafen am Hauptbahnhof Wien vereinigt, bevor die Weiterfahrt in Richtung Westen erfolgt. Neben diesem einfachen Beispiel werden im erweiterten Bereich zusätzliche Aufgaben wie z.B. Servicetätigkeiten, Innen- und Außenreinigung der Wagen, Wasserbefüllung der Sanitäreinrichtungen, WC-Entsorgung und Abstellung durchgeführt, wodurch sich eine Reihe an Interaktionen und Manipulationen ergibt, die maßgebend für die Kapazitätsplanung sind. Zusätzlich werden am Hauptbahnhof beginnende Züge bereitgestellt und endende Züge abgestellt, was zu zusätzlichen Verscharfahrten führt. Die grundlegenden

infrastrukturellen Gegebenheiten und die räumlich-organisatorische Flächenorganisation des Hauptbahnhof Wien determinieren dabei die unterschiedlichen Betriebsprozesse. Der Standort kann grob in die beiden Verkehrsstationen „Wien Meidling“ und „Wien Hauptbahnhof“ und die beiden Abstellanlagen „Matzleinsdorf“ und „Autoreisezuganlage“ gegliedert werden. In den folgenden Unterkapiteln wird auf die einzelnen Charakteristika der vier Untersuchungsgebiete eingegangen.



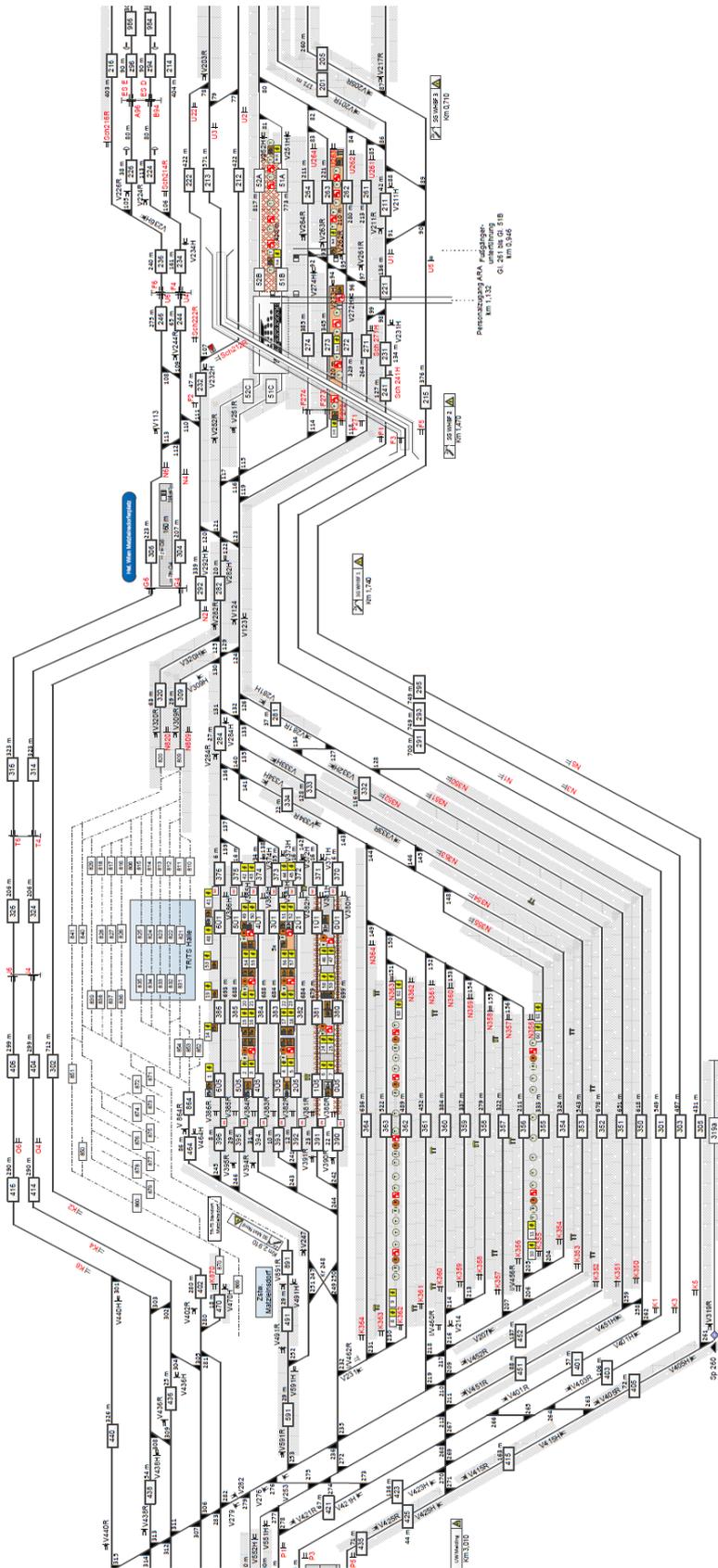
**Abbildung 3: Lageplan Wien Hauptbahnhof**

### **3.1. Verkehrsstation Wien Meidling**

- 8 Bahngleise
- Bahnsteig 1-3 prioritär für S-Bahn-Stammstrecke
- Bahnsteig 4-6 prioritär für Fernverkehrszüge
- Bahnsteige 7-8 für Pottendorfer Linie, Ostbahn
- Wendeanlage (Gleis 612)
- Abstellgruppen in Wien Meidling dienen als Puffergleise oder zum Abstellen defekter Züge







**Abbildung 6: Abstellanlage Matzleinsdorf (maßstabslose Darstellung)**

Gleis	Länge (m)	Wagon (Anzahl)	Vhz Vorheizen	Strom	Wasser	Druckluft	WC-Ent.	Catering	Anmerkung
350	623								NB Durchfahrtsgleis
351	661								RCA Fahrverschiebungsgleis
352	687								
353	543								RCA Übergabegleis
354	324	12							
355	333	12	x	x	x	x	x		
356	211	8	x	x	x	x	x		
357	317	12							Verschub Durchfahrts- bzw. Manipulationsgleis
358	285	10							
359	337	12			x				Notfallmanagement: Unterfurhydranten
360	348	14			x				Verschub
361	452	17							Reparatur
362	489	18	x	x	x	x	x		
363	522	19	x	x	x	x	x		Reservewagen
364	636	24							Manipulationsgleis, Zugbildung (RJ & NightJet)
380	699	26	x	x		x			Hauptreinigung
381	679	25	x	x		x		x	
382	684	25	x			x		x	
383	684	25	x			x		x	
384	688	26	x			x		x	
385	688	26	x			x		x	
386	693	26	x			x		x	

**Tabelle 5: Infrastrukturdaten der Abstellanlage Matzleinsdorf**

Ausgewählte Gleise sind für einen bestimmten Zweck vorgesehen z.B. Gleise für den Verschub in die Produktions-Halle, Gleise mit Reparatur-Wagen (Gleis 361), Gleise für Reservewagen (Gleis 363), RJ oder NightJet Manipulationsgleis (Gleis 364), Gleis für die Hauptreinigung (Gleis 380). Weiters kann an ausgewählten Abstellgleisen z.B. eine Wasserbefüllung stattfinden.

Für die Verschubfahrten mit einer maximalen Geschwindigkeit von 25 km/h zwischen den Verkehrsstationen und den Abstellgruppen bzw. zu der Außenreinigungsanlage werden jeweils 4 Minuten Fahrzeit zwischen den einzelnen Stationsbereichen als Planungsgrundlage zu Grunde gelegt.

Für das kreuzungsfreie Fahren zwischen Fahr- und Vershubtrassen gibt es

- Unterführung Of – VS Wbf
- Überwerfung VS Wbf – Matz

Nur für Zu- und Ablauf: Verkehrsstationen Hauptbahnhof Wien und Wien Meidling (für Vershubfenster maßgebend).

Herausforderung: Die Herausforderung liegt in der korrekten Abbildung der Zugfahrten und Gleisfreigaben im gesamten Untersuchungsgebiet, da dadurch maßgebende Interaktionen mit dem Vershub entstehen.

### 3.4. Abstellanlage Autoreisezuganlage

- 4 Bahnsteigkaten und 2 Rampen
- Gleis 50-59 Abstellgleise (Reinigung, Wasserbefüllung, Loktausch, Wagen-Untersuchung)
- 4 Güterzug-Staugleise

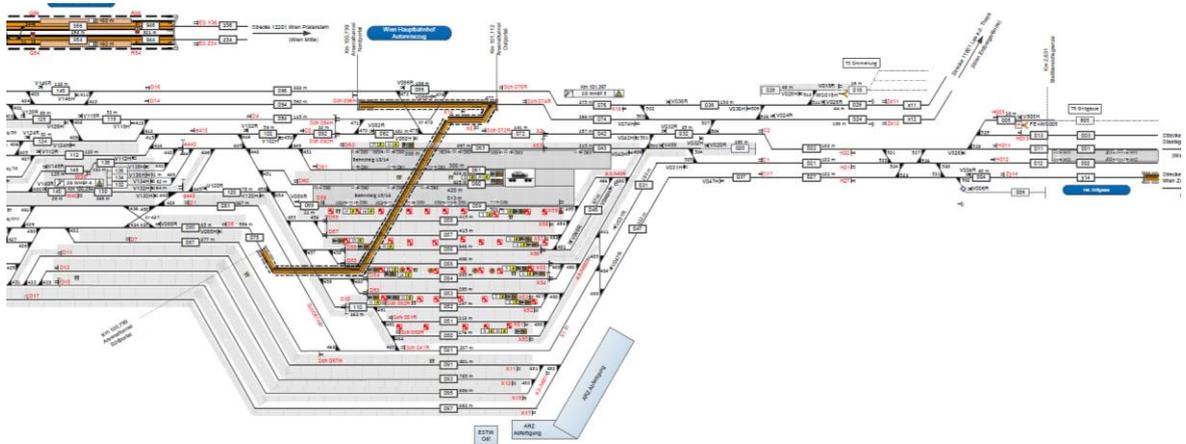


Abbildung 7: Abstellanlage Autoreisezuganlage (maßstabslose Darstellung)

Gleis	Länge (m)	Wagon (Anz.)	Vorheizen	Wasserbefüllung über Gleislänge	Medien-schrank	8 bar Druckluftleitung	Bremsprobe-ständer	400 V Anschlüsse	Anmerkung
50	175	6	x	x	x	x	x		
51	210	7	x	x	x	x	x		Betriebsgleis, muss frei von Fahrzeugen sein. Vorfahren RJ, Wendegleis für IC bei Verspätung
52	246	9	x	x	x	x	x		
53	295	10	x	x	x	x	x		
54	365	13	x	x	x	x	x	x	WTU
55	410	15	x	x	x	x	x	x	Reserve-wagen
56	345	12	x	x	x	x	x		Manipulation
57	415	15	x	x	x	x	x		WTU
58	415	15	x	x	x	x	x		
59	502	18	x	x	x	x	x		
60	425	15	x			x	x		
61	425	15	x			x	x		
63	495	18	x			x	x		

Tabelle 6: Infrastrukturdaten der Autoreisezuganlage

## 4. PROZESSANALYSE

### 4.1. Vorgabe bei Prozessplanungen

Unter der Prämisse einer hohen Pünktlichkeit und Kundenzufriedenheit erfolgt in enger Abstimmung mit den laufenden Umlaufplänen der EVU bzw. mit den EVU selbst die Planung der Gleis- und Bahnsteigbelegung in österreichischen Betriebsstellen (EVU haben keinen Anspruch auf bestimmte Bahnsteige).

Prioritäres Ziel ist eine konfliktfreie Bahnsteigbelegung; dies bedeutet, dass der Fahrplan sekundengenau eingehalten werden kann.

Die Verschubfahrten (max. 25 km/h) sind den fahrplanmäßigen Zugfahrten unterzuordnen und in verkehrsschwachen Zeiten gebündelt zu planen. Dabei spielt der zeitliche Faktor im Gegensatz zu den Qualitäts- und Stabilitätszielen eine nachrangige Rolle.

Im Folgenden werden entsprechend der „Planung Gleis-/Bahnsteigbelegung“ der ÖBB-Infrastruktur AG vom 20.09.2017 angeführt.

#### 4.1.1 Planungsgrundlagen für Gleis-/Bahnsteigbelegungen

Folgende MUSS-KRITERIEN sind einzuhalten:

- Konfliktfreies Fahrprogramm bei Planverkehr („alles recht“)
- Rechtzeitige Signalfreistellung bei Planverkehr muss möglich sein
  - im PFV 45 Sekunden
  - im PNV 15 Sekunden
- Ausrüstung der Gleisanlagen für die erforderliche Ent-/Versorgung (z.B. für das Catering der Garnituren)

Folgende SOLL-KRITERIEN sind einzuhalten:

- Verwendung des durchgehenden Hauptgleises bei Aufenthalten kleiner oder gleich 2 Minuten, insbesondere für Züge des PFV
- Ermöglichung der Einstellung einer Durchfahrt bei Aufenthalten kleiner oder gleich 2 Minuten, insbesondere für Züge des PFV
- Wahl von Gleisabschnitten/Haltepunkten mit kleinstmöglichen Restriktionen aus Zug-sicherungssystemen (z.B. 500Hz-Beeinflussung, gelbe Signalnachahmer)
- Bereitstellung ausgehender Züge an der Bahnsteigkante zumindest
  - 10 Minuten im PFV und
  - 5 Minuten im PNV vor der Planabfahrtszeit
- Freihaltung eines Gleises für durchfahrende Züge

Für einen störungsfreien Betrieb ist eine vorausschauende Planung mittels der Vorbelegung des Zuges durch das (Vor-)Signal (Vorsignal gekoppelt an Hauptsignal) von Nöten. Dabei werden zwei Blockabschnitte in Fahrtrichtung für den Zug reserviert bzw. frei gehalten. Auf diese Art und Weise können Züge sehr knapp hintereinander abgefertigt werden.

#### **4.1.2 Planungsvorgaben und -zielsetzungen**

##### **Sicherheit der Bahnbenützenden**

Bestehende sicherheitsrelevante Vorgaben (DV V3 §54, ausreichende Bahnsteiglänge, Höhe der Bahnsteigkanten) sind einzuhalten.

##### **Kundenorientierung**

- Durchgängige Systematik der Bahnsteigbelegung

Die Bahnsteigbelegung ist über einen Zeitraum (den ganzen Tag bzw. die ganze Woche) nach dem Prinzip „Der Kunde findet jede Stunde die gleiche Situation vor.“ aufzubauen. Dabei müssen folgende systemische Ansätze eingehalten werden:

- Richtungsansatz: Alle Züge in einer bestimmten Richtung/auf einer bestimmten Strecke fahren immer vom gleichen (Insel)Bahnsteig ab.
- Linienansatz: Alle Züge einer bestimmten Linie/Zuggattung fahren immer vom gleichen (Insel)-Bahnsteig ab.

Dabei sollte die Systematik der Bahnsteigbelegung unabhängig vom Wochentag (Werktag, Sonn-/Feiertag etc.) und der Saison (Schul-/Ferienzeit, etc.) beibehalten werden.

- Bahnsteiggleiches Umsteigen

Ein bahnsteiggleiches Umsteigen ist den Bahnbenützenden bei vordefinierten Linienkombinationen zu ermöglichen. Dabei gilt:

- Anschlüsse mit kurzer Übergangszeit vor Anschlüssen mit langer Übergangszeit
- Umsteigerelationen mit großen Kundenströmen
- Umstieg Nah- zu Fernverkehr vor Fern- zu Nahverkehr

- Kurze Wege

Bei der Bahnsteigbelegung sollten kurze Wege im Zu-/Abgang zu den Zügen (insbesondere bei Umsteigeverbindungen) ermöglicht werden (Wahl von Abschnitten in unmittelbarer Nähe von Bahnsteigauf-/zugängen).

Zu beachten sind hierbei die Bedürfnisse mobilitätseingeschränkter Personen (z.B. Aufzüge für Personen mit Kinderwagen oder ältere Personen).

#### **4.1.3 Stabilität im Abweichungsfall**

Bei der Planung im Regelbetrieb sollten Pufferzeiten berücksichtigt werden, sodass durch auftretende Verspätungen einzelner Züge ein Dominoeffekt vermieden werden kann. Das heißt, dass zu erwartende Abweichungen vom Planverkehr mitberücksichtigt werden sollen.

Als Faustregel sind zumindest Verspätungen innerhalb des Pünktlichkeitsschwellenwertes von 5 Minuten abzufedern.

- Vorsehen von Pufferzeiten zwischen der Belegung einer Bahnsteigkante im gleichen Abschnitt durch 2 unabhängige Züge (Abfahrt Zug 1 zu Ankunft Zug 2)
- Einfahrt von 2 Zügen auf die gleiche Bahnsteigkante aber in unterschiedlichen Abschnitten in gleicher Richtung (Zug 1 Abschnitt A-C und Zug 2 Abschnitt D-F)
- Ausreichender zeitlicher Abstand zwischen sich ausschließenden Fahrwegen

#### **4.1.4 Automatisierte Betriebsführung**

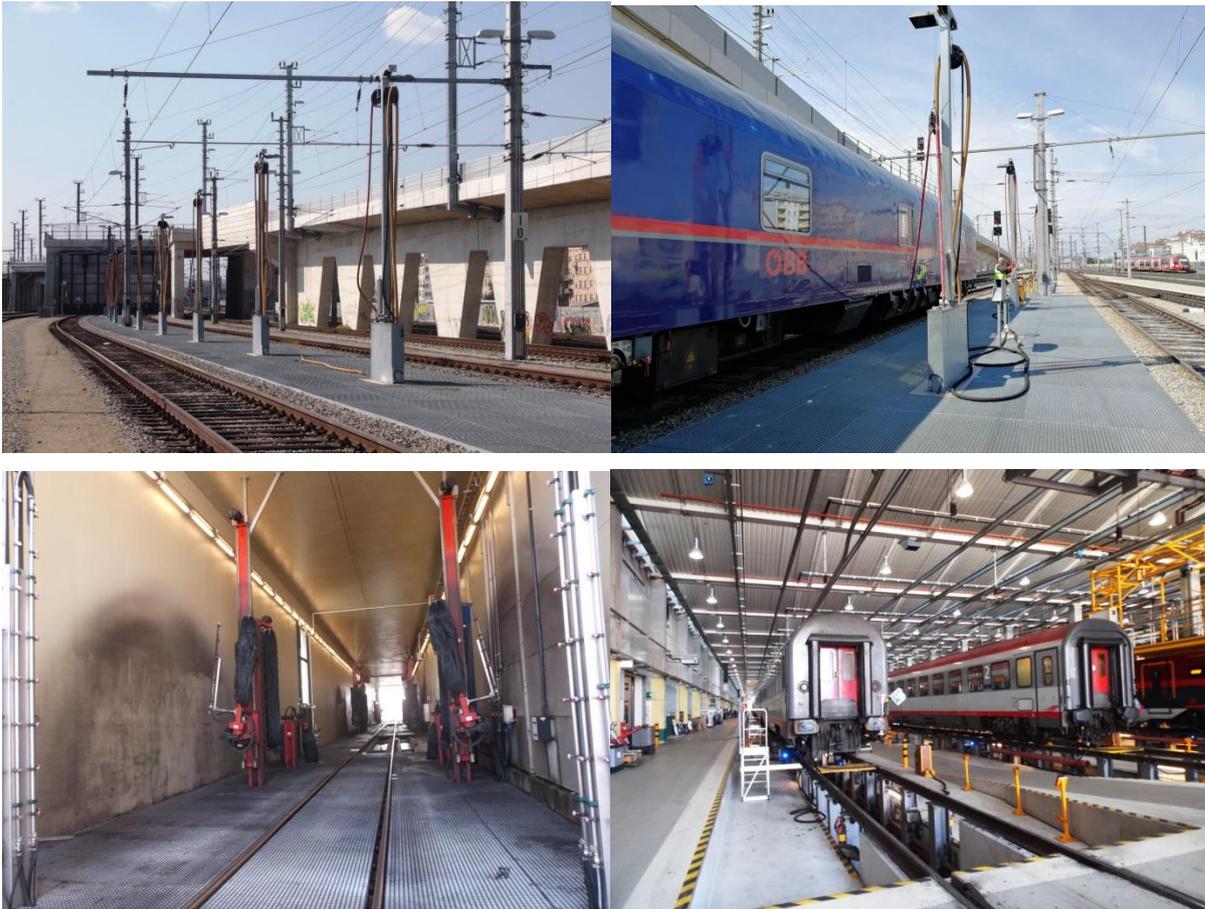
Auf eine automatisierte Betriebsführung sollte bei der Planung der Bahnsteigbelegung geachtet werden (insbesondere in Bereichen mit ARAMIS-Zuglenkung). Beispielsweise zu beachten ist dabei, dass

- Umwegfahrstraßen nur in bestimmten Anlagen über die Zuglenkung angesprochen werden können.
- Schutzwege in bestimmten Anlagen nicht besetzt sein dürfen bzw. nur manuell aufgelöst werden können.

### **4.2. Prozesslandschaft Wien Hauptbahnhof**

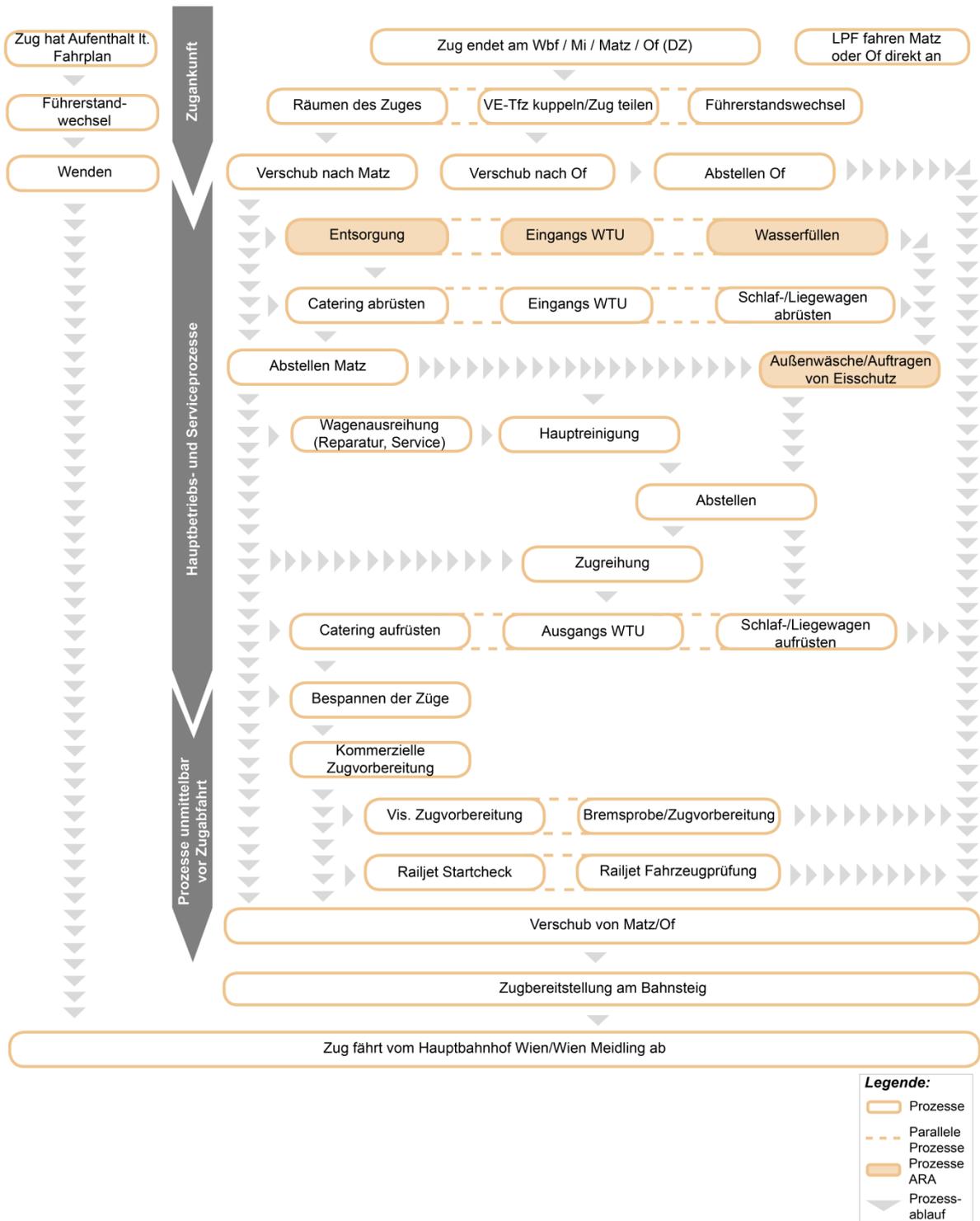
Das im Rahmen von SIMPLE zu entwickelnde Planungs- und Simulationstool soll auf Basis detaillierter Eingangsdaten unterschiedliche Vorgänge am Hauptbahnhof Wien berücksichtigen und Prozesse (z.B. Reinigung) planen.

Die festgelegten Zeitparameter sind aus dem „Schienennetz-Nutzungsbedingungen 2017 der ÖBB-Infrastruktur AG“ vom 27.12.2016 entnommen.



**Abbildung 8: Fotodokumentation ausgewählter Prozessvorgänge**

Um die Rahmenbedingungen (und Einsatzgrenzen) des SIMPLE Planungs- und Simulationstools zu definieren, wird auf Basis einer umfassenden Datenanalyse ein (1) Prozessablaufdiagramm für den Hauptbahnhof Wien (inkl. Matz und Of) erstellt (siehe Abbildung 9) und (2) jene Prozesse ausgewählt, die im Planungsmodell berücksichtigt werden.



**Abbildung 9: Übersicht an Prozessen bzw. Prozessablaufdiagramm**

Im Folgenden sind von einem Pool an möglichen Prozessen jene für das SIMPLE Planungs- und Simulationstool relevanten (Betriebs- und Service)-Prozesse mit nicht veränderbaren Parametern (Soll-Prozessdauer) aufgelistet. Es wird festgelegt, welche Prozesse im Modell berücksichtigt werden bzw. welche Prozessvorgänge parallel abgefertigt werden und wo Annahmen getroffen werden müssen. Bei parallel abzufertigenden Prozessen wird jene Soll-Prozesszeit mit dem längsten Soll angenommen, um eine reibungslose Abfertigung mit etwaigen Pufferzeiten zu ermöglichen. Die ausgewählten, maßgeblichen (Betriebs- und Service)-Prozesse sind in die beiden Subprozesse

1. „Betriebs- und Serviceprozesse bei Zugankunft am Bahnsteig“ und
2. „Betriebs- und Serviceprozesse im Hauptlauf“ gegliedert.

#### 4.2.1 Betriebs- und Serviceprozesse bei Zugankunft am Bahnsteig

	Pflichtenheft		
	Anmerkung	Zeit	Zeiteinheit
Sperren der Streckenabschnitte /Weichen <sup>1</sup> vor planmäßiger Abfahrtszeit		2	min.
Sperren der Streckenabschnitte/ Weichen nach planmäßiger Abfahrtszeit		1	min.
Mindestaufenthaltszeit am Bahnsteig	bei Weiterfahrt	2	min.
Mindestwendezeit (Zuglänge in Meter) für Führerstandswechsel	<b>von bis</b>		
	ET, VT	31 80	5 min.
	DWZ, WZ, R	81 145	6 min.
	IC, EC, Nightjet	146 210	7 min.
	Railjet, ICE	211 280	8 min.
Räumen des Zuges	Doppelter Railjet	351 420	10 min.
	PNV		10 min.
	PFV		15 min.
	Nightjet		20 min.

**Tabelle 7: Prozesse Zugankunft am Bahnsteig**

<sup>1</sup> Bei Ein- und Ausfahrt von/aus Bahnhöfen werden die entsprechenden Streckenabschnitte und Weichen im Zuglauf zum/vom Bahnsteig für einen Zeitraum davor und danach gesperrt und stehen für den Vershub nicht zur Verfügung.

#### 4.2.2 Betriebs- und Serviceprozesse im Hauptlauf

		Pflichtenheft		
		Anmerkung	Zeit	Zeiteinheit
Verschub (jede Fahrt zwischen Mi/Wbf/Matz/Of/Mlx)		Zwischen Verkehrsstationen, Abstellgruppen (Matz und Of) und ARA	4	min.
Bereitstellung und Bespannung des Triebfahrzeuges		inkl. Verschub	15	min.
Beistellen einzelner Wagengruppen: Wagenein/ausreihung		Einzelne Tätigkeiten	15	min.
Verkehrszuwartezeit (VKZ) <sup>2</sup>	PNV	OF – Wbf, Mat – Wbf, Mat – Mi	20	min.
	PFV	OF – Wbf, Mat – Wbf, Mat – Mi	40	min.
		Nightjet	40	min.
		Autoreisezüge Mat - Of	90	min.
Eingangs WTU		pro Wagen; parallel zum Catering; bei EuroNight immer WTU Eingang/Ausgang durch Wagenmeister, ansonsten auf Bestellung	3	min.
Entsorgung bei ARA		<160m	20	min.
		>160m	30	min.
Wasserfüllen			10	min.
Catering		abrüsten	20	min.
		aufrüsten	30	min.
Schlaf-/Liegewagen abrüsten/aufrüsten		parallel zum Catering	5	min.
Hauptreinigung		nicht planbar, externe Vorgabe	600	min.
ARA		Außenwäsche/ Eisschutz	30	min.
Ausgangs WTU		pro Wagen; parallel zum Catering; bei EuroNight immer WTU Eingang/Ausgang durch Wagenmeister, ansonsten auf Bestellung	3	min.
Bespannen der Züge		ausgenommen Triebwagen, Schnellbahnen, Cityjet	2	min.
Kommerzielle Zugvorbereitung		60 min vor Planabfahrt verfügbar; kann beginnen, sobald Zugbildung beendet	30	min.
Visuelle Zugvorbereitung durch VE bei Lok + Klasse		parallele Prozesse (Papiere müssen am Zug sein)	15	min.
Bremsprobe und techn. Zugvorbereitung (TWD)			45	min.
Railjet Startcheck		parallele Prozesse	45	min.
Railjet Fahrzeugprüfung (kilometerabhängig)			75	min.
Zugbereitstellung am Bahnsteig	PNV	Minimum: 5 min	10	min.
	PFV	Minimum: 10 min	15	min.



**Tabelle 8: Hauptbetriebs- und Serviceprozesse I**

<sup>2</sup> Verkehrszuwartezeit (wird für jede Fahrplanperiode mit den EVUs abgestimmt) ist jene Zeit zwischen Abhängen einer Lokomotive von einem Zug bis zum Anhängen der Lokomotive beim neuen Zug.

Sämtliche Arbeiten am Zug (z.B. Catering, Waschen, Entsorgen) erfolgen entsprechend der Bestellung des Kunden im 24h Management. Die kommerzielle Zugvorbereitung Bedarf keiner Bestellung, da diese für den Zug erforderlich ist.

Die RJ, ICE und CAT werden stets gleich nach der Ankunft zur Entsorgung bzw. dem Waschen gebracht. Bei den Zügen, die mit Lok + Klasse geführt werden, gilt grundsätzlich das gleiche. Ist dies aber aufgrund der Gleisbelegung nicht möglich, werden diese Prozesse erst zu einem späteren Zeitpunkt durch den Vershub abgearbeitet. Aus den Produktionsplänen sind dabei sämtliche Arbeitsschritte (z.B. Entsorgung, Waschplan) mit entsprechenden Zeitfenstern für den Vershub hinterlegt.

In Tabelle 9 sind behandelte Züge und mögliche Prozesse aufgelistet.

Zugtypen		Länge (m)	Prozesse
Railjet		210	waschen und entsorgen Gleis 51A–C oder 52A–C anschließend in die Rüstgleisgruppe
IC, EC	Tfz + 6 Wagen	185	abstellen in Matz Abstellgruppe Gleis 354–364 und Eingangs WTU
ICE		205	waschen und entsorgen Gleis 51A–C oder 52A–C anschließend in die Matz Abstellgruppe Gleis 352
Nightjet	Tfz + 6 Wagen	185	abholen mit VE Tfz, waschen, entsorgen, Kleinreinigung und Eingangs WTU Gleis 262, 272, 263 oder 273 anschließend abstellen in Matz Abstellgruppe Gleis 354 – 364
DWZ, WZ	Tfz + 4 Wagen	130	waschen und entsorgen Gleis 51A–C oder 52A–C anschließend abstellen in Matz Abstellgruppe Gleis 354–364
R	Tfz + 3 bis 6 Wagen	100 – 185	abholen mit VE Tfz abstellen in Matz Abstellgruppe
ET	4020, 4124, 4746 City Jet	70 75	waschen und entsorgen Gleis 51A–C oder 52A–C anschließend abstellen in Matz Abstellgruppe Gleis 354–364
VT	5047, 5022	26 41	waschen und entsorgen Gleis 51A–C oder 52A–C anschließend abstellen in SVS Mat

**Tabelle 9: Auswahl zu behandelnder Züge und Prozesse am Hauptbahnhof**

Jene Züge, die mit Tfz und Wagen geführt werden, haben unterschiedliche Wagenzuglängen. Diese werden mit standardisierten Zuglängen definiert. Details zu individuellen können künftig dem Zugbildeplan A entnommen werden (PV-Unterlage).

Zu den nicht planbaren Prozessen zählen:

- Waschen der Lok+Klasse Züge
- Betankung, Tankanlage in TS/SVS
- TS/SVS Überstellung der ICE
- Außerplanmäßige Tzf-Manipulation
- Ad hoc Störungen

## Verschubtätigkeit

Die Verschubtätigkeiten (z.B. Abzug vom Bahnsteig, Wagen ausreihen, Abstellen, Servicebeileistung) erfolgen mit  $v_{max} = 25 \text{ km/h}$ , da auf Sicht gefahren wird.

Für Verschubfahrten zwischen den Verkehrsstationen und den Abstellgruppen bzw. Außenreinigungsanlagen werden jeweils 4 min. zwischen den einzelnen Verkehrsstationen bzw. Abstellanlagen zu Grunde gelegt. Verschubfahrten sind nicht fixiert und gehören zum Tagesgeschäft; die Dauer von Verschubtätigkeiten basiert auf Erfahrungswerten.

Triebwagen werden im Regelfall öfters serviciert als Waggons. Die Fahrten ins TS Werk werden ausschließlich mit einer E-Lok getätigt. Die Gleise am Hauptbahnhof sind alle elektrifiziert, jedoch werden die meisten Verschubfahrten mit Reservefahrten im Dieselbetrieb abgewickelt. Für den Verschub stehen unterschiedlich viele Verschubtriebfahrzeuge und MitarbeiterInnen bzw. LokführerInnen zur Verfügung.



**Abbildung 10: Fotodokumentation Verschubtätigkeiten**

Für die Service- und Verschubprozesse sind weiters betriebliche Behandlungszeiten wie beispielsweise Ein- und Ausreihen eines Zwischen-Tzf relevant, die aus Tabelle 10 entnommen werden können.

	Anmerkung	Zeit	Zeiteinheit
TfzF-Ablöse	-	3	min.
Zug-Tfz-Wechsel	-	10	min.
Vorspann Tfz-beigeben	Lokomotive vorne ankuppeln	6	min.
Vorspann-Tfz abstellen	Lokomotive vorne abkuppeln	8	min.
Nachschiebe-Tfz beigeben	Lokomotive hinten ankuppeln	4	min.
Nachschiebe-Tfz abstellen	Lokomotive hinten abkuppeln	5	min.
Tandem-Tfz bilden	-	8	min.
Tandem-Tfz auflösen	-	8	min.
Zug stürzen ohne Tfz-Wechsel	Zug wenden ohne Tfz-Wechsel	20	min.
Zug stürzen mit Tfz-Wechsel	Zug wenden mit Tfz-Wechsel	15	min.
Wagen beigeben Spitze	zusätzlichen Wagen ankuppeln	15	min.
Wagen beigeben Schluss	zusätzlichen Wagen ankuppeln	10	min.
Wagen abstellen Spitze	Wagen abkuppeln	15	min.
Wagen abstellen Schluss	Wagen abkuppeln	5	min.
Triebwagenbeigabe (besetzt)	-	4	min.
Triebwagentrennung (besetzt)	-	3	min.

**Tabelle 10: Mindestbehandlungszeit für Zugmanipulationen**

## 5. SIMPLE PLANUNGS- UND SIMULATIONSTOOL

### 5.1. Modellbeschreibung und funktionale Anforderungen

Für laufende Betriebsanalysen und Kapazitätsplanungen wird ein offline Simulations- und Planungstool am Beispiel Hauptbahnhof Wien auf Basis verorteter Infrastrukturen der ÖBB entwickelt. Basierend auf detaillierten Eingangsdaten werden im Datenbank- bzw. Excel-gestützten SIMPLE Planungs- und Simulationstool unterschiedliche Prozessabläufe berücksichtigt.

Auf Basis der Datengrundlagen aus Netzzugang und Produktion kann unter Zuhilfenahme des SIMPLE Planungs- und Simulationstools für den PV-Knoten die Machbarkeit des Fahrplanes sowie von Vershub- und Servicetätigkeiten untersucht werden. Ergebnis der Machbarkeitsanalyse (Identifizierung und Bereinigung von Konfliktsituationen wie z.B. Belegung kritischer Fahrwegelemente oder Kapazitätsengpässe) sind Plandaten (Timeline, Gleisbelegungspläne, Servicebelegung, Abstellbelegung, Überstellverzeichnisse, Reinigungspläne), die den täglichen Betrieb unterstützen sollen (siehe Abbildung 11).

Des Weiteren bestehen Anknüpfungspunkte zwischen dem SIMPLE Planungs- und Simulationstool mit bereits bestehenden und in der Entwicklungsphase befindlichen Planungs- und Disponierungssystemen der ÖBB (z.B. RailSys, KNOLO, COSware, TrackSys).

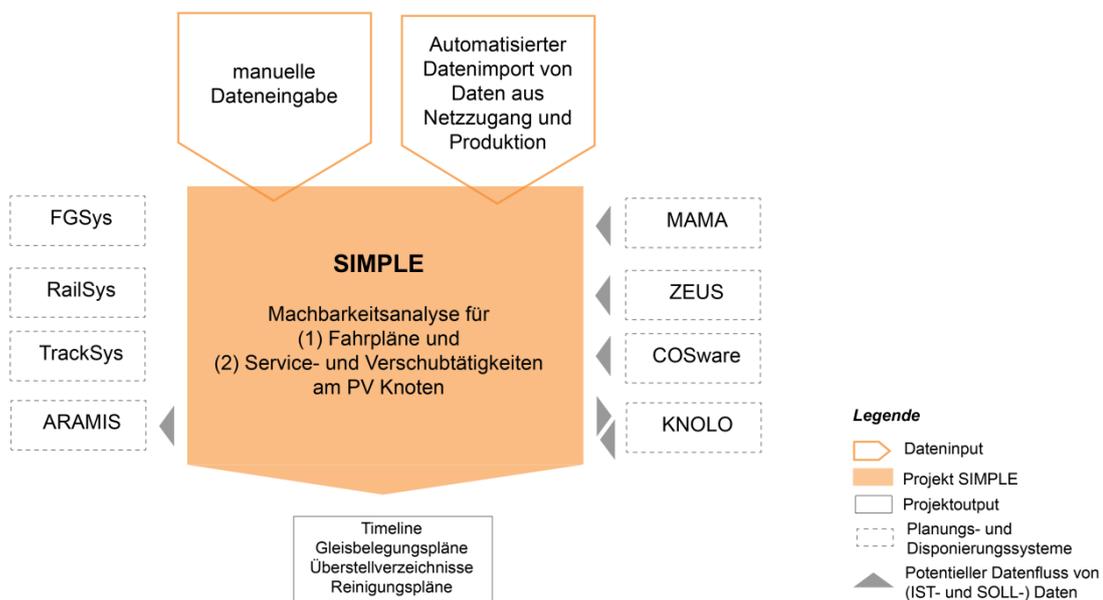


Abbildung 11: Systemaufbau und Konzeption

SIMPLE leistet einen Beitrag

- bei der Fahrplanerstellung, in dem die Machbarkeit des künftigen/für das Folgejahr gültigen Fahrplans geprüft wird (Verschneidung Fahrplandaten mit Umlaufdaten) und
- bei der laufenden Erstellung und Adaptierung der Timeline und Gleisbelegungsplanung.

Im Rahmen von SIMPLE wird das Planungstool erarbeitet und eine visuelle 2D Darstellung auf Basis des Lageplans der im Projektzeitraum bereitgestellten Datensätze ermöglicht. Für künftige Fahrplanperioden wird das Planungstool für die Fahrplanmachbarkeit einerseits und für die Timeline- und Gleisbelegungsplanung andererseits seitens der ÖBB herangezogen werden können.

Folgende Prozesse sind (wie in Abbildung 11 detailliert dargestellt) abbildbar:

- Import und Aufbereitung der aus Roman generierten Fahrplandaten; Grundlage hierfür bildet das
- Betriebsstellenverzeichnis, die Fahrplantabelle (Informationen zu Zügen, Linien, Richtungen etc.), Kalendertage und Saisonierungen
- Einlesen der Umläufe aus dem Fernverkehr und Nahverkehr
- Einlesen der Servicepläne
- Timeline- und Gleisbelegungsplanung, die bei entsprechend eingehenden Änderungen bzw. Bestellungen adaptiert werden kann.

### **5.1.1 Implementierung automatischer Routinen für den Datenimport**

Für den Import der zu berücksichtigenden Eingangsdaten werden automatische Routinen implementiert.

Die Generierung eines Systemabbilds des Bahnhofes inklusive der Gleisanlagen, Kreuzungen und Signalisierungssysteme erfolgt manuell. Das SIMPLE Planungs- und Simulationstool ist nach Projektabschluss grundsätzlich auch für andere Standorte mit vergleichsweise geringem Adaptionaufwand übertragbar. Die Gleisbelegungen ergeben sich automatisch auf Basis der Fahrtbewegungen.

Automatischer Import von Datengrundlagen in folgenden Datenformaten:

- TXT (Beispiel ÖBB: Fahrplan Netzzugang)
- XLS/XLSX (Beispiel ÖBB: Gleisbelegung und Timeline)
- CSV



## 5.2. Erforderliche Datengrundlagen

Das SIMPLE Planungs- und Simulationstool ist derart aufgebaut, dass Grundparameter wie Betriebsstellen (Kurz- und Langbezeichnung), Fahrplantabellen, Zeitparameter (für unterschiedliche Prozesse), Serviceinfrastruktur (Auflistung Bahnsteige und Gleise inkl. Funktionen), Zugtypen und Bahnsteigbelegung für den räumlich determinierten Standort (Wien Hauptbahnhof) individuell definiert werden können. Fahrplan-, Umlauf-, Wende- und Servicedaten des Hauptbahnhof Wien werden maschinell in das SIMPLE Planungs- und Simulationstool eingelesen.

Auf Grundlage von Servicedaten (z.B. Entsorgen, Wasserfüllen), Wendedaten (generiert aus Umlaufdaten bzw. Zugverzeichnissen) und Fahrplandaten werden Zugabfertigungen (z.B. teilen und verdoppeln) abgebildet und dabei die Bahnsteigverfügbarkeit sowie die Reservierung von Fahrwegelementen vorgenommen. Im Zuge dessen erfolgen auch Vorschläge für zusätzlich abfertigbare Züge in der Timeline, sofern diese unter den vordefinierten Bedingungen nicht abgefertigt werden können.

Das SIMPLE Planungs- und Simulationstool besteht aus unterschiedlichen Systemkomponenten bzw. Datengrundlagen, die dem Tool zu Grunde liegen (siehe Tabelle 11 und Abbildung 13).

<b>Zugdaten</b>	Unterschiedliche Zugtypen (für Bahnsteig- und Gleisbelegungen) finden Berücksichtigung.
<b>Regelfahrwege</b>	Quell- und Zielbeziehungen und für bestimmte Relationen bzw. Prozesse vorbehaltende Strecken (z.B. Servicestrecken) werden bestimmt.
<b>Planungsvorgaben</b>	Eine Logik für Entscheidungsprozesse wird festgelegt (z.B. Bahnsteigbelegungen bei bahnsteiggleichem Umstieg) (siehe Kap. 5.4).
<b>Kalendertage</b>	Für das SIMPLE Planungs- und Simulationstool werden ausgewählte Stichtage herangezogen.
<b>Fahrplan</b>	Fahrplandaten (z.B. Zugnummer, Quell- und Zielbeziehungen inkl. Trasse und Zeitangaben sowie Fahrrichtungen) werden importiert.
<b>Wendedaten</b>	Wendedaten werden importiert.
<b>Servicedaten</b>	Servicedaten werden importiert
<b>Parametrierung</b>	Es erfolgt eine Parametrierung (siehe Kap. 5.5).

**Tabelle 11: Datengrundlagen SIMPLE Planungs- und Simulationstool**

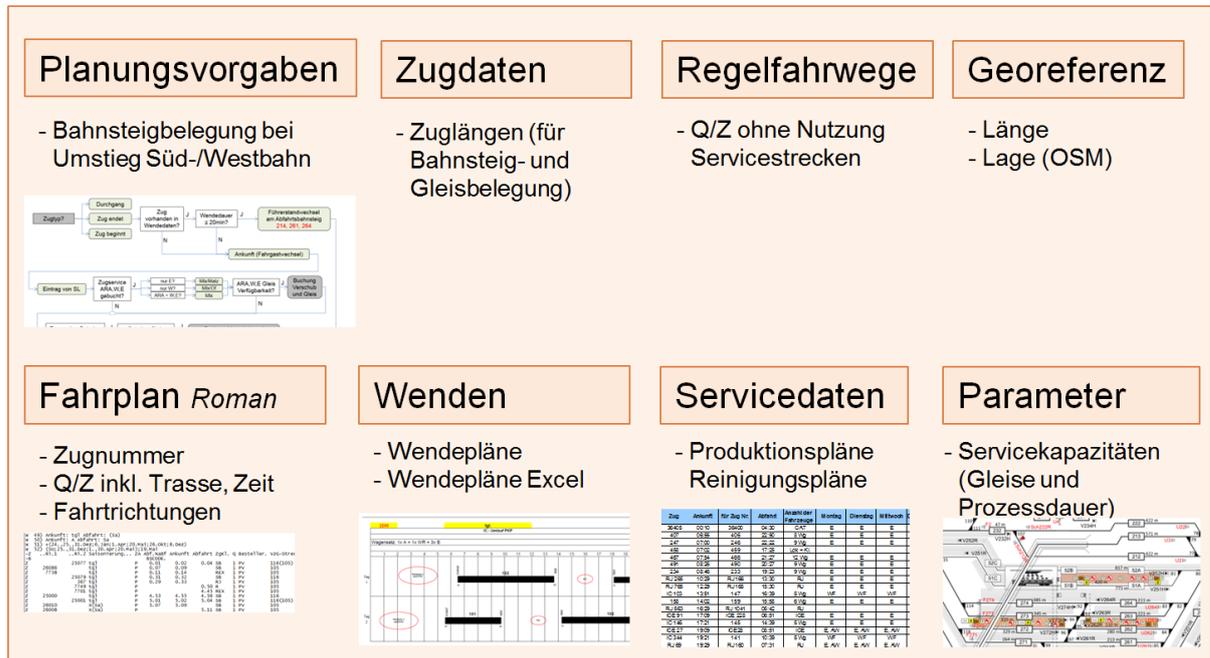


Abbildung 13: Erforderliche Datengrundlagen

Die Datengrundlagen müssen maschinenlesbar sein, d.h. ein entsprechendes Datenformat haben.

Datenkategorie	Datensatz	ÖBB-System	Format
Umlaufdaten	Umlaufdaten Nahverkehr	COSware	Excel
	Umlaufdaten Fernverkehr	-	Excel
Fahrplandaten	Fahrplandaten	Roman	txt
	Betriebsstellen	Roman	txt
	Verkehrstage	Roman	txt
	Kalenderliste	Roman	txt
Wendedaten	Wendepläne	-	Excel
Prozessdaten	Reinigungspläne	-	Excel
	Produktionspläne	-	Excel

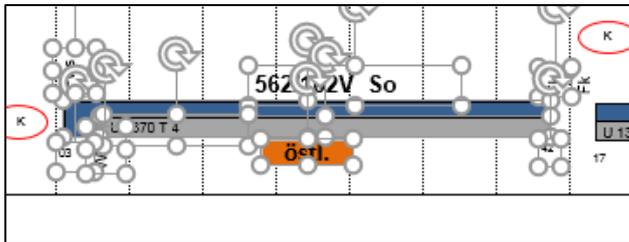
Tabelle 12: Erforderliches Datenformat

### 5.3. Herausforderungen beim Import von Umlaufplänen

Derzeit ist die Maschinenlesbarkeit von Umlaufplänen nicht gegeben. Um die maschinelle Lesbarkeit von Umlaufplänen zu ermöglichen, wurde ein Importer geschrieben, der Elemente der Umlaufpläne im Originalformat Microsoft Excel Format automatisiert erfasst.

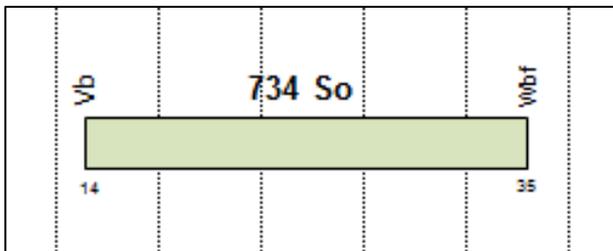
Folgende Einzelfälle können beim implementierten Importer der Umlaufpläne Fernverkehr berücksichtigt werden

#### 1. Auflösen von Gruppierungen



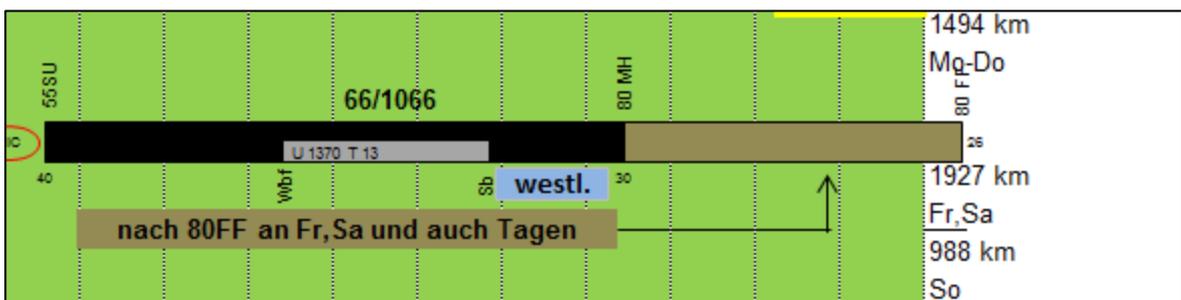
#### 2. Unterschiedliche Schriftgrößen und Schriftarten

Beispiel IC-Umlaufkonzept\_Südbahn\_2019\_Stand\_03.04.18, Umlauf 1480: Bahnhof Vb hat als einziger Bahnhof eine Schriftgröße 10pt und die Schriftart Calibri. Alle übrigen Bahnhöfe sind in Schriftgröße 7pt und Arial dargestellt.



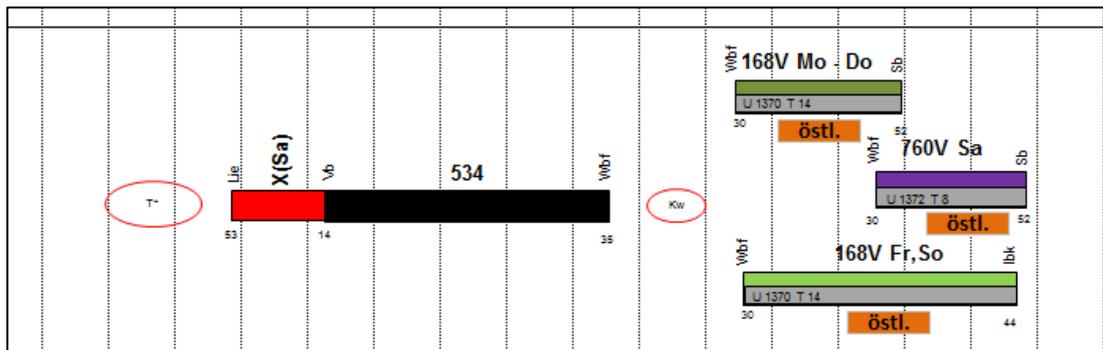
#### 3. Übernahme fehlender Zugnummern

Beispiel Rj-Umlaufkonzept\_Westbahn\_2019\_07.03.18, Umlauf 1370, 1371, 1372  
Zugnummer 66 gültig bis München, danach 1066 nach 80FF.

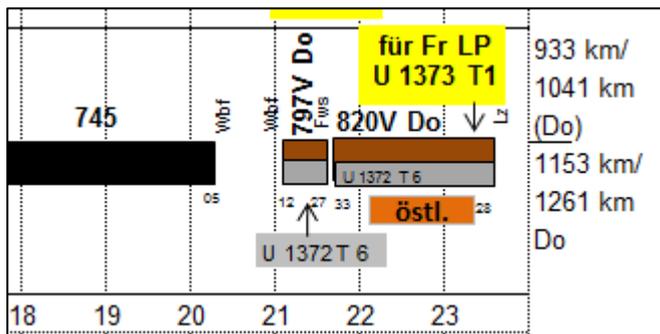


### Unterschiedliche Anzahl an Folge- und Vorgängerzügen

Beispiel: ein Folgezug von 534 kann nicht erkannt werden, da je nach Wochentag 3 Züge in unterschiedlicher Anordnung folgen.

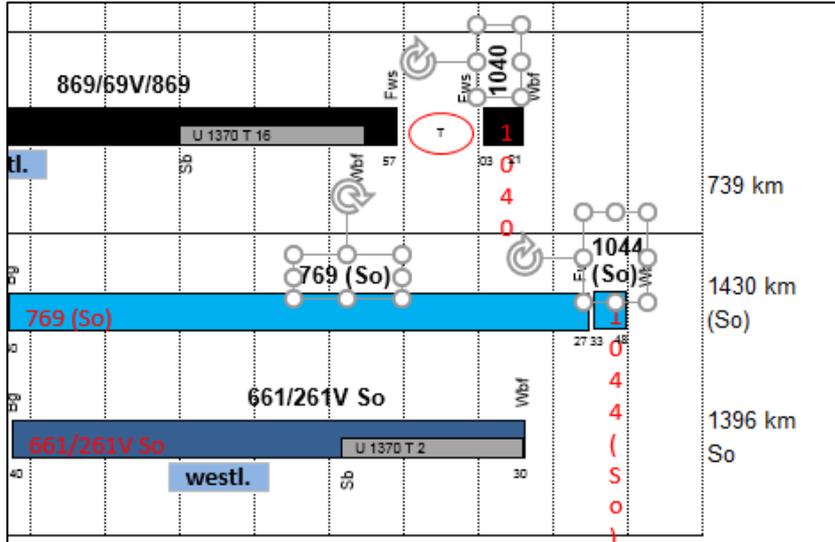


Der Folgezug 797V Do nach Zug 745 wird aufgrund senkrechter Schreibweise nicht erkannt. Teilweise unterschiedliche Schreibweise horizontal/senkrecht.



#### 4. Einheitliche Orientierung der Textfelder

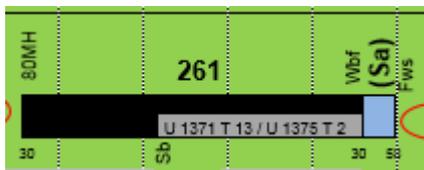
Beispiel: Zugnummer 1044 konnte nicht erkannt werden, da Text und Textboxorientierung unterschiedlich



#### 5. Schreibweise innerhalb des Texts

```
While InStr(imp_4(0, i4 - 1), " ") > 0 'Schleife zum entfernen dop
    imp_4(0, i4 - 1) = Replace(imp_4(0, i4 - 1), " ", " ")
Wend
imp_4(0, i4 - 1) = Replace(imp_4(0, i4 - 1), " / ", "/" )
imp_4(0, i4 - 1) = Replace(imp_4(0, i4 - 1), " V", "V")
If InStr(imp_4(0, i4 - 1), "Lp") > 0 Then imp_4(0, i4 - 1) = "Lp"
```

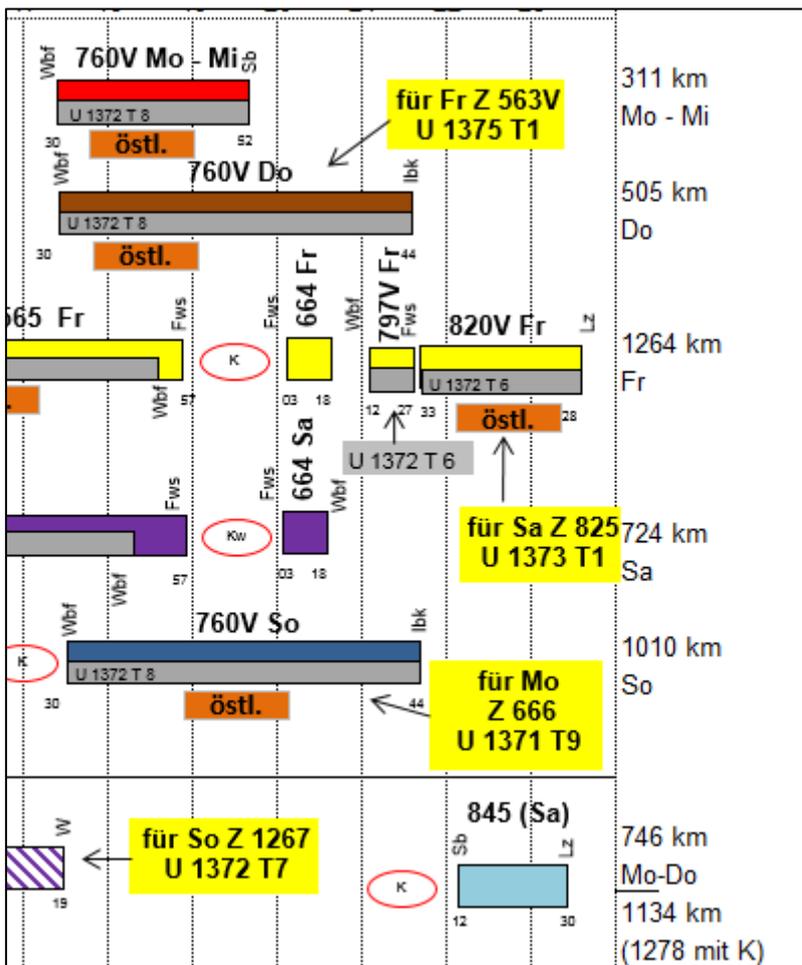
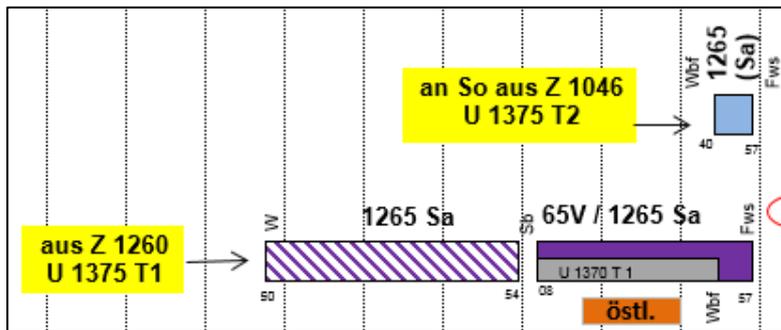
#### 6. Folgezug hat keine Zugnummer



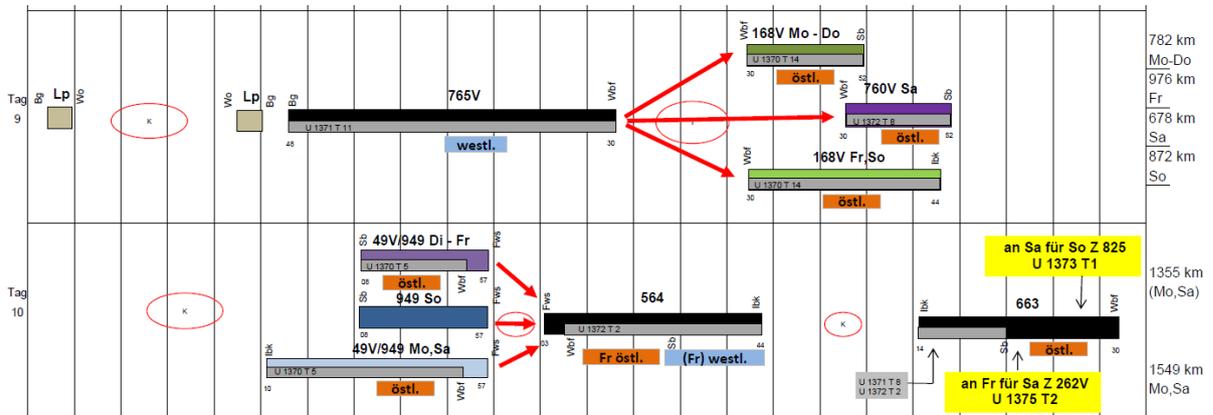
**7. Gelbe Felder enthalten Folgezugnummern und vorhergehende Zugnummern müssen den Zügen zugeordnet werden**

Z	65 tgl	P	15.26	15.30	15.42 RJ	1 PV	105	Mfl	-He
Z	1265	P	15.26	15.30	15.40 RJ	1 PV	105	W	-Fws

Ankunft: Mo-Fr Abfahrt: tgl

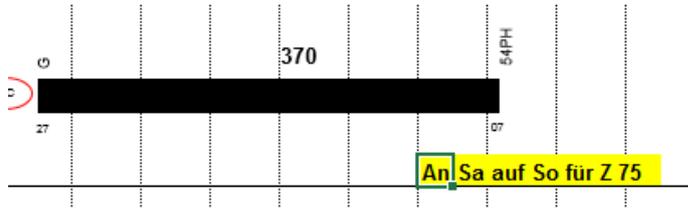


### Unterschiedliche Anzahl an Nachfolgezügen und Vorgängerzügen 1372

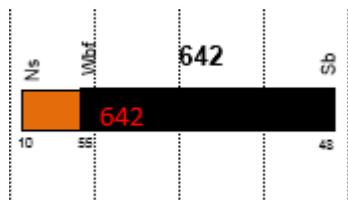


### Nicht berücksichtigte Fälle

Anmerkungen im Umlaufplan in einer Zelle: bitte stattdessen gelbe Textbox mit Pfeil verwenden



Verbindung ohne Nummer: bitte beim ersten Zug die Zugnummer angeben



Idealerweise könnten künftig Umlaufpläne in Form von maschinenlesbaren Listenformaten (z.B. als Excel oder Textdatei) aufbereitet werden.

## 5.4. Entscheidungslogik

Bei der Prozessoptimierung durchlaufen unterschiedliche Vorgänge automatisch die dem SIMPLE Planungs- und Simulationstool zugrundeliegende Entscheidungslogik.

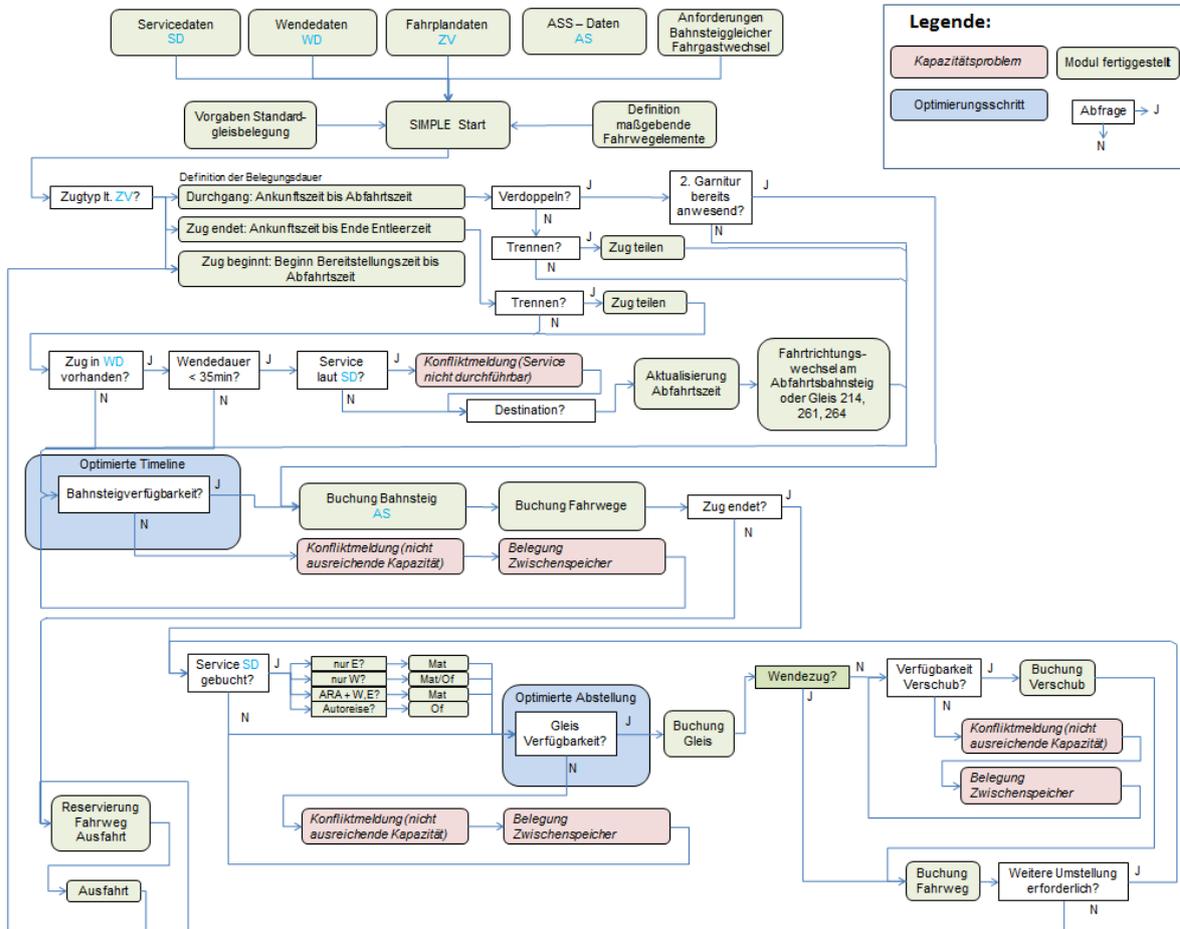


Abbildung 14: SIMPLE Entscheidungslogik

## 5.5. Parametrierung

Für das SIMPLE Planungs- und Simulationstool werden Eingabemasken in Form von Tabellenblättern erstellt, die in fixierte (also auf den Standort bezogene) und veränderbare Parameter untergliedert sind.

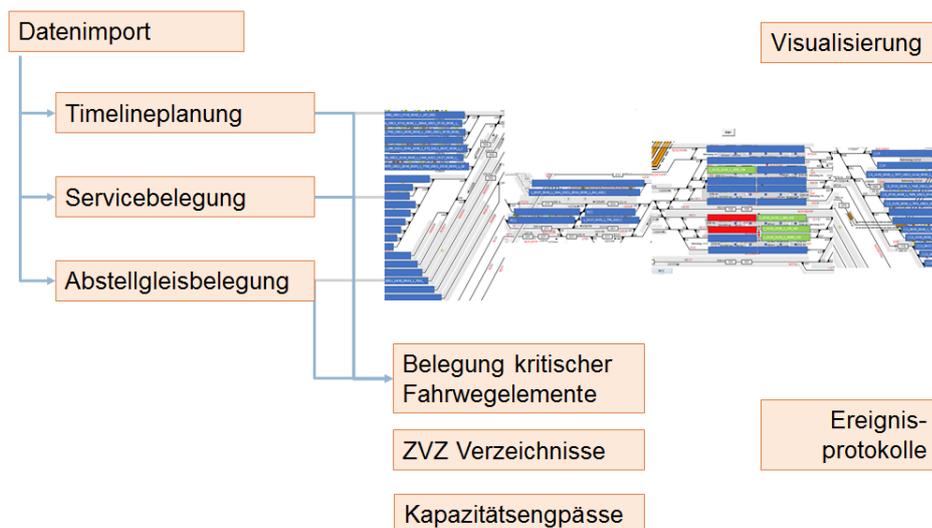
Zu den fixierten und veränderbaren Parametern (während eines Plandurchlaufs) zählen:

- Daten zur Infrastruktur der Verkehrsstationen und Abstellanlagen (z.B. Anzahl der Gleise, Gleis- oder Bahnsteiglänge)
- Daten zu Betriebsprozessen (z.B. Sperren der Weichen, Verschiebungen) in Zeiteinheiten (siehe Zeitparameter der Betriebs- und Serviceprozesse in Kapitel 4.2.1 und Kapitel 4.2.2)
- Daten zu Serviceprozessen (z.B. Eingangs- und Ausgangs WTU, Entsorgung, Wasserbefüllen, Catering) in Zeiteinheiten (siehe Zeitparameter der Betriebs- und Serviceprozesse in Kapitel 4.2.1 und Kapitel 4.2.2)
- Linienführungen (z.B. Richtung West/Ost) bzw. Fahrplantabellen
- Zugtypen
- Serviceinfrastruktur (Gleisfunktionen z.B. Abstellgleise, Gleise für Entsorgung, Catering, Wasserfüllen)
- Bahnsteigbelegung
- Einsatz Verschiebreserven (Zeitparameter und Anzahl Lok im Verschieb)
- Schwellenwert für Führerstandwechsel und Servicetätigkeiten

## 5.6. Funktionen

Unter Zuhilfenahme des SIMPLE Planungs- und Simulationstools kann automatisch die Planung der Timeline, Gleis- und Servicelegungen erfolgen.

Wesentliches Merkmal des SIMPLE Planungs- und Simulationstools bilden neben der visualisierten Darstellung die Ereignisprotokolle, anhand derer für den Beobachtungs- bzw. Planungszeitraum von 24 h nachvollziehbar dokumentiert wird, wie viele Züge abgefertigt bzw. nicht abgefertigt werden können oder wie viele Konflikte aufgetreten sind (siehe Abbildung 15).



**Abbildung 15: SIMPLE Funktionsweise**

Das SIMPLE Planungs- und Simulationstool umfasst folgende Funktionen:

- Import von Fahrplandaten: Hier sind Verkehrstage und Daten zur Saisonierung hinterlegt. Über eine Vergleichsfunktion werden Unterschiede zu vorherigen umgewandelten Fahrplandaten visuell hervorgehoben. Unbekannte Daten (unbekannte Zugklassen, Linienführungen, Saisonierungen) werden in einem eigenen Protokoll ausgegeben – diese sind danach vom Benutzer manuell einzugeben bzw. müssen ggf. die txt Grundlagen für Kalender- und Verkehrstage neu übernommen werden. Es ist ebenfalls der Vergleich mit Vorgängerversionen des Fahrplans (auch vom Vorjahr) möglich.
- Beim Import der Excel-Umlaufplänen erfolgt eine visuelle Darstellung der erfassten Daten und Zugabfolgen in Form von roten Pfeilen, anhand derer erfasst und dokumentiert wird, welche Züge und Folgezüge sowie Testfelder erkannt werden.
- Unstimmigkeiten bei Fahr- und Umlaufplänen werden ausgewiesen und können manuell überprüft werden.
- Reservierung kritischer Fahrwegelemente (Blockierung) ist hinterlegt. Das Gleis wird entsprechend den vorgegebenen Zeitparametern (2min vor Ankunft bis 1min nach Abfahrt) blockiert; beim Verschieben mit den Verschiebreserven werden die Fahrwege 1min blockiert. Im SIMPLE Planungs- und Simulationstool kann jedes Gleis gesperrt bzw. einer anderen Nutzung zugeführt werden. Fahrwegelemente werden zur Überprüfung, ob der Verschieb durchgeführt werden kann, herangezogen.

- Bei der Buchung eines Servicevorganges wird entweder ein Slot vergeben oder es kann im Falle eines Kapazitätsengpasses festgestellt werden, dass ein Service nicht gebucht werden kann.
- Bei einem geplanten Führerstandwechsel wird der ankommende Zug zum Ausfahrts- gleis bestellt, an dem der Zug nach dem Führerstandwechsel wieder abfährt.
- Fehlermeldungen zu Zugkategorie, Betriebsstellen und Saisonierung (z.B. falsche oder unbekannte Eingangsdaten) werden in Form von Mitteilungsfenstern mit Warnungen und Hinweisen während dem Ablauf eingeblendet
- Erstellung Timeline: Für jeden Stichtag ist der jeweilige Bahnsteig für die Zugabfertigung ersichtlich. Diese durch das SIMPLE Planungs- und Simulationstool automatisch generierte Timeline kann herangezogen werden. Jene ausgewiesenen, nicht abfertigungs- baren Züge können manuell nachbearbeitet werden. Diese manipulierte Timeline kann im SIMPLE Planungs- und Simulationstool als Textdatei ausgegeben werden.

Umwandlung Roman Datenbasis (TXT)	Aktuelle Fahrplandatei	Stichtag
Vergleich Roman Datenbasis (TXT)	C:\templwbf_240918.txt	19.04.2019
Umwandlung Service	Aktuelle Servicedateien	
	C:\templEnts-Waschplan-Fernverkehr-2019-22.08.18.xlsx	
	C:\templEnts-Waschplan Nahverkehr-2019-22.08.18.xlsx	
Umwandlung Umläufe NV Excel	Umwandlung Umläufe FV Excel	
Aufbereitung Wendeliste (Excel)	C:\templUmläufe_Fernverkehr_gesamt_2018-08_mod.xlsx	
Aufbereitung Wendeliste (ZVZ-Daten)	C:\templZVZ-Ve-2019.xlsx	
Datenaufbereitung Gleisbelegungsplanung	Timeline Template	
Gleisbelegungsplanung	C:\templwbf_240918_19.04.2019.xlsx	
Darstellung		

Abbildung 16: SIMPLE Planungs- und Simulationstool

## 6. EMPFEHLUNGEN FÜR DEN EINSATZ

### 6.1. Optimierungspotentiale und Leistungskennzahlen

Für die Optimierung werden, neben der durch das SIMPLE Planungs- und Simulationstool laufenden elektronischen Optimierung der Betriebs- und Serviceprozesse aufgrund definierter Algorithmen, folgende Szenarien behandelt, um Auswirkungen auf die Timelineplanung anhand der Ereignisprotokolle darzustellen:

- Szenario 1: Ein weiteres Gleis wird für Abstellkapazitäten zur Verfügung gestellt (Änderung der Serviceinfrastruktur im SIMPLE Planungs- und Simulationstool)
- Szenario 2: Simulierung einer Betriebsstörung (z.B. Sperre des Bahnsteigs 5 am Hauptbahnhof) (Änderung der Bahnsteigbelegung im SIMPLE Planungs- und Simulationstool)

Hierfür werden relevante Ereignisprotokolle (z.B. Belegung Fahrwege, Zwischenspeicher, Auswertung Vershub, Belegung der Züge pro Gleis) zusammengefasst. In einer Übersichtstabelle können unterschiedliche Szenarien (optimierter Status-Quo, Szenario1, Szenario 2) mit den zugrundeliegenden Leistungskennzahlen verglichen werden.

- Anzahl an Minuten der gleichzeitigen Zugbelegung pro Bahnsteigkategorie: Um die Aussagekraft zu erhöhen, werden die Auslastungen der Belegung pro Bahnsteigkategorie (Fahrtrichtung Westen/Süden 5-8 und Fahrtrichtung Osten/Nordosten 9-12) künftig innerhalb der beiden Hauptverkehrszeiten (05:00-09:00 und 15:00-19:00) betrachtet. Dabei wird ausgewertet, wie viele Minuten pro Zeiteinheit jeweils alle 4 Gleise, 3 Gleise und 2 Gleise gleichzeitig belegt sind.  
[Anzahl an Minuten je Zeiteinheit]
- Anzahl an Fahrten mit Vershubreserven pro Stunde und Einsatzzeit  
[Anzahl pro Tag]
- Belegungsrate des Verbindungsleises 10: Ausgabe der Stundenanzahl (Anzahl Stunden/Tag) mit mehr als acht Belegungen pro Stunde  
[Anzahl an Stunden pro Tag]
- Auslastungsgrade der Abstellgleise
  - pro Tag [Mittelwert in Prozent]
  - um 01:00 Uhr [Mittelwert in Prozent]
- Durchschnittliche Anzahl der Züge je Prozessvorgang pro Minute  
[Anzahl pro Minute]

- Service-/Bedienrate pro Tag  
[Anzahl pro Tag]
- Anzahl durchgeführter Fahrtrichtungswechsel am Bahnsteig pro Tag  
[Anzahl pro Tag]
- Konfliktminuten Fahrwege Wien Hauptbahnhof pro Tag  
[Anzahl pro Tag]
- Anzahl nicht abgefertigter Prozesse pro Tag  
[Anzahl pro Tag]

Die Dimensionen der Zielerreichung werden auf Basis von vordefinierten Leistungskennzahlen abgeleitet. Die dabei festgelegten Qualitätsziele im PV-Knoten berücksichtigen neben betrieblichen, auch umwelt- und sicherheitstechnische Leistungskennzahlen.

## 6.2. Bewertung

Für die Bewertung am Hauptbahnhof Wien<sup>3</sup> werden die vorab für jedes Szenario festgelegten und durch das SIMPLE Planungs- und Simulationstool generierten Leistungsindikatoren herangezogen. Konkret bedeutet dies, dass einzelne Aktivitäten (z.B. Änderung der Serviceinfrastruktur, Änderung der Bahnsteigbelegung) im SIMPLE Planungs- und Simulationstool gesetzt werden. Im Rahmen der Bewertung erfolgt anhand der generierten Ereignisprotokolle die Beurteilung der Veränderung durch die gesetzte Aktivität. Auf diese Weise können Aussagen zur Leistungsfähigkeit getätigt werden. Die Auswertungen können auch als Grundlage für eine Entscheidungsfindung bei der Planung herangezogen werden.

Der Bewertungsschlüssel ist der Wirkungs- bzw. Veränderungsgrad (stark, schwach) der gesetzten Aktivität in Bezug auf den optimierten Status-Quo. Eine monetäre Bewertung erscheint wenig sinnvoll, da im Zuge der Optimierung Inputfaktoren (Personen, Maschinen) nicht variieren, sondern bei gleichen Inputfaktoren der Output (z.B. Effektivität, Erhöhung Servicegrad und Kundenzufriedenheit, Gewährleistung der Kompatibilität) verändert wird. Es können jedoch Aussagen getroffen werden, ob eine gesetzte Aktivität als potentiell kostenneutral, kostenverursachend oder kosteneinsparend eingestuft werden kann.

---

<sup>3</sup> Die Übertragbarkeit der Bewertungsergebnisse des Fallbeispiels Hauptbahnhof Wien auf andere Standorte ist nicht gegeben.

			Status Quo	Senario 1		Senario 2	
			Optimierte Planung	Erhöhung Abstellverfügbarkeit Änderung Serviceinfrastruktur		Störfall: Bahnsteigausfall Änderung Bahnsteigbelegung	
			Normalbetrieb	Erhöhung Abstellverfügbarkeit (Kapazitätserweiterung)	Prozentuelle Veränderung ggü. Normalbetrieb	Bahnsteigausfall (ad-hoc Planung des Bahnbetriebs)	Prozentuelle Veränderung ggü. Normalbetrieb
Anzahl an Minuten der gleichzeitigen Zugbelegungen pro Bahnsteigkategorie	Bahnsteige 5-8 im Zeitraum 5:00-9:00	4 Gleise					
		3 Gleise					
		2 Gleise					
	Bahnsteige 5-8 im Zeitraum 15:00-19:00	4 Gleise					
		3 Gleise					
		2 Gleise					
	Bahnsteige 9-12 im Zeitraum 5:00-9:00	4 Gleise					
		3 Gleise					
		2 Gleise					
	Bahnsteige 9-12 im Zeitraum 15:00-19:00	4 Gleise					
		3 Gleise					
		2 Gleise					
Anzahl an Fahrten mit Vershubreserven pro Tag	Mat 1	Tag					
	Mat 2	Tag					
	Mat 4	Tag					
Belegungsrate des Verbindungsgleis 10							
Leistungskennzahlen	Auslastungsgrade der Abstellgleise Mat		pro Tag um 01:00				
	Durchschnittliche Anzahl der Züge je Infrastruktur pro Minute	Catering					
		Entsorgung					
		Wasserfüllen					
		ARA					
		Abstellgleise Mat					
	Abstellgleise Of						
	Service-/Bedienrate pro Tag						
	Anzahl durchgeführter Fahrtrichtungswechsel pro Tag						
	Konfliktminuten Fahrwege Wien Hbf. pro Tag						
Anzahl an Konflikten pro Tag							
Anzahl erforderlicher Zwischenabstellungen pro Tag							
Anzahl nicht abfertigter Prozesse pro Tag	gesamt						
	Umstellen Wien West Richtung 2						
	Umstellen Wien West Richtung 1						
	Umstellen Mat						
	Umstellen Mat Außenwäsche						
	Umstellen Of Abstellanlage						
	Ankunft Wien Hbf. Richtung 2						
	Umstellen Wien Hbf. Bahnsteig						
	Ankunft Wien Hbf. Richtung 1						
Umstellen Of Autoreisezuganlage							

Abbildung 17: Bewertungsschemata

### **6.3. Weiterentwicklungsmöglichkeiten**

Aufgrund der hohen Komplexität der Aufgabenstellung haben sich im Zuge der Bearbeitung Themenfelder bzw. weiterer Forschungsbedarf herauskristallisiert, welche künftig bei einer entsprechenden Weiterentwicklung ebenfalls in das SIMPLE Planungs- und Simulationstool integriert werden könnten. Dies umfasst beispielsweise folgende Bereiche:

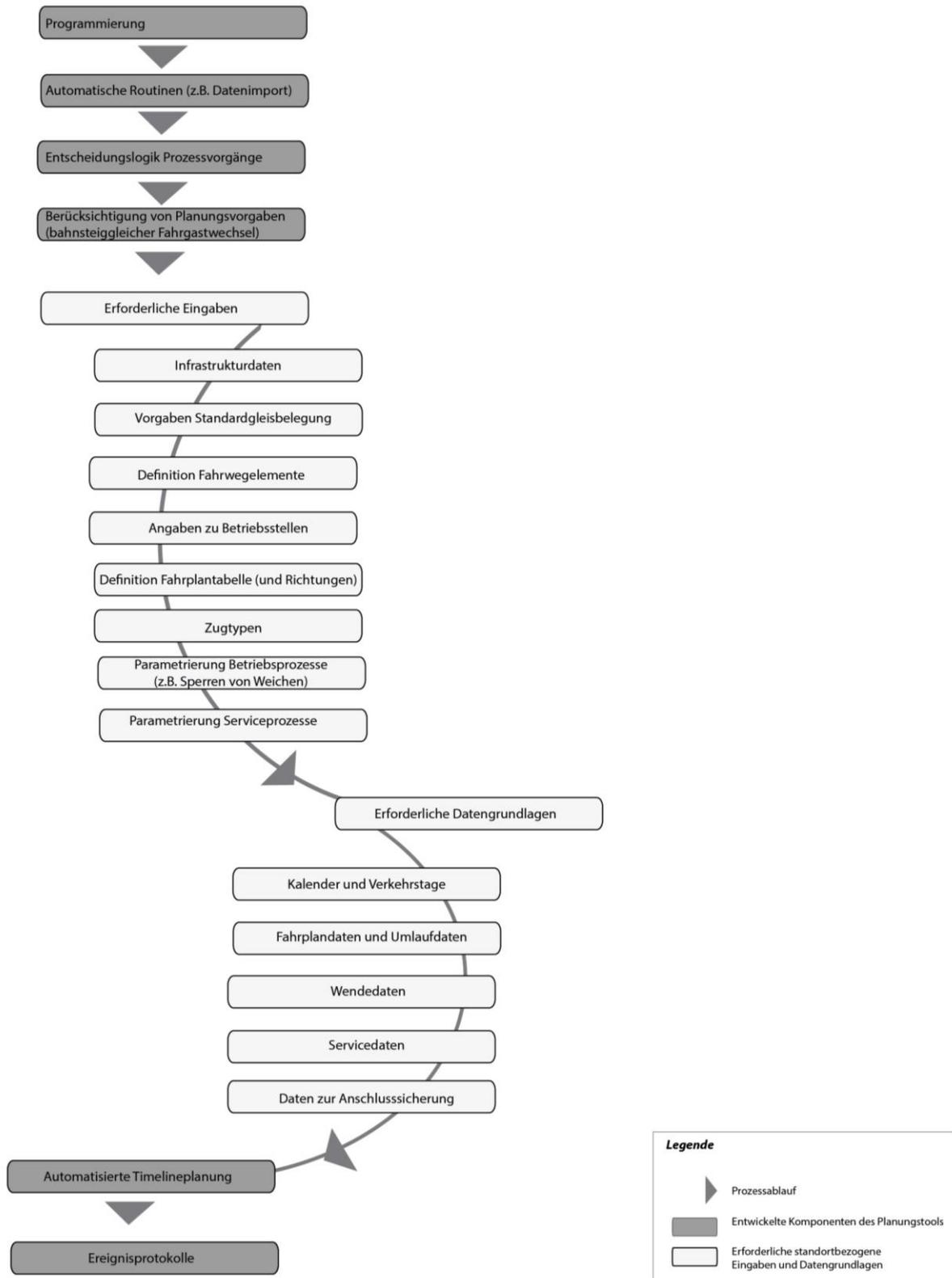
- Verknüpfung der einzelnen 24h-Stichtage mit den vor- und nachgelagerten Tagen
- Berücksichtigung Zugbildeplan A (Triebfahrzeugbereitstellung)
- Erweiterung der Timeline für den Abstellbereich
- Visuelle Buchung von Fahrwegelementen zur Kontrolle und Nachvollziehbarkeit der Buchungsabläufe
- Aufbereitung der Bewertungsergebnisse in Form von Diagrammen

Wesentlicher Bestandteil bzw. Grundlage des SIMPLE Planungs- und Simulationstools sind maschinenlesbare Datensätze. Hier ergibt sich die Anforderung Datengrundlagen (insbesondere Umlaufpläne des Fernverkehrs) derart aufzubereiten (z.B. als Text- und Excel-Liste), so dass die Daten reibungslos importiert werden können.

### **6.4. Umlegbarkeit**

Die Umlegbarkeit des SIMPLE Planungs- und Simulationstools für andere Verkehrsknotenpunkte, im Speziellen für Bahnhöfe, ist grundsätzlich gegeben und wurde in der Programmierung teilweise bereits hinterlegt. Das Grundgerüst umfasst eine Vielzahl an entwickelten Komponenten (z.B. Programmierung, automatische Routinen für Datenimport, Algorithmen, Entscheidungslogiken bei der Prozessabwicklung, automatisierte Timelineplanung, Ausgabe von Ereignisprotokollen).

Es bedarf, aufgrund der räumlich und organisatorisch determinierten Rahmenbedingungen bzw. Gegebenheiten, die Eingabe standortbezogener Informationen (siehe Abbildung 18) wie z.B. Lageplan, Zeitangaben der Prozessabwicklung, Standardgleisbelegung sowie standortbezogener Datengrundlagen (z.B. Fahrplan-, Umlauf-, Wende-, Servicedaten, Kalender- und Verkehrstage).



**Abbildung 18: Umlegbarkeit des SIMPLE Planungs- und Simulationstool**

## 7. BENUTZERHANDBUCH

Die folgenden Unterkapitel beinhalten eine Darstellung der einzelnen Funktionen der umgesetzten Module des SIMPLE Planungstools.

### 7.1. Übersicht SIMPLE Tabellenblätter

- Toolauswahl: Zentrale Steuerung der einzelnen Module
- Visualisierung: Virtuelle Lageplan des Hauptbahnhofs
- ASS: Verzeichnis der Anschlusszüge
- Bstgl. Umsteigen: Verzeichnis der Verbindungen mit bahnsteiggleichem Umsteigen
- Betriebsstellen: Liste der codierten Betriebsstellen
- Fahrplantabelle: Zuordnung der Verbindungen zu einzelnen Relationen
- Zeitparameter: vordefinierte Parameter
- Serviceinfrastruktur: Funktionen und Einschränkungen der einzelnen Gleise
- Zugtypen: Beschreibung des Codes der Züge inkl. Länge
- Bahnsteigbelegung: vordefinierte Bahnsteigbelegung im Regelbetrieb für die einzelnen Relationen
- Template Gleisbelegung: derzeit nicht in Verwendung
- Template wbf import: Template für die Generierung der Zugverzeichnisse
- Template Umläufe Fernverkehr: Tabellenblatt zur Generierung der Inhalte von \_Datenbank Wendeliste.txt (Teil Fernverkehr)
- Template Umläufe Nahverkehr: Tabellenblatt zur Generierung der Inhalte von \_Datenbank Wendeliste.txt (Teil Nahverkehr)

### 7.2. Fahrplanimport

Umwandlung Roman Datenbasis (TXT)	Aktuelle Fahrplandatei	Stichtag
	C:\templwbf_240918.txt U	19.04.2019

Die ausgewählte Textdatei wird so aufbereitet, dass sie maschinell lesbar ist. Das Programm verwendet das in Spalte I eingetragene Datum, um einzelne Züge entsprechend ihrer Angaben zur Saisonierung automatisch zu filtern.

- verkehrstage1.txt und
- kalenderliste1.txt

Folgende Eingangsdatei sind erforderlich:

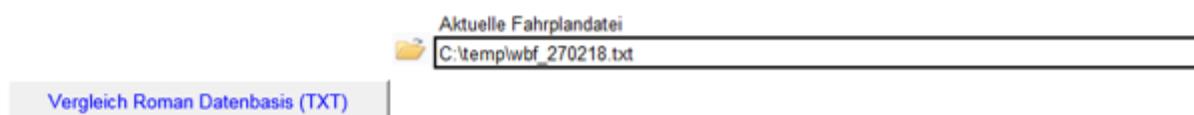
Systematik Dateiname	Inhalt
verkehrstage1.txt	Liste mit Saisonnummern der ÖBB
kalenderliste1.txt	Liste mit Regelverkehrstagen der ÖBB

Folgende Dateien werden erstellt:

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
XXX_Wochentag.xlsx	wbf_270218_MO.xlsx	Grundlage für Modul 0
XXX.csv	wbf_270218	Masterdatei mit allen Inhalten
XXX_ZVZ.csv	wbf_270218_ZVZ.csv	Datei mit vordefiniertem Layout der Betriebsmanager – bleibt nach dem Modul geöffnet
_Protokoll Unbekannte Daten.txt	-	Wird falls erforderlich generiert und enthält eine Übersicht von folgenden unbekanntem Einträgen: - Zugklassen - Saisonierung - Betriebsstellen - Relationen
_Datenbank Anschlusssicherungen.txt		Liste mit allen erforderlichen Anschlusssicherungen laut Tabellenblatt
Zwischenschritt.csv	-	Temporäre Datei, die gelöscht werden kann

Jene Einträge, die in \_Protokoll Unbekannte Daten.txt angeführt sind, müssen in den Datengrundlagen entsprechend ergänzt werden und werden davor ignoriert.

### 7.3. Vergleich Fahrplandaten

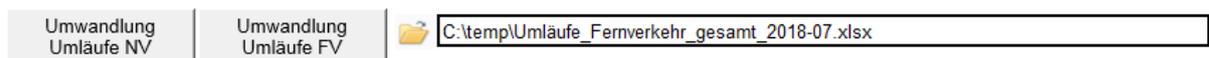


Die ausgewählte Textdatei wird mit einer bereits umgewandelten Textdatei laut Modul 2.1 verglichen. Änderungen werden gelb mit „!“ markiert.

Folgende Dateien werden erstellt:

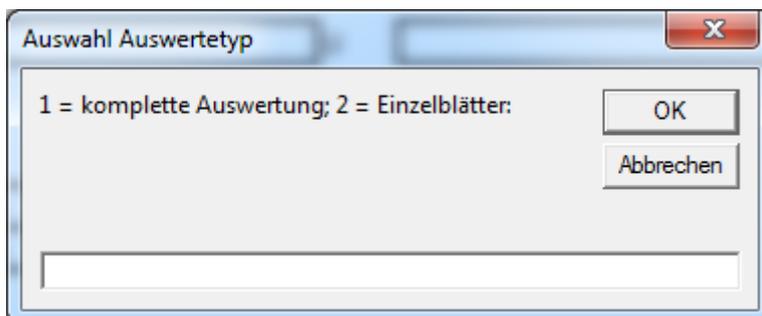
Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
XXX.csv	wbf_270218	Masterdatei mit allen Inhalten
XXX_ZVZ.csv	wbf_270218_ZVZ.csv	Vergleichsdatei – bleibt nach dem Modul geöffnet
_Unbekannte Datenquellen.txt	-	Wird falls erforderlich generiert und enthält eine Übersicht von folgenden unbekanntem Einträgen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zugklassen</li> <li>- Saisonierung</li> <li>- Betriebsstellen</li> <li>- Relationen</li> </ul>
vergleichsdatei_temp.txt	-	Temporäre Datei, die gelöscht werden kann

## 7.4. Umwandlung Fernverkehr/Nahverkehr



Als Datengrundlage muss zunächst eine Excel-Datei mit allen verfügbaren Umläufen für den Fernverkehr und Nahverkehr verfügbar und definiert sein. Sollte versehentlich bei der Umwandlung Umläufe FV eine Excel-Datei mit Nahverkehrsumläufen definiert sein bzw. vice versa kommt eine Fehlermeldung und das Programm wird abgebrochen.

Es kann entweder ein einzelner Umlaufplan oder alle vorhandenen Tabellenblätter der definierten Excel-Datei ausgewertet werden.



### 1 – komplette Auswertung

Bei der kompletten Auswahl wird die gesamte Excel-Datei maschinell ausgewertet, ohne dass eine weitere Eingabe erfolgt.

Die Ergebnisse werden für Fernverkehrspläne in das Tabellenblatt Template Umläufe Fernverkehr und für Nahverkehrsumlaufpläne in das Tabellenblatt Template Umläufe Nahverkehr kopiert.

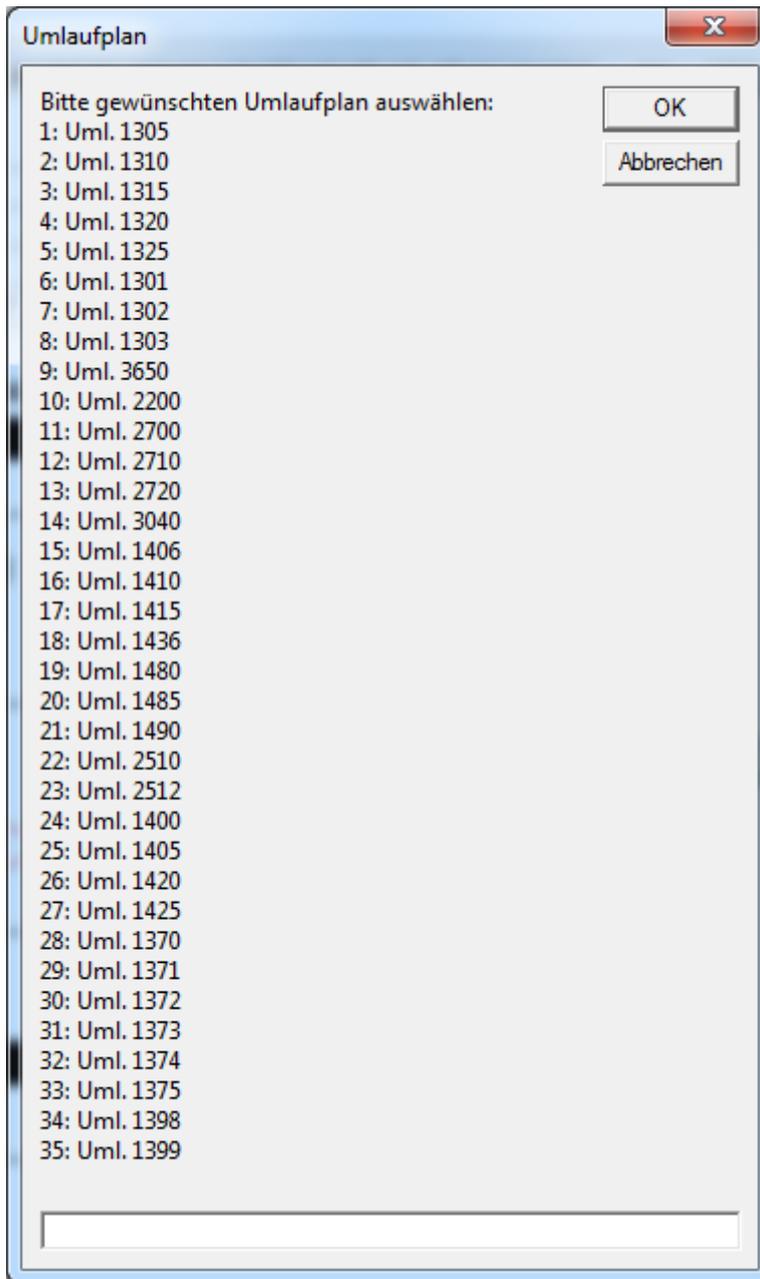
Zusätzlich wird für den Fernverkehr die Datei Auswertung\_Umläufe\_Fernverkehr.xlsx generiert, die Informationen für einen Vergleich mit einer ZVZ-Ve Liste enthält.

Folgende Dateien werden erstellt:

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
Bei Auswahl FV: Auswertung_Umläufe_Fernverkehr.xlsx	-	Datei mit Informationen für den Vergleich mit dem ZVZ-Ve Liste
Je nach Auswahl FV oder NV: _Datenbank Import Fernverkehr.txt _Datenbank Import Nahverkehr.txt	-	Kurzliste mit wesentlichen Informationen für den Import in die Tabellenblätter <ul style="list-style-type: none"> <li>• Template Umläufe Fernverkehr</li> <li>• Template Umläufe Fernverkehr</li> </ul>

## 2 – Einzelblätter

Bei der Auswahl dieser Option erscheint eine weitere Abfrage, welcher Umlauf ausgewählt werden soll:

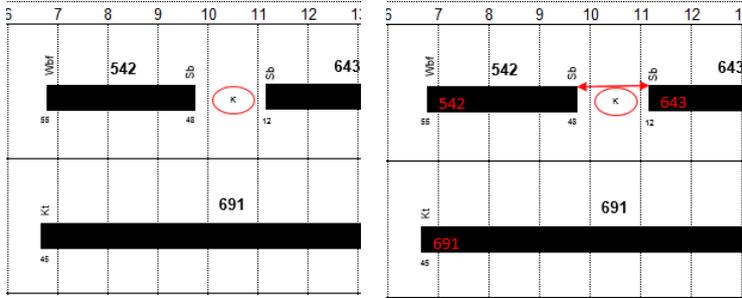


Nach der Auswahl wird dieser Umlauf der selektierten Excel-Datei maschinell ausgewertet. Nach Programmende bleibt die selektierte Datei schreibgeschützt geöffnet, damit die maschinengelesenen Elemente geprüft werden können. Zusätzlich erfolgt eine Abfrage, ob die Ergebnisse in Tabellenform gespeichert werden sollen.

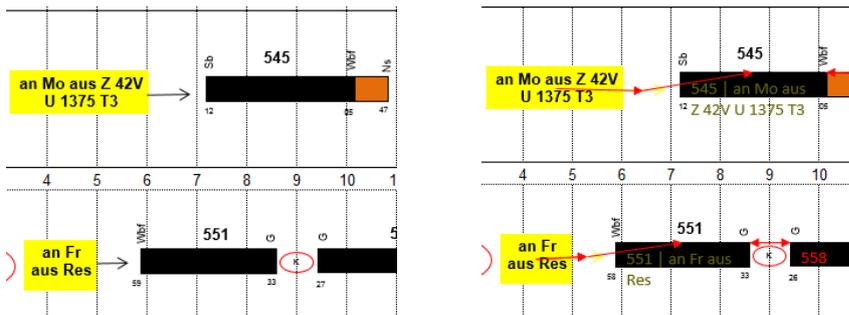
Im Vergleich zur Ursprungsdatei (links) sind nun in der schreibgeschützten manipulierten Datei (rechts) folgende Änderungen ersichtlich:

- **Rote Schrift:** Zuordnung von Balken und Zugnummer

- **Rote Pfeile:** Verknüpfungen zwischen einzelnen Zügen (Vorgänger und Nachfolger) sowie Informationen der gelben Kästchen



**Grüne Schrift:** Zuordnung von Textfeld und dazugehörigem Pfeil (die Farbe des Pfeils ändert sich von Schwarz in **Gelb**) zu nächstgelegenen Balken des gleichen Umlauftages. Der Inhalt des Textfeldes wird gemeinsam mit der Zugnummer im Balken in Grün dargestellt, die Verbindung mittels **roten Pfeiles**.



Diese Auswertung dient ausschließlich der Kontrolle der Umlaufpläne.

Folgende Dateien werden bei Bedarf (entsprechend der Wahl laut Eingabe) erstellt:

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
Umwandlung_Uml. XXXX_Umlaufplan.csv	Umwandlung_Uml. 1371_Umlaufplan.csv	Parameter der erfassten Einträge zu Prüfzwecken
Umwandlung_Uml. XXXX_Umlaufplan_Referenz.csv	Umwandlung_Uml. 1371_Umlaufplan_Referenz.csv	
Umwandlung_Uml. XXXX_Umlaufplan_Referenz	Umwandlung_Uml. 1371_Umlaufplan_Referenz.csv	

## 7.5. Aufbereitung Fernverkehr/Nahverkehr für Planung der Gleisbelegung

Aufbereitung Wendeliste (Excel)

Die aufbereiteten Umlaufdaten des Fern- und Nahverkehrs werden exportiert. Folgende Dateien werden erstellt:

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
_Datenbank Wendeliste.txt	-	Datei mit Zugwenden als Grundlage der Gleisbelegungsplanung

## 7.6. Ersatzdatengenerierung Fernverkehr/Nahverkehr aus ZVZ\_Ve

Aufbereitung Wendeliste (Excel)

Aufbereitung Wendeliste (ZVZ-Daten)



C:\temp\ZVZ-Ve-2019.xlsx

Falls nicht alle Wendedaten digital verfügbar sind, kann stattdessen als Grundlage die aktuelle ZVZ\_Ve.xlsx Liste als Grundlage aufbereitet werden. Folgende Dateien werden erstellt:

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
_Datenbank Wendeliste.txt	-	Datei mit Zugwenden als Grundlage der Gleisbelegungsplanung

## 7.7. Datenaufbereitung Gleisbelegungsplanung

Datenaufbereitung Gleisbelegungsplanung

Timeline Template



C:\temp\wbf\_270218\_MO.xlsx

Dieses Modul muss als Grundlage für das Modul 2.7 ausgeführt werden.

Folgende Dateien werden erstellt:

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
_Datenbank Abstellgruppen.txt	-	Datei mit folgenden Zügen: - jene, die zu Tagesbeginn im Abstellbereich stehen. Sie fahren vom Hauptbahnhof weg und kommen am Vortag an - jene, die im Tagesverlauf ankommen und laut Wendeliste nicht mehr ausfahren

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
_Datenbank Durchgangszüge.txt	-	Datei mit Durchgangszügen (erst ab Datengrundlag Wbf_280618.txt verfügbar)
_Datenbank Serviceaufträge.txt	-	Datei mit Zügen, die nach der Ankunft für unterschiedliche Services reserviert sind.
_Datenbank Timeline_Wbf.txt	-	Datei mit Zügen, die in der Gleisbelegung abgebildet werden

## 7.8. Planung der Gleisbelegung

Beim Start dieses Moduls wechselt das Programm auf das Tabellenblatt Visualisierung. Eine Eingabemaske legt fest, wie das Modul abgespielt werden soll. Folgende Möglichkeiten stehen zur Auswahl:

- 0: Schnelldurchlauf: wenn das Modul mehrfach in diesem Modus gestartet wird, ohne dass die Eingabedaten geändert werden, laufen die Routinen durch und es erscheint am Bildschirm keine Änderung
- 1: Durchlauf in automatischem Zeitraster mit Delay von 0,6 Sekunden pro Buchung – das Programm läuft nach dem Start die Simulation durch und kann nur mit Strg+Pause unterbrochen werden
- 2: Manuelle Abfolge mit Parametereingabe
  - Enter: jeweils 1 Vorgang wird durchgeführt
  - Zeiteingabe im Format hh:mm z.B.: 04:30: Simulation läuft automatisch bis zur vorgegebenen Zeit durch
  - a: entspricht dem Knopf abbrechen

Das Tabellenblatt Visualisierung stellt ein Abbild des Hauptbahnhofes dar. Jedes (vorwiegend) blaue Feld entspricht dabei einem Gleis bzw. bei Bahnsteigen mit mehreren Abschnitten einem Abschnitt mit eigener Signalisierung. Die Länge der Gleise und deren Funktion ergeben sich aus dem Tabellenblatt Serviceinfrastruktur. Jedes Gleis hat nur eine Funktion (z.B. nicht abstellen und Wasserfüllen)

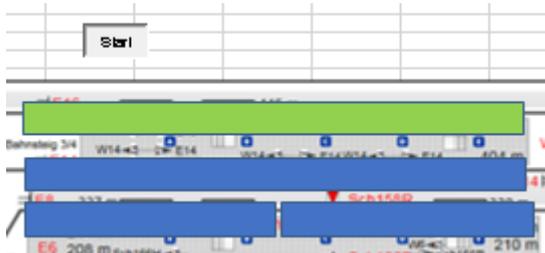
Die einzelnen Buchungen werden mit unterschiedlichen Farben visuell unterstützt:

- grün: im nächsten Schritt fährt dort ein Zug ein
- orange: im nächsten Schritt fährt dort ein Zug aus

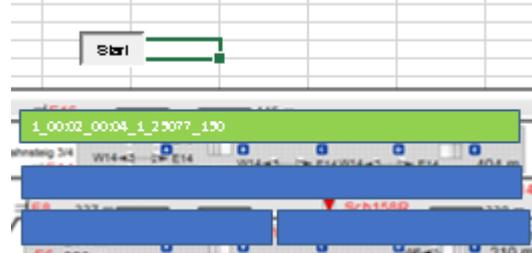
- gelb: im nächsten Schritt wird ein Zug vom Bahnsteig zum Service und vice versa überstellt
- rot: nur bei Bahnsteigen vorhanden – der entsprechende Sektor ist durch die Überlänge des benachbarten Zuges gesperrt bzw. beim Verdoppeln für den Tandemzug reserviert

Das Beispiel in folgender Abbildung verdeutlicht die Buchungen

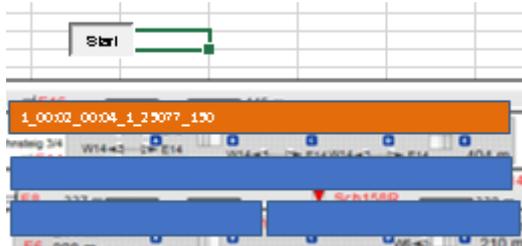
Im nächsten Schritt kommt Zug herein



Zug ist am Bahnsteig eingefahren



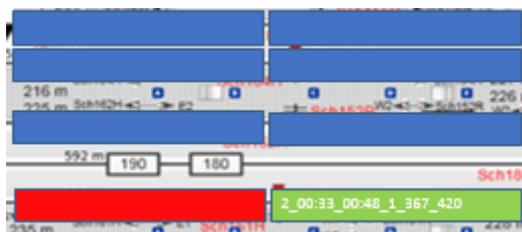
Zug fährt aus



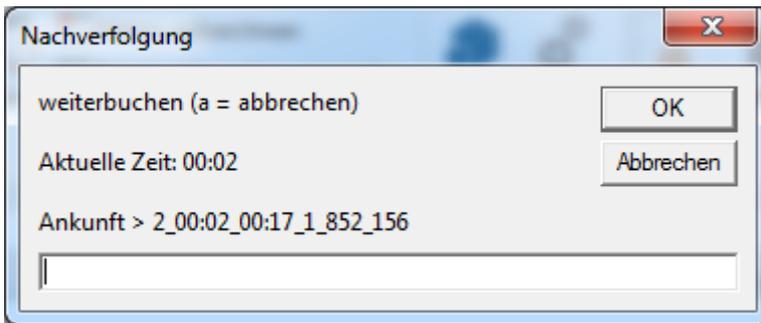
Zug wird in Service oder Abstellung gebracht



Zug ist am Bahnsteig eingefahren und belegt aufgrund Aktivität (z.B. Trennen oder Vereinigen) bzw. Überlänge beide Blöcke (signaltechnische Länge) des Bahnsteigs



Das Eingabefenster enthält Informationen zur Art der Zugbewegung und die aktuelle Zeit der Simulation



Im ersten Schritt werden die abgestellten Züge aus dem Vortag, die im Modul 2.5 definiert wurden, eingespielt. Danach beginnen die Tagesbuchungen.

Züge werden wie folgt dargestellt:

1\_00:02\_00:04\_1\_25077\_150

1\_ Ankunftsrelation (1 = RI Westen/Süden | 2 RI Osten)  
 00:02\_ Ankunftszeit  
 00:04\_ Abfahrtszeit  
 1\_ Abfahrtsrelation  
 25077\_ Zugnummer  
 150 Zuglänge

Derzeit kann das Modell bei Kapazitätsengpässen (kein Abstellgleis oder Bahnsteig verfügbar) keine Änderungen vornehmen und die Züge werden einem virtuellen Zwischenlager übergeben und verlassen den Bahnhof.

Folgende Dateien werden erstellt:

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
_Protokoll Belegung Allgemeines.csv	-	Allgemeine Zusammenfassung aus den unterschiedlichen Detailprotokollen
_Protokoll Belegung Züge pro Gleis.csv	-	Minütige Auslastung der Gleise (Anzahl an Zügen/Minute) Kopfzeile: Gleisnummer
_Protokoll Belegung Reserven.csv	-	Auslastung der Reserven durch Verschubtätigkeiten
_Protokoll Belegung Gleislänge.csv	-	Minütige Verfügbarkeit der Länge der Gleise (Verfügbare Gleislänge/Minute) Kopfzeile: Gleisnummer

Systematik Dateiname	Beispieldatei	Inhalt
_Protokoll Belegung Fahrwege.csv	-	Minütige Sperre der kritischen Fahrweegelemente durch Züge und Reserven (Verfügbare Fahrweegelemente/Minute) Kopfzeile: Gleisnummer
_Protokoll Zugbewegungen.csv	-	Protokoll der Aktivitäten einzelner Züge (nach Zeit sortiert) Die letzte Zeile enthält eine Zusammenstellung der Anzahl behandelter Züge, Kapazitätskonflikte und längsten Bahnsteigbelegung.
_Protokoll Zugbewegungen (nach Zug sortiert).csv		Protokoll der Aktivitäten einzelner Züge (nach Zugnummer sortiert)
_Protokoll Zwischenspeicher.csv	-	Datei mit Zügen, die aufgrund von Kapazitätsengpässen nicht abgefertigt werden können

## 7.9. Anhang Benutzerhandbuch

### Tokennummern

Die verwendeten Tokennummern entsprechen folgenden Informationen:

- 1 Zug endet und kommt in Abstellung
- 2 Zug endet und kommt in Service
- 3 Zug wird verdoppelt
- 4 Zug wird geteilt
- 5 Ausgehender Zug, kommt von Abstellung
- 7 Zug standelt
- 8 Service nur am Bahnsteig möglich, da Zug standelt
- 9 Durchgangszug
- 0 Sonstiges

Zweistellige Ziffer: Zug mit Verstärker, die Ziffern entsprechen den Ereignissen nach der Teilung, z.B. 21, Teil 1 geht in den Service, Teil 2 in die Abstellung.

### Weitere Module

Diese sind aktiv, derzeit aber nicht relevant für die Modellierung.

## 8. VERZEICHNISSE

### 8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Begriffserklärung Lastenheft und Pflichtenheft.....	10
Abbildung 2: Streckennetz Wien Hauptbahnhof (maßstabslose Darstellung) .....	15
Abbildung 3: Lageplan Wien Hauptbahnhof .....	16
Abbildung 4: Verkehrsstation Wien Meidling .....	17
Abbildung 5: Verkehrsstation Wien Hauptbahnhof (maßstabslose Darstellung).....	18
Abbildung 6: Abstellanlage Matzleinsdorf (maßstabslose Darstellung) .....	19
Abbildung 7: Abstellanlage Autoreisezuganlage (maßstabslose Darstellung) .....	21
Abbildung 8: Fotodokumentation ausgewählter Prozessvorgänge .....	26
Abbildung 9: Übersicht an Prozessen bzw. Prozessablaufdiagramm .....	27
Abbildung 10: Fotodokumentation Vershubtätigkeiten .....	31
Abbildung 11: Systemaufbau und Konzeption .....	33
Abbildung 12: Visualisierte Darstellung der Gleisbelegungen.....	35
Abbildung 13: Erforderliche Datengrundlagen.....	37
Abbildung 14: SIMPLE Entscheidungslogik .....	43
Abbildung 15: SIMPLE Funktionsweise .....	45
Abbildung 16: SIMPLE Planungs- und Simulationstool.....	46
Abbildung 17: Bewertungsschemata .....	49
Abbildung 18: Umlegbarkeit des SIMPLE Planungs- und Simulationstool .....	51

### 8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeits- und Zeitplan.....	9
Tabelle 2: Zielsetzungen Lasten- und Pflichtenheft .....	12
Tabelle 3: Ziele und Nicht-Ziele des SIMPLE Planungs- und Simulationstools.....	13
Tabelle 4: Systemabgrenzung .....	14
Tabelle 5: Infrastrukturdaten der Abstellanlage Matzleinsdorf.....	20
Tabelle 6: Infrastrukturdaten der Autoreisezuganlage.....	22
Tabelle 7: Prozesse Zugankunft am Bahnsteig .....	28
Tabelle 8: Hauptbetriebs- und Serviceprozesse I.....	29
Tabelle 9: Auswahl zu behandelnder Züge und Prozesse am Hauptbahnhof .....	30
Tabelle 10: Mindestbehandlungszeit für Zugmanipulationen.....	32
Tabelle 11: Datengrundlagen SIMPLE Planungs- und Simulationstool .....	36
Tabelle 12: Erforderliches Datenformat .....	37