31. Januar 2023

Sebastian Knopf

Mat.-Nr.: 68390

Masterarbeit

**Entwicklung und Evaluation eines auf künstliche**

**Intelligenz gestützten Systems zur Betriebslenkung**

**von Linienbussen im Störungsfall**

**Betreuung**

M. Sc. Waldemar Titov,   
Dirk Weißer (VDV)

**Verantwortlicher Hochschullehrer**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schlegel

**Aufgabenstellung**

(DE) Kurzfristige Streckensperrungen oder erhöhtes Verkehrsaufkommen gefährden die Fahrplanstabilität und sorgen dadurch für Frust und Hemmnisse im öffentlichen Personenverkehr. Besonders kleine und mittelständische Verkehrsunternehmen verfügen in den meisten Fällen nicht über eine Betriebsleitstelle, die geeignete Umleitungsfahrwege anweisen und dadurch den Betrieb aufrechterhalten kann. In dieser Masterarbeit soll untersucht werden, inwieweit die Anordnung von Umleitungen durch ein Betriebsleitsystem unterstützt durch künstliche Intelligenz automatisiert werden kann. Nach einer Literaturrecherche zu den Themen Betriebsleitsystem und KI werden passende Verfahren ausgewählt und anhand von Daten aus der Praxis miteinander verglichen. Eine Evaluation prüft anhand ausgewählter Kennzahlen und im Vergleich mit Expertenentscheidungen prüfen Leistungsfähigkeit und Praxistauglichkeit der gewählten Verfahren. Eine kritische Diskussion, eine Zusammenfassung und ein Ausblick runden die Masterarbeit ab.

(EN) Unplanned service interruptions or traffic jams affect the public transport service stability negatively and thus customers feel frustrated and act self-consciously regarded to public transport services. Most smaller and medium-sized traffic companies do not have a control center which may arrange a re-routing and keep the service running. The aim of this work is to find procedures which enable a vehicle control system to arrange re-routing of public transport vehicles automatically based on artificial intelligence (AI). To achieve this, different approaches of AI are selected based on literature research and compared to each other based to datasets from the operation of several bus agencies. An evaluation confirms performance and productivity of the AI procedures found. A critical discussion and a summary show possible commitments in practice and complement the whole work.

**Betreuender Hochschullehrer**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schlegel

**Erklärung**

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Arbeit mit dem Titel

**Entwicklung und Evaluation eines auf künstliche Intelligenz gestützten Systems zur Betriebslenkung von Linienbussen im Störungsfall**

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht zu haben.

Karlsruhe, den 31. Januar 2023

Sebastian Knopf

Inhaltsverzeichnis

[Abkürzungsverzeichnis 4](#_Toc120181765)

[Abbildungsverzeichnis 4](#_Toc120181766)

[Tabellenverzeichnis 5](#_Toc120181767)

[1 Einleitung 6](#_Toc120181768)

[1.1 Motivation 7](#_Toc120181769)

[1.2 Zielsetzung 9](#_Toc120181770)

[1.3 Vorgehensweise 9](#_Toc120181771)

[2 Grundlagen 10](#_Toc120181772)

[2.1 Definition künstlicher Intelligenz 10](#_Toc120181773)

[2.2 Überwachtes und unüberwachtes Lernen 13](#_Toc120181774)

[2.3 Bestärkendes Lernen 15](#_Toc120181775)

[2.4 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen 17](#_Toc120181776)

[2.5 Zusammenfassender Vergleich von ML-Verfahren 20](#_Toc120181777)

[2.6 Grundbegriffe aus dem ÖPNV-Betrieb 21](#_Toc120181778)

[2.6.1 Betriebstag 21](#_Toc120181779)

[2.6.2 Linie und Linienvariante 22](#_Toc120181780)

[2.6.3 Umlauf- und Dienstplan 22](#_Toc120181781)

[2.6.4 Betriebsstabilität und dispositive Maßnahme 22](#_Toc120181782)

[2.6.5 Betriebsstörung 23](#_Toc120181783)

[2.6.6 Innerbetriebliche und öffentliche Information 23](#_Toc120181784)

[2.6.7 Rechnergestütztes Betriebsleitsystem 24](#_Toc120181785)

[2.6.8 Bordrechner 24](#_Toc120181786)

[3 Theoretische Modellierung 25](#_Toc120181787)

[3.1 Aufstellung geeigneter Beispielszenarien 25](#_Toc120181788)

[3.2 Auswahl verfügbarer Eingangsdaten 27](#_Toc120181789)

[3.2.1 Betriebliche Daten für Fahrplan und Liniennetz 28](#_Toc120181790)

[3.2.2 Kartendaten und Routing 29](#_Toc120181791)

[3.2.3 Störungsmeldungen und Daten zur Verkehrssituation 33](#_Toc120181792)

[4 Literaturverzeichnis 38](#_Toc120181793)

[Anhang 42](#_Toc120181794)

# Abkürzungsverzeichnis

CSV *Comma Separated Values*

GTFS *General Transfer Feed Specification*

ITCS *Intermodal Transportation Control System*

KI *Künstliche Intelligenz*

KNN *k-Nearest-Neighbours Algorithmus*

MEP *Markov-Entscheidungsprozess*

ML *Machine Learning*, *Maschinelles Lernen oder Maschinenlernen*

ÖPNV *Öffentlicher Personennahverkehr*

OSM *OpenStreetMap*

RBL *Rechnergestütztes Betriebsleitsystem*

RL *Reinforcement Learning*

VDV *Verband Deutscher Verkehrsunternehmen*

XML *Extensible Markup Language*

# Abbildungsverzeichnis

[**Abbildung 1:** Graphische Darstellung des k-Nearest-Neighbours Algorithmus 14](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181754)

[**Abbildung 2**: Graphische Darstellung des Reinforcement Learning 16](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181755)

[**Abbildung 3:** Darstellung einer klassischen und einer unscharfen Menge 18](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181756)

[**Abbildung 4:** Graphische Darstellung der Überdeckung unscharfer Mengen 19](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181757)

[**Abbildung 5**: Beispielszenario für Linienbusse im Stadtverkehr 26](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181758)

[**Abbildung 6:** Beispielszenario für Linienbusse im Regionalverkehr 27](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181759)

[**Abbildung 7:** Overpass-Abfrage für Straßendaten im Primärnetz 30](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181760)

[**Abbildung 8:** Overpass-Vorschau für Straßendatendaten im Primärnetz 31](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181761)

[**Abbildung 9:** Schema der Ableitung eines für Linienbusse geeigneten Straßennetzes aus OSM-Daten 32](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181762)

[**Abbildung 10:** Umsetzungsgrad von Smart City Projekten in Deutschlands 200 größten Städten 34](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181763)

[**Abbildung 11:** Validierung einer systemseitigen Meldung als Flussdiagramm 37](https://d.docs.live.net/aeec904eeb5479b8/Dokumente/Studium/11%20WS2223/02%20Masterarbeit/02%20Repository/Ausarbeitung_MA_Knopf.docx#_Toc120181764)

# Tabellenverzeichnis

# Einleitung

Häufig gilt der öffentliche Personenverkehr noch immer als unzuverlässig, wenig flexibel und zu kompliziert. Unvorhergesehene Ereignisse und Streckensperrungen beeinträchtigen die Fahrplanstabilität und bestätigen damit unnötigerweise das Bild des unzuverlässigen, unflexiblen öffentlichen Personenverkehrs. Auswertungen nach dem Ende des im Sommer 2022 von der Deutschen Bundesregierung initiierten 9-Euro-Tickets zeigen, dass neben dem Fahrpreis besonders auch die Angebotsqualität sowohl bezogen auf die Verfügbarkeit als auch auf die vorhandene Fahrgastinformationen erheblichen Einfluss auf die Verkehrsmittelverlagerung haben (vgl. Krämer 2022).

Durch die Marktöffnung im öffentlichen Personenverkehr sind insbesondere in Busnetzen immer häufiger mittelständische Verkehrsunternehmen mit der Betriebsdurchführung betraut. Bedingt durch den hohe und stetig wachsenden Kostendruck leisten sich kleine und mittelständische Verkehrsunternehmen selten eine Betriebsleitstelle, sodass insbesondere bei kurzfristigen Störungen nicht zeitgerecht reagiert und beispielsweise Umleitungen von zentraler Stelle angeordnet werden können. In den meisten Fällen kommt der Betrieb im Störungsfall kurzzeitig zum Erliegen. Selbst nach Ende der Störung kann es mitunter Stunden dauern, bis alle Fahrzeuge bedingt durch fehlende Wendezeiten in den Wagenumläufen die geplanten Fahrten wieder planmäßig durchführen können. Eine zeitgemäße Information der Fahrgäste unterbleibt in den meisten Fällen komplett, was wiederrum zu Frustration und Abneigung auf Seiten der Fahrgäste führt.

Im Rahmen dieser Masterarbeit soll untersucht werden, inwieweit sich Daten aus der Planung als auch aus dem Betrieb als Entscheidungsgrundlage für dispositive Maßnahmen eignen und wie ein Betriebsleitsystem unterstützt durch künstliche Intelligenz damit selbstständig in die Lage versetzt werden kann, den Betrieb auch im Störungsfall möglichst aufrecht zu erhalten.

## Motivation

Aus technischer Sicht betrachtet sind viele Lösungsansätze für Teilprobleme bereits verfügbar. Besonders in größeren Verkehrsunternehmen, die im Regelfall dann auch über eine über die gesamte Betriebszeit besetzte Betriebsleitstelle verfügen, sind Lösungen zur Unterstützung des Leitstellenpersonals im Störungsfall vielfach auch implementiert.

Bei kleineren und mittelständischen Verkehrsunternehmen ohne Betriebsleitstelle werden wertvolle Daten aus den Bordrechnern der Fahrzeuge hingegen nicht genutzt, obwohl genau diese eine gute Basis für zukünftige Entscheidungen sein könnten. Diese Entscheidungen könnten sowohl im Umfeld der Betriebslenkung als auch bei der Fahrgastinformation eine Basis zur stabilen Aufrechterhaltung des Betriebes sein. Was dies konkret bedeuten könnte, soll an einem selbst erlebten Beispiel aus dem Alltag verdeutlicht werden:

An einem Samstagvormittag möchte ich öffentliche Verkehrsmittel zu einer großen Veranstaltung nutzen. Erfreulicherweise fährt der kombinierte Stadt- und Regionalverkehr auch am Wochenende im 30-Minuten-Takt. Am Busbahnhof angekommen, sehe ich wie sich eine Busfahrerin etwas aufgeregt mit einem Kollegen unterhält. Beim Einstieg in den Bus erzählt mir die motivierte Busfahrerin, dass meine Zielhaltestelle wegen dem hohen Verkehrsaufkommen nicht mehr angefahren wird und sie mich stattdessen an einer alternativen Haltestelle absetzen wird, die zu Fuß aber dieselbe Entfernung bedeutet. Beim Ausstieg zeigt sie mir noch die Haltestelle, an der ich in den Bus zur Rückfahrt einsteigen solle.

Stunden später finde ich mich pünktlich zur Rückfahrt an der besagten Haltestelle ein, doch auch 20 Minuten nach der planmäßigen Abfahrtszeit taucht kein Bus auf. Einschlägige Informationsmedien und die lokale Fahrplanauskunft helfen mir kein Stück weiter, da sie weder Echtzeitdaten noch eine vernünftige Information über eine eventuelle Umleitung enthalten. Erst 30 Minuten später taucht ein Kleinbus auf, der dann noch einen stark von der Fahrplanauskunft abweichenden Weg zurück zum Busbahnhof fährt und mich schließlich mit einer Verspätung von rund 40 Minuten an den Busbahnhof zurückbringt.

Das hier beschriebene Problem gehört oftmals zum Alltag einer jeden Person, die den öffentlichen Personenverkehr täglich nutzt.

Was ist hier passiert? Die folgende stichpunktartige Analyse soll eine wahrscheinliche Antwort auf diese Frage liefern.

* Ausschlaggebend für die Umleitung war das starke Verkehrsaufkommen an einer Stelle im Verlauf der Buslinie.
* Eine Einhaltung des regulären Linienweges hätte dafür gesorgt, dass sich je Folgefahrt die Verspätung mit einem Delta von +10 Minuten erhöht hätte, da Wendezeiten in diesem Ausmaß im geplanten Wagenumlauf nicht enthalten sind.
* Da es keine Betriebsleitstelle, die korrigierend von zentraler Stelle eingreifen kann und auch kein Konzept für einen solchen Störfall gibt, entschied das Fahrpersonal vor Ort eigenständig, dass die Verspätung durch eigenständige Änderung des Linienweges vermieden wird. Zwar erfolgte eine Absprache und der den beiden aktuell diensthabenden Personen, ob diese aber auch an die Ablösung weitergegeben wurde, bleibt fraglich. Auch andere Fahrzeuge, die an dieser Absprache nicht beteiligt waren, wurden nicht informiert.
* Durch das eigenständige Entscheiden des Fahrpersonals kamen unterschiedliche Umleitungswege zur Anwendung, die jedoch weder einheitlich noch für Fahrgäste kommuniziert wurden. Die Folge davon war, dass die Fahrpersonale jeweils ihre eigenen, nicht einheitlichen Umleitungswege bedienten, die jedoch nicht aufeinander abgestimmt waren.
* Das Fehlen einer zentralen Anweisung sorgte letztendlich für den willkürlichen Ausfall eines Linienabschnittes oder gar einer ganzen Fahrt. Die ausbleibende Fahrgastinformation machte das Chaos perfekt.

Das Wissen über technische Möglichkeiten und das eigene Interesse, Lösungen zur Behebung dieser längst bekannten Alltagsprobleme bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel zu liefern, bilden die Motivation zu dieser Masterarbeit.

## Zielsetzung

Im Rahmen dieser Masterarbeit sollen Möglichkeiten erörtert werden, die ein Betriebsleitsystem in die Lage versetzen, selbstständig Umleitungen im Störungsfall anzuordnen. Dabei sollen möglichst Eingangsdaten verwendet werden, die ohnehin vorhanden sind oder mit wenig Aufwand erzeugt werden können. Ziel ist ein funktionaler Prototyp, welcher nach Kenntnis über eine Störung selbstständig eine möglichst optimale Umleitung der betroffenen Fahrzeuge anordnet und darüber hinaus auch für die Fahrgastinformation eingesetzt werden kann. Im Kern sollen dabei folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

* Welche Daten müssen in welcher Qualität verfügbar sein, um diese zum Training einer künstlichen Intelligenz verwenden zu können?
* Welche Strategien eignen sich für den Einsatz zur automatischen Anordnung einer Umleitung von Linienbussen in einem Betriebsleitsystem?
* Bietet ein solches auf künstliche Intelligenz gestütztes Betriebsleitsystem Potenzial für einen zeitnahen Einsatz in der Praxis?

## Vorgehensweise

Für das grundlegende Verständnis der Arbeit werden in **Kapitel 2** zunächst Grundlagen der künstlichen Intelligenz ermittelt. Darüber hinaus werden Begriffe aus dem täglichen Betrieb eines Verkehrsunternehmens definiert, die für das Verständnis der Arbeit wichtig sind.

Die folgenden **Kapitel 3** und **4** beschäftigen sich jeweils mit der Auswahl zweier zum Vergleich geeigneter ML-Algorithmen und passenden Anwendungsbeispielen dazu und der Implementierung des Funktionsprototypen.

Eine Evaluation in **Kapitel 5** basierend auf qualitativen Daten stellt die beiden ML-Algorithmen auf den Prüfstand und zeigt, ob diese überhaupt geeignet sind und welches Optimierungspotenzial sie bieten. Meinungen von Fachleuten verschiedener Verkehrsunternehmen fließen darüber hinaus als subjektive Einschätzung in die Evaluation ein und schärfen gewonnene Erkenntnisse bezogen auf die Praxistauglichkeit.

In **Kapitel 6** werden die Ergebnisse der Masterarbeit zusammengefasst und zur kritischen Diskussion gestellt.

# Grundlagen

In diesem Kapitel sollen zunächst theoretische und technische Grundlagen der künstlichen Intelligenz (KI) erörtert und zusammengefasst werden. Neben den wichtigsten Grundlagen zu KI und Machine Learning sind zum Verständnis der Arbeit darüber hinaus auch Begriffe und Abläufe aus dem Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) nötig. Im Zweiten Teil des Kapitels werden bestehende Lösungen bei verschiedenen Verkehrsunternehmen beleuchtet. Der Blick geht hierbei bewusst über den Horizont der Linienbusse hinaus, um eventuell gesammelte Erfahrungen aus verwandten Bereichen des Verkehrs und der Logistik transferieren zu können.

## Definition künstlicher Intelligenz

Der Begriff der künstlichen Intelligenz spielt in dieser Masterarbeit eine Schlüsselrolle. Sie soll als Entscheidungsträger in einem Betriebsleitsystem eingesetzt werden. Doch wann genau agiert ein System *intelligent*? Nachfolgend werden einige Definitionsansätze beleuchtet, welche diese Frage beantworten und eine Arbeitsdefinition für künstliche Intelligenz im Kontext der Betriebslenkung im öffentlichen Personenverkehr liefern sollen. Grundsätzlich problematisch hierbei ist, dass der Begriff der Intelligenz selbst nicht definiert ist. So existiert keine einheitliche Definition von Intelligenz, welche als Referenz zur Beurteilung eines Systems dienen kann (vgl. Rimscha 2008, S. 105; Mainzer 2019, S. 2).

Die wohl bekannteste und gleichwohl älteste Definition für den Begriff der künstlichen Intelligenz stammt von Turing aus den 1950er Jahren. Dem sogenannten Turing-Test zur Folge ist ein System dann als intelligent anzusehen, wenn eine beobachtende Person nicht mehr in der Lage ist zu unterscheiden, ob sie mit einer Maschine oder einer natürlichen Person interagiert (vgl. Mainzer 2019, S. 10). Diese Aussage wurde entsprechend oft auch hinterfragt. Bekannt wurde die Kritik von Ada Lovelace, die behauptete, eine Maschine könne ausschließlich de Zweck dienen, für den sie letztendlich programmiert wurde (vgl. Liggieri und Müller 2019, S. 304). Noch eindrucksvoller wird die Kritik am Beispiel des „Chinesischen Zimmers“ nach Searle (1980). Hierbei handelt es sich um ein gedankliches Experiment mit Ursprung in der Psychologie, bei dem eine Person in einem Raum steht und Fragen auf Chinesisch gestellt bekommt. Als einziges Hilfsmittel verfügt die Person über ein Regelbuch, mit dessen Hilfe sie die Fragen ebenfalls auf Chinesisch beantworten muss. Eine außenstehende Person könnte zu dem Schluss kommen, dass die Person im Raum die Sprache Chinesisch beherrscht, obwohl sie in Wahrheit nur einen fest definierten Regelsatz abarbeitet und überhaupt nicht über Kenntnisse der chinesischen Sprache verfügt (vgl. Liggieri und Müller 2019, S. 304). Diese beiden Gegenargumente zeigen deutlich, dass die fehlende äußere Unterscheidbarkeit zwischen einem Menschen und einer Maschine noch nicht zwangsläufig eine Interaktion mit einem scheinbar intelligenten Individuum von bedeuten. Im letztgenannten Beispiel wäre dann Intelligenz im Spiel, wenn die Person innerhalb des Raumes sich tatsächlich Kenntnisse der chinesischen Sprache angeeignet hätte.

Einen weiteren, deutlich konkreteren Definitionsansatz liefert Mainzer (2019). Er betrachtet Intelligenz nicht als absolute, binäre Eigenschaft, die durch ein Individuum entweder erfüllt oder nicht erfüllt sein kann, sondern relativiert den Begriff. Statt einem absoluten Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Eigenschaft Intelligenz, wird diese in Graden angegeben und bereits nicht mehr auf beliebige Individuen, sondern schon auf „[Computer]Systeme“ (Mainzer 2019, S. 3) bezogen. Demzufolge hängt der Intelligenzgrad eines Systems „vom Grad der Selbstständigkeit, vom Grad der Komplexität des Problems und dem Grad der Effizienz der Problemlösung“ (Mainzer 2019, S. 3) ab. Diese Definition eröffnet in Bezug auf ein Betriebsleitsystem neue Möglichkeiten. So können Selbstständigkeit, Komplexität des Problems und Effizienz gemessen und in alternativen Systemen miteinander verglichen werden.

Noch kürzer fasst sich Rimscha (2008) bei seiner Definition. Diese besagt sinngemäß, dass ein System dann als intelligent angesehen werden kann, wenn selbstständig Probleme lösen kann, ohne vorher von einem Menschen gesagt zu bekommen, wie genau das Problem gelöst werden soll (vgl. Rimscha 2008, S. 105). Dieser Auffassung ähnelt auch die Definition von Nahrstedt (2012). Ein System im Kontext der künstlichen Intelligenz ist demnach als sogenanntes Expertensystem anzusehen, wenn die gelieferten Lösungen „von der Qualität her von denen eines menschlichen Experten nicht zu unterscheiden sind“ (Nahrstedt 2012, S. 246).

Der Begriff des Expertensystems taucht auch in der historischen Forschung zur künstlichen Intelligenz auf. Während bereits im Barockzeitalter versucht wird, Gedankengut und erlerntes Wissen allein auf Rechnungen zurückzuführen, wächst der Wunsch nach einer Universalsprache. Diese *Lingua Universalis* soll es unabhängig vom Inhalt möglich machen, Wissen in einem mathematischen Kalkül auszudrücken (vgl. Mainzer 2019, S. 8). Die Ergebnisse dieser Forschungen waren jedoch bis Ende der 1960er Jahre kaum praktisch einsatzbar, weshalb sich in den 1970er Jahren der Begriff des Expertensystems etablierte. Hierrunter versteht sich die Abgrenzung vom „allgemeinen Problemlöser“ (Mainzer 2019, S. 11) hin zu Expertenwissen in einem in sich geschlossenen und überschaubaren Bereich. Ein Expertensystem verfügt damit über begrenztes Wissen zu einem spezifischen Sachgebiet und kann mit diesem Wissen entsprechend automatisch Schlussfolgerungen ziehen. Erst diese Eingrenzung ermöglicht erste praxistaugliche Anwendungen basierend auf künstlicher Intelligenz (vgl. Mainzer 2019, S. 12).

Die Kernaussagen dieser Definitionen lassen sich zu einer Arbeitsdefinition für den Begriff des intelligenten Betriebsleitsystems zusammenfassen, die eine Bewertung des Funktionsprototypen aus Kapitel 3 ermöglichen und damit die Überprüfbarkeit sicherstellt.

Ein intelligentes Betriebsleitsystem ist demnach ein System, dass selbstständig in der Lage ist, komplexe Probleme effizient zu lösen, ohne dabei ausschließlich vordefinierte Ergebnisse aus einer endlichen Menge auszuwählen, wobei die gelieferten Ergebnisse hinsichtlich ihrer Qualität nicht von denen eines Menschen unterscheidbar sein dürfen.

Die folgenden Stichpunkte beschreiben beispielhaft, wie ein solches intelligentes Betriebsleitsystem in der Praxis ausgeprägt sein könnte:

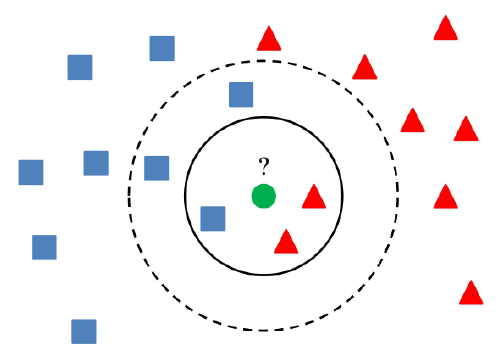
* Die Menge der Ergebnisse ist nicht von vorneherein endlich, sondern richtet sich nach messbaren, relevanten Einflussgrößen und bildet dabei auch Schnittmengen von möglichen Kombinationen von Fahrwegen (Eigenständige Lösungsfindung)
* Die Erkennung einer Störungssituation soll vom Betriebsleitsystem automatisch basierend auf bekanntem Wissen erfolgen (Selbstständigkeit)
* Die erwartete Lösung bezieht sich auf die Anordnung von Umleitungen, nicht jedoch auf weitere Dispositive Maßnahmen wie beispielsweise Kurzwenden. Umleitungen sollen hingegen von nahezu beliebigem Umfang sein können (Komplexität)
* Die Lösung soll im Optimalfall schneller als von einem Menschen, zumindest aber in angemessen kurzer Zeit geliefert werden (Effizienz)

## Überwachtes und unüberwachtes Lernen

Insgesamt wird im Machine Learning (ML) zwischen dem *überwachten Lernen* und dem *unüberwachten Lernen* unterschieden. Beim überwachten Lernen werden in *Trainingsdaten* enthaltene Eigenschaften, sogenannte *Features,* extrahiert und einem Ergebnis, dem sogenannten *Label,* zugeordnet. Um zu verhindern, dass das Modell ausschließlich mit den Trainingsdaten funktioniert, wird das Modell nach Abschluss des Trainings auf einen *Testdatensatz* angewandt. Auf diesem Weg kann die Performance ermittelt werden, welche das Modell mit unbekannten Daten erreicht. Die Überanspassung des Modells an die Trainingsdaten wird auch als *Overfitting* bezeichnet (vgl. Niebler 2018, S. 11).

Das unüberwachte Lernen verarbeitet hingegen grundsätzlich unbekannte Daten mit dem Ziel, bislang unbekannte Zusammenhänge innerhalb dieser Daten zu finden oder Inhalte nach verschiedenen Merkmalen zu ordnen. Ein nachgelagerter Test mit Testdaten erfolgt nicht. (vgl. Niebler 2018, S. 11).

Das konstruierte Beispiel der Haltestellensuche kann anhand dieser Definitionen nicht exakt eingeordnet werden. Tendenziell trifft die Beschreibung des überwachten Lernens eher zu. Die Nutzung des Systems kann dabei als fortlaufendes Training betrachtet werden. Die Trigramme der Eingabezeichenfolge werden dem jeweils von den Nutzenden tatsächlich gewählten Suchvorschlag zugeordnet. Die Kombination aus Trigrammen entspricht dabei den Features, der tatsächlich gewählte Suchvorschlag dem Label. Das typischerweise beim überwachten Lernen folgende Testing entfällt an dieser Stelle allerdings. Die verarbeiteten Daten werden direkt gespeichert und beim nächsten Suchvorgang genutzt. Eine Überanspassung ist dann möglich, wenn die Trigramme der Eingabezeichenfolge bereits aus anderen Eingaben enthalten und dadurch einem anderen Suchvorschlag zugeordnet sind als dem eigentlich gewünschten. Entsprechend könnte dem Beispiel auch der k-Nearest-Neighbours Algorithmus (KNN) zu Grunde liegen, welcher dem unüberwachten Lernen zuzuordnen ist (vgl. Niebler 2018, S. 11). Der KNN ordnet Daten dabei anhand ihrer Features in Dimensionen ein und sucht entsprechend die k Nachbarn, deren Features am nächsten am Ausgangsdatensatz liegen. Anhand dieser k Nachbarn wird dann versucht, eine Aussage über den Ausgangsdatensatz zu treffen.

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Funktionsweise des KNN anhand einem Datensatz über den eine Aussage basierend auf den nächsten k Datensätzen aus zwei verschiedenen Klassen getroffen werden soll:

**Abbildung 1:** Graphische Darstellung des k-Nearest-Neighbours Algorithmus

(Quelle: Alaliyat 2022, S. 38)

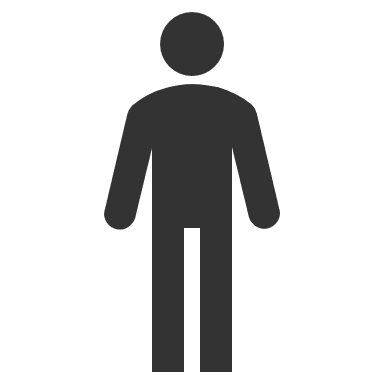
In grün dargestellt ist der Datensatz, über den eine Aussage getroffen werden soll. In rot und blau respektive als Dreieck und als Quadrat dargestellt, sind die bereits klassifizierten Datensätze. Der KNN ermittelt nun die k Datensätze, die am nächsten liegen und verwendet diese als Grundlage für eine Aussage über den neuen Datensatz (vgl. Alaliyat 2022, S. 38). Je größer k ist, desto größer ist im Regelfall auch der Suchraum. Am Beispiel der Haltestellensuche käme eine Zählung der Trigramme der Eingabezeichenfolge mit anschließendem Abgleich zwischen bereits einmal gesuchten Trigrammen und anschließender Suche mittels KNN am nächsten.

## Bestärkendes Lernen

Im vorhergehenden Kapitel wurde Machine Learning bereits in beiden verbreiteten Verfahrensarten des überwachten und unüberwachten Lernens unterteilt. In diesem Kapitel wird entkoppelt vom Beispiel der Haltestellensuche das sogenannte *bestärkende Lernen* betrachtet.

Üblicherweise wird das bestärkende Lernen auch als Reinforcement Learning (RL) bezeichnet. Im Gegensatz zum überwachten und unüberwachten Lernen benötigt RL keine Datenbasis mit entsprechenden Features und Labels (vgl. Schmitz 2017, S. 12). RL liefert als Ergebnis eine Folge von *Aktionen*, die beim Eintreten eines gewissen Falles optimalerweise durchgeführt werden sollen. Das Training eines sogenannten *Agenten* erfolgt nach einem „Trial-and-Error“ Verfahren in einer Simulation des späteren Einsatzgebietes, wobei eine virtuelle *Belohnung* zur Bewertung einer Aktion dient. Ziel des RL ist es, in einer *Umgebung* ausgehend von einem gewissen *Zustand* durch eine bestimmte Strategie bestehend aus geeigneten Aktionen ein Maximum an Belohnung zu erhalten (vgl. Chan et al. 2022, S. 47). Die Verfahrensweise von RL ähnelt dem Lernprozess bestimmter Lebewesens sehr. Ein bekanntes Beispiel dazu ist ein Baby, dass Laufen lernt (vgl. Schmitz 2017, S. 12). Schafft es das Baby, eine bestimmte Strecke zu laufen, wird es gelobt. Es kommt zu einem Erfolgserlebnis, welches in diesem Fall die positive Belohnung repräsentiert. Fällt das Baby hingegen hin, führt dies zum Scheitern und damit zu einer negativen Belohnung. Das Beispiel lässt sich ähnlich auch auf ein autonomes Fahrzeug übertragen, welches ein bestimmtes Ziel erreichen soll. Das Fahrzeug kann abbiegen oder geradeaus fahren. Erreicht das Fahrzeug das geforderte Ziel ohne einen Unfall, folgt eine positive Belohnung. Kommt es hingegen zu einem Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug, folgt daraus eine negative Belohnung (vgl. Chan et al. 2022, S. 47). Generell werden im RL eine *Policy*- und eine *Valuefunktion* definiert. Während die Policyfunktion eine Wahrscheinlichkeit angibt, mit der eine bestimmte Aktion ausgeführt wird, definiert die Valuefunktion, ob ausgehend von einem bestimmten Zustand beim Ausführen einer Aktion eine negative oder positive Belohnung zu erwarten ist (vgl. Schmitz 2017, 12 ff.).

Die folgende Grafik zeigt das Zusammenspiel zwischen Agenten und Umgebung im Reinforcement Learning:



Zustand N

Aktion

Belohnung

**Agent**

**Umgebung**

**Abbildung 2**: Graphische Darstellung des Reinforcement Learning

(in Anlehnung an Schmitz 2017, S. 12)

Ausgehend von einem bestimmten Zustand der Umgebung entscheidet sich der Agent für eine verfügbare Aktion. In Abhängigkeit der Valuefunktion erhält der Agent dafür eine positive oder negative Belohnung, welche wiederrum Einfluss darauf nehmen wird, welche Aktion beim nächsten Durchgang mit demselben Ausgangszustand gewählt wird. Je nach Dauer und Detaillierungsgrad es Trainings handelt es sich also um eine Kombination aus „Trial and Error“ und bereits erlerntem Wissen, welches der Agent für seine Entscheidungsfindung heranzieht (vgl. Lüth 2019, S. 2). Daraus folgt, dass der Agent umso sicherer in seiner Entscheidung wird, je häufiger er einen bestimmten Ausgangszustand mit darauffolgender Bewertung trainiert hat.

Üblicherweise wird die Umgebung als sogenannter Markov-Entscheidungsprozess (MEP) modelliert (vgl. Lüth 2019, S. 2; Schmitz 2017, S. 7). Der nach dem russischen Mathematiker Markov benannte MEP dient zur Modellierung eines Entscheidungsproblems, bei dem ausgehend vom einem gewissen Zustand eines Systems beim Ausführen einer Aktion mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ein bestimmter Folgezustand erreicht wird. Jeder Zustandsübergang wird darüber hinaus durch eine Kostenfunktion bewertet (vgl. Böhm 2016, 14 f.). Außer der Beschreibung der Umgebung als Simulationsmodell ist darüber hinaus kein zusätzliches, menschliches Fachwissen in aufbereiteter Form für das Training erforderlich (vgl. Schmitz 2017, S. 12). Das Simulationsmodell muss darüber hinaus kein vollständig mathematisches oder stochastisches Modell sein, was insbesondere in komplexen Umgebungen mit vielen Einflussfaktoren zum Vorteil wird (vgl. Lüth 2019, S. 3).

Durch die Anwendung des „Trial-and-Error“ Prinzips folgt, dass das Training vorab auch entfallen und stattdessen im laufenden Betrieb einer Umgebung durchgeführt werden kann. In der Praxis ist das jedoch allenfalls für unkritische, unterstützende Anwendungen möglich, bei der der Nutzen durch Einsatz von RL einen eventuellen Schaden während der Trainingsphase eliminiert. Man stelle sich jedoch im Gegenzug vor, wo die Forschung rund um das autonome Fahren nach heutigem Stand wäre, hätte man ein RL-Training für ein Fahrzeug wie im letzten Beispiel tatsächlich im öffentlichen Straßenverkehr durchgeführt.

## Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

Die Begriffe künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen oder auch Maschinenlernen genannt (ML) tauchen oft im selben Kontext auf. In den letzten Jahren werden diese Schlüsselwörter dem Anschein nach besonders häufig dann verwendet, wenn ein Projekt nach außen als besonders innovativ oder forschungsintensiv dargestellt werden soll. Stellenweise werden beide Begriffe auch als Synonym verwendet. In diesem Kapitel werden KI, ML und verwandte Begriffe aus diesem Fachgebiet voneinander abgegrenzt.

Zur Verdeutlichung der Abgrenzung zwischen KI und ML sei das folgende Beispiel konstruiert:

In einem Eingabefeld können Nutzende Haltestellennamen eingeben und aus einem Dropdown mit Vorschlägen die gewünschte Haltestelle auswählen. Dabei werden Tippfehler in gewissen Grenzen toleriert und Vorschläge auch dann angezeigt, wenn keine exakte Übereinstimmung gefunden wurde. Werden Abkürzungen verwendet, die zu keiner direkten Übereinstimmung führen, merkt das System sich, welche Haltestelle die Nutzenden nach ihrer Eingabe aus den Vorschlägen auswählen und setzt diesen Vorschlag beim nächsten Suchvorgang im Ranking nach oben.

Die nachfolgend ausgeführten Leitfragen lauten nun:

* Handelt es sich bereits um eine Form der KI?
* Kommen hierbei Ansätze aus dem ML zum Einsatz?

**Handelt es sich bereits um eine Form der KI?**

Das System ist in der Lage, kleinere Schreibfehler zu korrigieren und den Nutzenden trotzdem passende Suchvorschläge anzuzeigen. Wird so beispielsweise „Kallsruh Hbf“ statt „Karlsruhe Hbf“ eingegeben, ist das System dennoch in der Lage, die korrekte Haltestelle „Karlsruhe Hbf“ zu ermitteln. Würde einem Menschen mit entsprechendem Fachwissen dieselbe Aufgabe stellen, wäre auch dieser in der Lage trotz des offensichtlichen Fehlers passende Ergebnisse vorzuschlagen.

Eine Möglichkeit, um solche Ergebnisse zu erhalten, ist die Verwendung sogenannter *unscharfer Mengen*. Im Gegensatz zu einer klassischen Menge, welche bezogen auf das obige Beispiel eine einfache Liste aller verfügbaren Haltestellennamen im Klartext wäre, würde eine unscharfe Menge die Haltestellennamen unterteilt in Buchstabenblöcken zu jeweils drei Buchstaben enthalten. Diese Buchstabenblöcke werden auch als *Trigramme* bezeichnet. Aus dem Wort „Karlsruhe Hbf“ würden sich demnach die Trigramme

KAR ARL RLS LSR SRU RUH UHE HBF

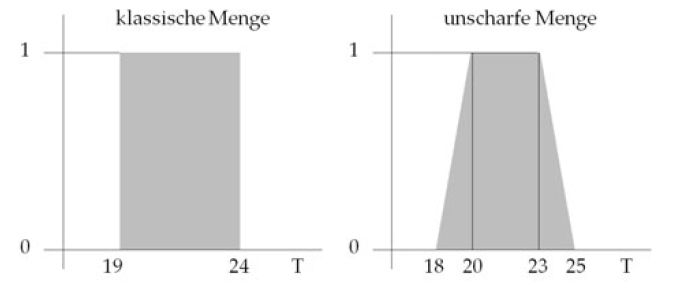
ergeben.

Der durch die Nutzenden eingegebene Text wird ebenfalls in seine Trigramme zerlegt und für jedes Element in der unscharfen Menge ermittelt, wie viele Trigramme aus der Eingabezeichenfolge im jeweiligen Element der unscharfen Menge enthalten sind. Das Ergebnis ist ein Überdeckungsgrad auf dem Intervall [0; 1].

Am Beispiel der Eingabezeichenfolge „Kallsruh Hbf“ ergäben sich die Trigramme

KAL ALL LLS **LSR** **SRU** **RUH** **HBF**

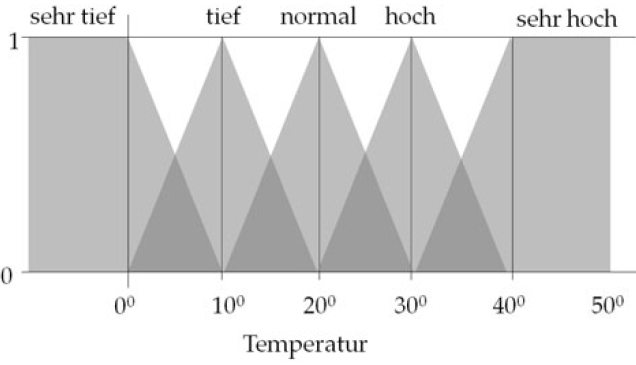
wovon die fett markierten Trigramme auch im entsprechenden Element der unscharfen Menge enthalten sind. Durch den entstehenden Überdeckungsgrad > 0 kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass mit der Eingabezeichenfolge eigentlich das korrespondierende Element der unscharfen Menge gesucht ist, wenngleich keine hundertprozentige Übereinstimmung mit der Eingabezeichenfolge vorliegt.

Die folgende Abbildung zeigt die graphische Darstellung einer klassischen und einer unscharfen Menge am Beispiel von Temperaturen im Vergleich:

**Abbildung 3:** Darstellung einer klassischen und einer unscharfen Menge

(Quelle: Nahrstedt 2012, S. 237)

Die Temperaturen werden in der Klassifikation „tief“, „normal“ und „hoch“ durch Verwendung der unscharfen Mengen nicht exakt abgegrenzt, sondern bilden das tatsächliche Empfinden verschiedener Menschen ab. So liegt eine „niedrige“ Temperatur bei einer Person schon bei 15° C, bei einer anderen Person aber erst bei 5° C. Umgekehrt empfindet eine Person eine Umgebungstemperatur von 20° C bereits als „warm“, während eine andere Person hier erst im Bereich von „angenehm“ ankommt.

Diese Überdeckung von verschiedenen Temperaturempfinden ist in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt:

**Abbildung 4:** Graphische Darstellung der Überdeckung unscharfer Mengen

(Quelle: Nahrstedt 2012, S. 238)

Dasselbe Prinzip lässt sich auf die Suche nach Haltestellennamen übertragen. Die Zerlegung der Eingabezeichenfolge und der tatsächlichen Haltestellennamen bilden mehrere unscharfe Mengen, die sich zu einem gewissen Grad überdecken können und damit eine teilweise Übereinstimmung feststellbar machen. Wäre die Suche hingegen in einer klassischen Menge durchgeführt worden, hätte dies zu keinem Ergebnis geführt, da die Eingabezeichenfolge mit keinem der Elemente exakt übereinstimmt. Dieses Verfahren wird auch als *unscharfe Suche* oder *Fuzzy-Suche* bezeichnet und ist eine bekannte KI-Anwendung (vgl. Engfer 2002, S. 3).

Die erste Bedingung, um von einer KI gemäß der zuvor festgelegten Arbeitsdefinition ausgehen zu können ist damit erfüllt. Die Qualität der Ergebnisse der KI ist im Nachhinein nicht von der Qualität der Ergebnisse eines Menschen mit entsprechendem Fachwissen zu unterscheiden. Folglich darf beim verwendeten Beispiel von einer Form der KI ausgegangen werden.

**Kommen hierbei Ansätze aus dem ML zum Einsatz?**

Grundsätzlich ist ML eine Möglichkeit, die „Programmen die Möglichkeit gibt, mit Hilfe von Daten zu lernen, ohne explizit programmiert zu werden“ (Niebler 2018, S. 10). Diese Bedingung ist im Beispiel der Haltestellensuche durch die Zuordnung von möglichen Eingaben zu tatsächlich existenten Haltestellen gegeben.

Die Haltestellensuche lässt sich mit diesen Erkenntnissen jedoch nicht exakt dem überwachten oder unüberwachten Lernen zuordnen. Das bestärkende Lernen scheidet per Definition bereits aus. Vielmehr hängt eine genaue Einordnung von der Implementierung der Haltestellensuche innerhalb eines Systems ab. Generell lässt sich jedoch festhalten, dass die Haltestellensuche aus dem Beispiel durchaus lernfähig ist, ohne dabei in die Implementierung einzugreifen. Angelehnt an die Definition von Niebler (2018) kann die Haltestellensuche zumindest klar dem Machine Learning zugeordnet werden.

## Zusammenfassender Vergleich von ML-Verfahren

In den vorangegangenen Kapiteln wurde der Begriff des Machine Learning von der künstlichen Intelligenz abgegrenzt und in überwachtes, unüberwachtes und bestärkendes Lernen aufgeteilt. In diesem Kapitel werden die drei ML-Verfahren einander gegenübergestellt und zusammenfassend miteinander verglichen.

**Überwachtes Lernen**

Das überwachte Lernen arbeitet mit einem Eingangsdatensatz, in dem bestimmte Eigenschaften ihren korrekten Werten, den sogenannten Labels, zugeordnet sind. In der Trainingsphase wird das Modell mit dem Eingangsdatensatz trainiert. Nach Abschluss des Trainings wird das Modell mit einem zweiten Datensatz geprüft. Ziel ist die Evaluation des Modells und eine Überanpassung zu vermeiden. Das überwachte Lernen eignet sich besonders für Anwendungen, über die eine Vielzahl an möglichst umfangreichen Daten vorliegen. Optimalerweise sind diese Daten bereits gelabelt. Andernfalls muss zunächst menschliches Wissen eingebracht werden, um dem Modell eine Trainingsgrundlage zu schaffen

**Unüberwachtes Lernen**

Im Gegensatz dazu enthält der Trainingsdatensatz beim unüberwachten Lernen keine Labels, die Evaluation mittels eines zweiten Datensatzes entfällt ebenso. Das unüberwachte Lernen eignet sich damit besonders, um unbekannte Zusammenhänge zwischen Daten zu finden oder Daten in bestimmte Cluster einzuordnen. Menschliches Vorwissen ist folglich nicht erforderlich.

**Bestärkendes Lernen**

Abweichend von den beiden zuvor genannten ML-Verfahren benötigt das bestärkende Lernen, auch Reinforcement Learning genannt, gar keinen Trainingsdatensatz. Stattdessen findet das Training in einer Simulation des späteren Einsatzgebietes statt, das Modell trainiert sich selbst anhand eines "Trial-and-Error" Verfahrens. Damit eignet sich das bestärkende Lernen besonders für Anwendungen mit komplexen Einflussfaktoren, ohne dass zuvor alle möglichen Rückschlüsse durch menschliches Vorwissen ausreichend trainiert wurden.

## Grundbegriffe aus dem ÖPNV-Betrieb

In diesem Unterkapitel werden der Reihe nach einige wichtige Grundbegriffe aus dem Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs definiert, welche für das spätere Verständnis der Arbeit von Nöten sind.

### Betriebstag

Generell betrachtet geht man davon aus, dass ein Tag 24 Stunden hat. Diese Sichtweise stößt dann an ihre Grenzen, wenn Fahrten abgebildet werden sollen, die über 23:59 Uhr hinaus verkehren. Im Fachjargon spricht man daher von *Betriebstagen*, die auch länger als 24 Stunden sein können. Entsprechend gibt es im betrieblichen Sinne auch Zeiten wie 25:08 Uhr. Gemeint ist damit beispielsweise der folgende Kalendertag um 01:08 Uhr morgens. Der *Betriebsschluss* gibt die Zeit an, zu der die letzte Fahrt endet. Zur Vereinheitlichung wurde der Betriebsschluss weitestgehend einheitlich auf 03:00 Uhr festgelegt. Ein Betriebstag hat demzufolge 26 Stunden und 59 Minuten.

### Linie und Linienvariante

Typischerweise sind ÖPNV-Netze in *Linien* eingeteilt. Eine Linie ist per Definition eine Streckenführung mit einem regelmäßig in beide Richtungen verkehrenden Fahrtenangebot entlang fest definierter Haltestellen (vgl. Reinhardt 2018, S. 456). Einzelne Fahrten können in Teilen von der Linienführung abweichen und beispielsweise nur einen Abschnitt der Linie bedienen. Ein typisches Beispiel hierfür sind Schnellbuslinien, die als Zu- und Abbringer zum nächstgrößeren Verkehrsknotenpunkt dienen. Die einzelnen Fahrwege aller Fahrten einer Linie werden in diversen Planungssystemen als *Linienvariante* hinterlegt. Auch im Fachjargon unter Verkehrsunternehmen hat sich dieser Begriff durchgesetzt. Entsprechend besteht eine Linie grundlegend aus einer Linienvariante für die Hin-Richtung und einer Linienvariante für die Rück-Richtung. Weitere Linienvarianten kommen für jeden abweichenden oder auch verkürzten Fahrweg respektive hinzu.

### Umlauf- und Dienstplan

Jede Fahrt innerhalb einer Linie muss mit mindestens einem Fahrzeug besetzt sein. Alle Fahrten, die ein Fahrzeug an einem Betriebstag durchführt, werden durch den sogenannten *Umlauf* zusammengefasst. Anhand eines Umlaufes können alle Fahrten ermittelt werden, die von einem bestimmten Fahrzeug planmäßig durchgeführt werden. Muss ein Umlauf bedingt durch Abweichungen im Betriebsablauf neu besetzt werden, gilt es dabei eine Vielzahl an Parametern zu beachten. Auszugsweise genannt seien hier Wendezeiten an den Endhaltestellen, eventuelle Folgefahrten- und Umläufe eines Fahrzeuges und zugewiesene Stellplätze in Betriebshöfen und Abstellanlagen (vgl. Reinhardt 2018, 496 f.). Während der Umlauf den geplanten Einsatz eines Fahrzeuges vorgibt, regelt ein *Dienst* die Abfolge von Tätigkeiten, die das Fahrpersonal über einen Betriebstag hinweg verteilt durchführt. Analog dazu gilt es einen noch größeren Umfang an Parametern bei der Planung von Diensten und eventuellen Eingriffen im Tagesverlauf zu beachten. Allen voran seien hier das Arbeitszeitgesetzt, die Lenk- und Ruhezeiten und eventuell anzuwendende Regeln aus einem Tarifvertrag genannt. In bestimmten betrieblichen Konstellationen können Dienst- und Umlaufplan gleich sein.

### Betriebsstabilität und dispositive Maßnahme

Das Ziel während einem Betriebstag ist es, den Sollfahrplan so gut wie möglich einzuhalten. Man spricht von einem entsprechend *stabilen Betrieb*. Dennoch kommt es im Verlauf des Betriebstages immer wieder zu Abweichungen, die ein Eingreifen notwendig machen. Optimalerweise erfolgt dieser Eingriff durch die Betriebsleitstelle oder eine andere befugte Person. Vielfach angewandt wird der sogenannte *Verspätungsausgleich*, bei dem eine Fahrt gegen Ende vorzeitig beendet und auf die Folgefahrt gewechselt wird. Dadurch entfällt zwar ein Teil einer der ursprünglichen Fahrt, dafür kann die Folgefahrt im Optimalfall pünktlich gestartet werden. Wird hingegen ein Streckenabschnitt kurzfristig über längere Zeit gesperrt, muss eine *Umleitung* angeordnet werden. Optimalerweise erfolgt die Umleitung so, dass ersatzweise Haltestellen bedient werden, die geographisch möglichst nahe an den planmäßigen Haltestellen einer Fahrt liegen, zur Sicherung der Betriebsstabilität können aber einzeln zu bestimmende Halte gezielt entfallen. Ziel der Umleitung ist es, eine größere Verspätung des Fahrzeuges abzufedern, was jedoch nicht immer erreicht werden kann. Solche und vergleichbare Eingriffe in den Betriebsablauf werden als *Dispositionsmaßnahmen* bezeichnet (vgl. Schranil 2013, S. 124). In Extremfällen kann es notwendig sein, mehrere dispositive Maßnahmen nacheinander anzuordnen, um die Betriebsstabilität zu gewährleisten. Zusätzlich zu den Beispielen von Umlauf- und Dienstplanung seien hier das Fahrgastaufkommen und mögliche Anschlüsse an Knotenpunkten genannt. Letztendlich hängt es von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab, welche Maßnahmen in welchem Fall geeignet sind. Im Fokus dieser Arbeit steht die automatische Suche nach Umleitungen für Linienbusse im Störungsfall, andere dispositive Maßnahmen werden daher nicht weiter betrachtet.

### Betriebsstörung

Als Arbeitsdefinition für den Begriff der Störung kann zunächst jede Veränderung eines Systems betrachtet werden, welche eine Abweichung vom Plan erforderlich macht oder unmittelbar zur Folge hat. Zu unterscheiden ist dabei in *technische* und *betriebliche* *Störung*. Während erstere eine bestimmte Funktion außer Kraft setzt, hat sie nicht zwangsläufig einen Einfluss auf den laufenden Betrieb. Letztere ist für diese Arbeit von Relevanz und beschreibt eine Störung des planmäßig geregelten Betriebsablaufs (vgl. Schranil 2013, S. 16). So handelt es sich beispielsweise beim Ausfall der Haltestellenbeleuchtung um eine technische Störung, die jedoch betrieblich keine unmittelbare Auswirkung auf den laufenden Betrieb hat. Störungen auf der Strecke machen hingegen die Umleitung einzelner Fahrten erforderlich und sind damit den betrieblichen Störungen zuzuordnen. Eine Fahrzeugstörung kann sowohl den technischen als auch den betrieblichen Störungen zugeordnet werden, da die zunächst technische Störung unmittelbare Auswirkungen auf den Betrieb hat. In dieser Arbeit wird stellvertretend für alle betrieblichen Störungen der Begriff *Betriebsstörung* festgelegt.

### Innerbetriebliche und öffentliche Information

Der *innerbetriebliche und öffentliche Informationsfluss* ist essenziell zum Aufrechterhalten der Betriebsstabilität. Bei dispositiven Maßnahmen wollen Fahrgäste erwiesenermaßen zeitnah über die Störung selbst und mögliche Alternativen informiert werden (vgl. Brezina et al. 2012, S. 11). Die innerbetriebliche Information stellt darüber hinaus einen geregelten und gleichmäßigen Betriebsablauf sicher (vgl. Scherm et al. 2001, 44 f.). Die Pünktlichkeit und damit einhergehend die Betriebsstabilität ist ähnlich hoch zu bewerten (vgl. Findl et al. 2022, S. 6). Qualifiziertes und erfahrenes Leitstellenpersonal ist in der Lage, Informationen zielgerichtet und korrekt einzubringen und trägt damit einen erheblichen Teil zu einer stabilen Betriebsabwicklung und damit nicht zuletzt auch zur wahrgenommenen Qualität des Verkehrsangebotes auf Seiten der Fahrgäste bei.

### Rechnergestütztes Betriebsleitsystem

Das *rechnergestützte Betriebsleitsystem* (RBL) ist die zentrale Steuereinheit zwischen Betriebsleitstelle und Fahrzeug im ÖPNV-Betrieb. Sie umfasst „die Steuerung der Informations- und Kommunikationsmöglichkeit zwischen Fahrzeugen und Leitstelle, die Steuerung des Fahrbetriebs und die Aktualisierung der Fahrgastinformation in den Fahrzeugen und an den Haltestellen“ (Reinhardt 2018, 520 f.). Zwischenzeitlich ist der Begriff *Intermodal Transportation Control System* (ITCS) als Synonym anstelle des RBL getreten. Zur Vereinheitlichung wird in dieser Arbeit jedoch ausschließlich letztere Bezeichnung verwendet. Über das ITCS besteht eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle zwischen Betriebsleitstelle und Fahrzeug beziehungsweise Fahrpersonal. Durch die Ortung im Fahrzeug hat die Betriebsleitstelle stets Kenntnis vom aktuellen Standort eines Fahrzeugs. Ist zudem ein Soll-Fahrplan im System hinterlegt, kann die Betriebsleitstelle auf einen Blick Fahrzeuge sehen, die vom Soll abweichen. Das betrifft sowohl Fahrzeiten als auch Fahrweg. Über eine Mobilfunkschnittstelle kann die Betriebsleitstelle dem Fahrpersonal Anweisungen erteilen und das Fahrpersonal die Betriebsleitstelle außerdem über Störungen im Betriebsablauf informieren. Ebenso können über das ITCS Fahrgäste über die Informationsbildschirme im Fahrzeug und an den Haltestelle über Abweichungen informiert werden (vgl. Reinhardt 2018, 520 f.).

### Bordrechner

Der *Bordrechner*, oftmals auch als Bord-Unit bezeichnet, ist das Gegenstück zum ITCS auf Fahrzeugebene. Der Bordrechner hält den Sollfahrplan vor, sodass selbst bei unterbrochener Mobilfunkverbindung ein autonomer Betrieb mit funktionierenden Haltestellenansagen und Fahrastinformation möglich ist und bündelt darüber hinaus alle Informationen, die im Fahrzeug zusammenlaufen (vgl. Reinhardt 2018, S. 521). Hierzu zählen unter anderem Standort, Wegzählerimpuls und Protokolle über Handlungen des Fahrpersonals. Durch den Bordrechner werden all diese Daten schließlich dem ITCS übergeben.

# Theoretische Modellierung

In diesem Kapitel werden zunächst die theoretischen Grundlagen zur Modellierung des Problems erörtert. Hierzu werden zunächst praxisnahe Beispielszenarien konstruiert, welche im Nachgang als Grundlage zur Evaluation dienen sollen. Im folgenden Unterkapitel wird ermittelt, welcher Umfang an Daten zumindest benötigt wird. Anschließend werden basierend auf der Verfügbarkeit der Daten und den ersten Erkenntnissen aus **Kapitel 2** zwei geeignet erscheinende Algorithmen aus dem Bereich des Reinforcement Learning ausgewählt. Das Kapitel schließt mit der Aufstellung eines theoretischen Modells, welches im folgenden Kapitel prototypisch für Versuchszwecke umgesetzt wird.

## Aufstellung geeigneter Beispielszenarien

Im Rahmen der Arbeit sollen die Ergebnisse zweier ML-Algorithmen miteinander verglichen werden. Hierzu ist es zunächst erforderlich, geeignete Szenarien festzulegen, welche einen praxisnahen objektiven und subjektiven Vergleich der Ergebnisse ermöglichen. Die Szenarien sollen zumindest folgende Anforderungen erfüllen:

* Es sollen sowohl städtische als auch ländliche Gebiete erfasst werden
* Stadt- und Regionalbuslinien sollen gleichermaßen inkludiert sein
* Betrachtete Buslinien sollen möglichst unterschiedliche Regelfahrwege oder Haltestellenfolgen aufweisen
* Je Szenario soll ein Störfall trainiert werden

Basierend auf diesen Maßregeln werden zwei Szenarien aus dem Raum Pforzheim und Umland ausgewählt. Betroffen sind jeweils zwei Regionalbuslinien, eine davon als Schnellbuslinie und eine Stadtbuslinie. Bedingt durch die unterschiedliche Haltepolitik der Linien ergibt sich je nach geographischem Betrachtungsraum ein unterschiedlicher Fahrweg mit entsprechend voneinander abweichenden Haltestellenfolgen.

**Stadt-Szenario**

Betrachtet werden soll der Abschnitt der Kaiser-Friedrich-Straße in der Stadt Pforzheim. Auf diesem Abschnitt verkehren die Regionalbuslinien 743 und 744, sowie die Stadtbuslinie 2 jeweils in beide Fahrtrichtungen. Alle Linien haben auf diesem Abschnitt denselben Regelfahrweg, die Regionalbuslinien bedienen im Gegensatz zur Stadtbuslinie jedoch zwei Haltestellen nur zum Ausstieg. Die Regionalbuslinien verkehren in einem 15/30min-Takt, die Stadtbuslinie verkehrt im 15min-Takt. Aufgrund eines schweren Verkehrsunfalls ist die Kaiser-Friedrich-Straße im östlichen Teil für mindestens zwei Stunden voll gesperrt, sodass die Buslinien weiträumig umgeleitet werden müssen. Die folgende Abbildung zeigt den Ein Bild, das Karte enthält.

Automatisch generierte Beschreibungbetrachteten Raum als Kartenansicht:

**Abbildung 5**: Beispielszenario für Linienbusse im Stadtverkehr

In blau markiert sind der Fahrweg der Stadtbuslinie und deren zum Einstieg bediente Haltestellen, in orange markiert entsprechend die der Regionalbuslinien. Darüber hinaus sind weitere Haltestellen im Stadtgebiet mit entsprechenden Symbolen dargestellt. Der rote Blitz markiert die Unfallstelle. Die Karte ist in vergrößerter Ansicht im Anhang zu finden.

**Land-Szenario**

Betrachtet werden soll der Abschnitt zwischen den Gemeinden Langenbrand mit Ortsteil Brückenäcker im Südwesten und Engelsbrand mit den Ortsteilen Salmbach und Grunbach im Norden. Auf diesem Abschnitt verkehren die Regionalbuslinien 743 und 744. Die Linie 743 ist eine Schnellbuslinie und bedient in der Gemeinde Engelsbrand nur den Ortsteil Salmbach und fährt dann direkt weiter in Richtung Pforzheim. Die Linie 744 beginnt im Ortsteil Salmbach, bedient dann die Ortsteile Engelsbrand und Grundbach und fährt dann in Richtung Pforzheim. Einige Fahrten der Linie 744 beginnen bereits in Kapfenhardt und verkehren ab Salmbach dann über den regulären Fahrweg der Linie 744 in Richtung Pforzheim. Die Linie 743 verkehrt im 60min-Takt, die Linie 744 im 30min-Takt jeweils in beide Fahrtrichtungen. Aufgrund eines umgestürzten Baumes ist die Landstraße zwischen den Orten Langenbrand und Salmbach in Richtung Salmbach einseitig gesperrt, sodass die Busse aus Richtung Schömberg und Kapfenhardt kommend umgeleitet werden müssen. Die Gegenrichtung ist mit vorsichtiger Ein Bild, das Karte enthält.

Automatisch generierte BeschreibungFahrweise befahrbar. Die folgende Abbildung zeigt den betrachteten Raum als Kartenansicht:

**Abbildung 6:** Beispielszenario für Linienbusse im Regionalverkehr

Zu sehen sind die Regionalbuslinien 743 in orange, die Linie 744 in grau mit den entsprechend planmäßig bedienten Haltestellen. Weitere Haltestellen sind in dieser Ansicht nicht gesondert dargestellt, da diese bedingt durch die Zoomstufe der Karte eher zu ein Überfrachtung führen würden, als zweckdienlich zu sein. Zur Orientierung sind außerdem die Fahrtrichtungen gekennzeichnet. Der rote Blitz markiert die Stelle, an der die Straße einseitig unterbrochen ist. Die Karte ist in vergrößerter Ansicht im Anhang zu finden.

## Auswahl verfügbarer Eingangsdaten

Anstatt eine vollständige Auflistung aller teils sogar frei unter OpenData-Lizenzen verfügbaren Daten anzustreben, ist es sinngemäßer zunächst nach dem gewünschten Zweck zu kategorisieren und dann dazu passende Daten auszuwählen. In diesem Unterkapitel werden zunächst die Zwecke aufgelistet und passend dazu jeweils verfügbare Datenquellen erläutert. Zudem werden notwendige Transformationen und Anpassungen an den Daten beschrieben.

### Betriebliche Daten für Fahrplan und Liniennetz

Grundlage des klassischen Linienverkehrs ist ein Fahrplan (vgl. Reinhardt 2018, S. 456). Dieser bildet darüber hinaus auch den Maßstab für die Arbeit des Leitstellenpersonals.

Ein bekanntes Format zum Austausch von Soll-Fahrplandaten wurde vom Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) mit der VDV-Schrift 452 veröffentlicht. Seitdem gilt VDV 452 als de-facto zum Datenaustausch von Fahrplandaten zwischen verschiedensten Systemen im ÖPNV und ist als Schnittstelle zwischen zahlreichen Systemen auch im produktiven Einsatz.

Ein weiteres Fahrplandatenformat ist das von der EU spezifizierte Format NeTEx. Dabei handelt es sich um XML-Dateien, die Daten gemäß der NeTEx-Spezifizierung enthalten. Bedingt durch den großen Anwendungsraum von NeTEx wurden zwischenzeitlich auch für einige Länder nationale Dialekte, sogenannte Länderprofile, erstellt. Diese Länderprofile ermöglichen wiederrum eine Abbildung von länderspezifischen Eigenschaften. Bei NeTEx handelt es sich damit um ein alternatives Format zu VDV 452, welches aber im Regelfall gesondert aus einem System exportiert beziehungsweise in ein weiteres System importiert werden muss.

Seit der Änderung des Personenbeförderungsgesetz sind unter Anderem auch Verkehrsunternehmen dazu verpflichtet, Fahrplan- und Netzdaten öffentlich zur Verfügung zu stellen (vgl. Bundesministerium für Verkehr, §3a). In den meisten Fällen werden die Daten im von Google definierten *General Transfer Feed Specification* (GTFS) Format bereitgestellt. Dabei handelt es sich um CSV-ähnliche Textdateien mit Informationen zu Fahrzeiten, Fahrten, Linien und Haltestellen, wie wiederrum in einer ZIP-Datei verteilt werden (vgl. Google 2022). Für betriebliche Anwendungen, zu denen ein ITCS nebst zugehöriger Bordrechner gehört, ist GTFS nur eingeschränkt geeignet, da wichtige Betriebsdaten wie Umläufe in der Spezifikation nicht vorgesehen sind.

Um Zwischenschritte für möglicherweise nötige Datenkonvertierungen zu sparen, wird für den Einsatz in einem produktiven ITCS das Format VDV 452 empfohlen. Für die Verwendung im Prototyp sind GTFS-Daten aber allemal zu gebrauchen. Aufgrund der einfachen Zugänglichkeit und des gut verarbeitbaren Datenformates werden GTFS-Daten als Grundlage für den Prototyp und dessen Evaluation genutzt.

### Kartendaten und Routing

An dieser Stelle muss zunächst der spätere Einsatzzweck differenziert werden. Der Fokus liegt auf der Umleitungssuche für Linienbusse im Störungsfall. Das Routing auf dem verfügbaren Straßennetz selbst ist jedoch explizit nicht Teil der Untersuchung. Aus diesem Grund können bestehende Routingframeworks für offene Daten oder alternativ kommerzielle Anbieter für Routingdienste eingebunden werden. Um mehr Kontrolle über das Routing selbst zu erlangen, bietet sich jedoch zumindest die Einbindung eines Frameworks für öffentlich verfügbare Geodaten an.

Der wohl bekannteste Anbieter für offene Geodaten im deutschsprachigen Raum dürfte OpenStreetMap (OSM) sein. Die Nutzungsbedingungen lassen fast alle Verwendungsarten, darunter auch kommerzielle, zu. Einzige Voraussetzung ist, dass die OSM-Mitwirkenden als Quelle genannt werden. Der Anbieter Geofabrik bietet darüber hinaus täglich aktualisierte, vorab zugeschnittene Datensätze für einzelne Städte, Landkreise oder Bundesländer zum Download als OSM-Datei an. Eine OSM-Datei enthält zunächst jedoch alle auf einem Kartenausschnitt enthaltenen Daten in einer XML-Struktur. Bedingt durch den damit einhergehenden Overhead können selbst Datensätze von kleinen Kartenausschnitten beachtliche Mengen an Daten enthalten, die dann weiterverarbeitet werden müssten. Die Daten in einem OSM-Datensatz sind generell unterteilt in Punkte (Nodes), Wege (Ways) und sogenannte Relationen (Relations). Eine Relation fasst bestehende Punkte und Wege zu neuen Informationen zusammen und baut damit hierarchisch auf dem OSM-Datenmodell auf.

Für das Routing werden nur Straßendaten benötigt, Daten über Häuser und POIs sind nicht notwendig. Eine nennenswerte Alternative zu den fertig verfügbaren Datensätzen der Geofabrik bietet die sogenannte Overpass-API mit dem Webinterface Overpass-Turbo. Mittels einer skriptähnlichen Beschreibungssprache können gezielt Daten selektiert und in alle gängigen Formate exportiert werden. Neben dem Eingabefeld für die Abfrage enthält Overpass-Turbo außerdem eine Vorschau, in der nach Ausführung einer Abfrage die selektierten Daten hervorgehoben werden. Somit ist auf einfachem Weg möglich zu prüfen, ob die Abfrage zum gewünschten Ergebnis führt. Die von Straßendaten lässt sich über das Attribut *highway* eingrenzen, in dem die jeweilige Straßenkategorie abgelegt ist.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die in OSM vergebenen Straßenkategorien:

|  |  |
| --- | --- |
| Attribut (highway=) | Straßenkategorie |
| motorway / motorway\_link | Autobahn |
| trunk / trunk\_link | Schnellstraße |
| primary / primary\_link | Bundesstraße |
| secondary / secondary\_link | Kreisstraße / Landstraße |
| tertiary / tertiary\_link | Vorfahrtstraße (Innerorts) |
| residential | Innerortsstraße |
| living\_street | Spielstraße |
| pedestrian | Fußgängerzone |

**Tabelle 1**: Straßenkategorien und deren Schlüssel in OSM-Daten

(Quelle: OSM-Highway 2022)

Bei dieser Tabelle handelt sich nicht um eine vollständige Auflistung aller verfügbaren Werte für das Attribut highway, sondern ausschließlich um jene Straßenkategorien, die mit Linienbussen befahren werden können. Feldwege, Behelfs- und Privatstraßen sind bewusst nicht berücksichtigt. Spielstraßen und Fußgängerzonen sind deshalb mit inbegriffen, weil diese in einigen Fällen durchaus für den Linienverkehr freigegeben sind. Beispiele sind in nahezu jeder größeren Stadt zu finden. Für Fußgängerzonen wird in OSM-Daten bei einer entsprechenden Freigabe für den Linienverkehr das Attribut *PSV* für *Public Services Vehicle* gesetzt (vgl. OSM-PSV 2022).

![Ein Bild, das Text enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQEAYABgAAD/4RD6RXhpZgAATU0AKgAAAAgABAE7AAIAAAAQAAAISodpAAQAAAABAAAIWpydAAEAAAAgAAAQ0uocAAcAAAgMAAAAPgAAAAAc6gAAAAgAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAFNlYmFzdGlhbiBLbm9wZgAABZADAAIAAAAUAAAQqJAEAAIAAAAUAAAQvJKRAAIAAAADNTMAAJKSAAIAAAADNTMAAOocAAcAAAgMAAAInAAAAAAc6gAAAAgAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAADIwMjI6MTE6MTggMjE6MTQ6NDkAMjAyMjoxMToxOCAyMToxNDo0OQAAAFMAZQBiAGEAcwB0AGkAYQBuACAASwBuAG8AcABmAAAA/+ELImh0dHA6Ly9ucy5hZG9iZS5jb20veGFwLzEuMC8APD94cGFja2V0IGJlZ2luPSfvu78nIGlkPSdXNU0wTXBDZWhpSHpyZVN6TlRjemtjOWQnPz4NCjx4OnhtcG1ldGEgeG1sbnM6eD0iYWRvYmU6bnM6bWV0YS8iPjxyZGY6UkRGIHhtbG5zOnJkZj0iaHR0cDovL3d3dy53My5vcmcvMTk5OS8wMi8yMi1yZGYtc3ludGF4LW5zIyI+PHJkZjpEZXNjcmlwdGlvbiByZGY6YWJvdXQ9InV1aWQ6ZmFmNWJkZDUtYmEzZC0xMWRhLWFkMzEtZDMzZDc1MTgyZjFiIiB4bWxuczpkYz0iaHR0cDovL3B1cmwub3JnL2RjL2VsZW1lbnRzLzEuMS8iLz48cmRmOkRlc2NyaXB0aW9uIHJkZjphYm91dD0idXVpZDpmYWY1YmRkNS1iYTNkLTExZGEtYWQzMS1kMzNkNzUxODJmMWIiIHhtbG5zOnhtcD0iaHR0cDovL25zLmFkb2JlLmNvbS94YXAvMS4wLyI+PHhtcDpDcmVhdGVEYXRlPjIwMjItMTEtMThUMjE6MTQ6NDkuNTMyPC94bXA6Q3JlYXRlRGF0ZT48L3JkZjpEZXNjcmlwdGlvbj48cmRmOkRlc2NyaXB0aW9uIHJkZjphYm91dD0idXVpZDpmYWY1YmRkNS1iYTNkLTExZGEtYWQzMS1kMzNkNzUxODJmMWIiIHhtbG5zOmRjPSJodHRwOi8vcHVybC5vcmcvZGMvZWxlbWVudHMvMS4xLyI+PGRjOmNyZWF0b3I+PHJkZjpTZXEgeG1sbnM6cmRmPSJodHRwOi8vd3d3LnczLm9yZy8xOTk5LzAyLzIyLXJkZi1zeW50YXgtbnMjIj48cmRmOmxpPlNlYmFzdGlhbiBLbm9wZjwvcmRmOmxpPjwvcmRmOlNlcT4NCgkJCTwvZGM6Y3JlYXRvcj48L3JkZjpEZXNjcmlwdGlvbj48L3JkZjpSREY+PC94OnhtcG1ldGE+DQogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIAogICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgCiAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAKICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgICAgIDw/eHBhY2tldCBlbmQ9J3cnPz7/2wBDAAcFBQYFBAcGBQYIBwcIChELCgkJChUPEAwRGBUaGRgVGBcbHichGx0lHRcYIi4iJSgpKywrGiAvMy8qMicqKyr/2wBDAQcICAoJChQLCxQqHBgcKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKioqKir/wAARCAFIAW8DASIAAhEBAxEB/8QAHwAAAQUBAQEBAQEAAAAAAAAAAAECAwQFBgcICQoL/8QAtRAAAgEDAwIEAwUFBAQAAAF9AQIDAAQRBRIhMUEGE1FhByJxFDKBkaEII0KxwRVS0fAkM2JyggkKFhcYGRolJicoKSo0NTY3ODk6Q0RFRkdISUpTVFVWV1hZWmNkZWZnaGlqc3R1dnd4eXqDhIWGh4iJipKTlJWWl5iZmqKjpKWmp6ipqrKztLW2t7i5usLDxMXGx8jJytLT1NXW19jZ2uHi4+Tl5ufo6erx8vP09fb3+Pn6/8QAHwEAAwEBAQEBAQEBAQAAAAAAAAECAwQFBgcICQoL/8QAtREAAgECBAQDBAcFBAQAAQJ3AAECAxEEBSExBhJBUQdhcRMiMoEIFEKRobHBCSMzUvAVYnLRChYkNOEl8RcYGRomJygpKjU2Nzg5OkNERUZHSElKU1RVVldYWVpjZGVmZ2hpanN0dXZ3eHl6goOEhYaHiImKkpOUlZaXmJmaoqOkpaanqKmqsrO0tba3uLm6wsPExcbHyMnK0tPU1dbX2Nna4uPk5ebn6Onq8vP09fb3+Pn6/9oADAMBAAIRAxEAPwD6OmmS3gkmmbbHGpdjjOABk1X0zU7bV7Jbuy84wt91preSEsMA5AdQSOevSk1j/kB3/wD17Sf+gmue1C5uLT4a2EtvLJBGIbQXU8X3obclBM4PbCFju/hGT2qox5pJFRjzSSOtpskiQxPLM6xxopZ3Y4CgdST2Fec3GprBY65J4c1a6vNGtRZzG8+2yXIik87M6rMzMSoiVSy5IGT/AHiKuXF1D4tk8Vwafe3F7Ziwh+zG0uZFR5NswOxkIDAkAHBIJXBzgitvYtavb/hv8zb2L3e3/Df5ndI6yxq8bK6MAVZTkEHuDTq5rwNJo0mgxHRNSa+PkxeerahJcmFtv3SHdvL7/Lx06cVXlu9KX4btPFr2ovaFW8jUDI/2lpN52gcAu2/5QmMNgDBBrNw9/lM3D3+U62orq5SztZLiVZWSMZIiiaVj9FUFj9ADXnX23UprKe31nULq01ybVLKK7tredkWCB3VR5OGOFYFsuOS24Z+UYd4M1VtO1CZ9Y1mdrQ6as0s2o3hZEZbmWJTlzhflVQT/ABEZOSSTr7BpN3NfYNJu53llq1pqGkrqVm8ktqyswIhcOQpII2Ebs5BGMZplnrVjf6fNe28knkQM6ymWF42Qr94FWAYEfSsX4ealY3/hKFLG9t7loZJRKsMquUzK5GcHjI55o07/AJF/xJ/1+Xn9axqR5ZuJjUjyzcTcsdYs9R0038DyJagFjJcQvB8uM7sSAHbjnPSraOssavGyujAFWU5BB7g1zVxp/wDanwxS1AnLtpa7Ft5njZm8rgZQgkE9uh71V8OXHhkeC2eHXS1qIIheSvrMpNsxUDBdpMwnPGAV9KagnG41BONzpdK1Wy1vTItQ0ubz7WbOyTYy5wxU8EA9QauV5xY6ymqfD7TYrHXJJ5jqcNtcTW96XmVHuCuGfJYEp3Jzjmsa21LW7HS742eo3t1I2nRSyPc3bt5aC8eJ3Bw2zEK8sFJ+Xcdzdd/q7bdn1sb/AFdtuz62PYKK80tdRvY9B1Waz1izl0wTWokew1qTUpbOIyYuH811DKPL5HJ24ZhT7jU1gsdck8OatdXmjWos5jefbZLkRSedmdVmZmJURKpZckDJ/vEVP1d3tf8ArT/Mn6u72v8A1p/mejSSJDE8szrHGilndjgKB1JPYUI6yxq8bK6MAVZTkEHuDXC3F1D4tk8Vwafe3F7Ziwh+zG0uZFR5NswOxkIDAkAHBIJXBzgitfwNJo0mgxHRNSa+PkxeerahJcmFtv3SHdvL7/Lx06cVEqfLG73IlT5Y3e50tVo9SsZtPa/ivLeSzVWZrlZVMYC53HdnGBg59MGsfT20O48Eo1xqT3+kEEvd6lKR5gEhyJGYLkbhtwRgjg5B5xfC2v6DbfD26uLy8tJraxubmWdFdZNga6kaPKju3BX14xWJyynyys+x2Ntqlhe2LXtnfW1xarndPFMrIMdfmBxxTbbVtPvrGS80+8hvbePO57R/O5AyQNmcn2HPNefXV0uoeEtY1W0msb6a4vra8vbC2ullSCBGQbJCm7qkeXIBzhgMgVueEzLdeKtW1BNRh1KCe3gWS5tIwlu0yl/lTBbJCFcksxycZAAARnGq3JL+up0um6paavatPYtIyLI0bCWF4mVh1BVwCD+FXKwvC3+r1b/sKXH/AKFU3heeyuPD0DaZqNzqVurOoubtiZWIc5DZAPByOR0ApnQa9FFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQBFcwLdWktvISElRkYr1AIxxVfSNOOk6bHZ/bLi8SIBY3uAgZVAAC/IqjAx3GfertFABRRRQAUUUUAFFFFADZUaSF0SRomZSBIgG5D6jIIyPcEVm2GhRWOlXVk11cXP2t5Hmmm2B2Z/vH5VCj8q1KKAKWkacdJ02Oz+2XF4kQCxvcBAyqAAF+RVGBjuM+9XaKKACiiigAooooAKKKKACiiigApsqNJC6JI0TMpAkQDch9RkEZHuCKdRQBmadocVhptxZtdXVx9pkeWWZ5AkhZ+pDRhdvtjGKt2FhbaZYxWdjEIYIhhUBJ75JJPJJJJJPJJJPJqxRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRVXU70abpF5fFd4toHmKjvtUnH6VV8OWhtdDgeV/NurpRcXMpOfMlcAsfYdgOgAAHSgDUooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAbJGksTRyKGRwVZT0IPUVR0SxuNM01bG4lWaO2Pl20gzuMIA2B8/xAcE98Z4zgaFFABRWZr2pTaVZW9xCIyrXtvBL5gPCSyrGSMHrlxWL/wAJqlwLy4tWihs7ewSffcxtuWRpZIwCqkk/6s4UDLHAB5rSNOUldGkacpK6Otorhrbxhq7abrr+VFczaQsNzvbTrizMsLZMi+TKdwcKj4bJBJXjg5131WbVLbX/ACvKOnW8HlQyKDulfyiznOcbQGUDjqG59HKlKO/9bf5jlSlHf+tv8zoqK5zS/D+nXfw9i0qOBLS2v7BVn+yosZJeMBm6Y3e5Bqh4k0WHRfC+qSadueS8vrWcpNJhd4khQAEDIGEHr1P0rCTa1HSpxqNRvZt2/I7KisDTr7WJ7zVNLu57H7baxxSRXEds4jAkDcMhkycFDyGGcjgVlaZqg8PfClL63gtofs4dQoLiJCZipc7mZtoJ3EbieoBpcxXsHsnrdL7ztKK861DWtT1bw9rGbzS9Ttra6sltbmxieKKZzNGzAvvkHBIBxnH14Gy3iHVrC5ubXUWsZpLe6sleWGF418u4k8vGC7HcD3zgg9BS9oi3hZpb6/8ADf5nWUVyv/CZJOLu4tjFDaQWKT77hG3K7SyRgFVJJ/1ZwoGWOADzVO38W6s2n623lxXE2lLDcbm0+e082E5Lr5Uh3BgqPhskEkccHL54iWFq9v6dv80dtRXPsR4sg1vTZWA0mSIWiTQ/6x2ZMyMGORgB1A46hutMvDpvgPR9V1g+Y8Ms0c0yPcQxAMRHEMPKyIBwp+ZuTnHJAp3vsZSgor3nr2+46OiuR0jxFpXxK0HVrC3WSGBovs8zR31pOwEikZBgllCng/ex7A81Nf2zeFLOebQ9rXGqajArC6yyIz7IcgLg4AUHGeuefQbaCEFPS+v9dTqKK8+sfHGtMrR3sNg1xcRwC18pHVEkkuWt8uSxyuQHwMHHy5J+atLUdS11LPXNMlvLJb61sBeRXkFq6qY2Eg27PNJVwYzhtxHI44NT7RNaGzwk4u0mv6t/mdfRXLR6lrGl+E7a5vbi0vrq5NtBbFbd4lRpWVA0hMjFsFsnG3OMdTUV/wCI9Y0a31iC8Fle3tjaxXcEkMTQxyLI7JsZS7FSCjc7sEEccGnzpbkrDyk7Raetvy/zOuormJ9U8RaVh9Wi094GuLRBPArKo86by3jwWJJXKEPgA7vujBpn/CZJOLu4tjFDaQWKT77hG3K7SyRgFVJJ/wBWcKBljgA80c66i+rzavHVeR1VFcTb+LdWbT9bby4ribSlhuNzafPaebCcl18qQ7gwVHw2SCSOODnWYjxZBremysBpMkQtEmh/1jsyZkYMcjADqBx1DdaFNPYcsPKD97b/AIb/ADOgorM0/wAP2OnDUFjVpY9Qk8yeObDKf3ax7cY6EIODnqfpWPoMkGheHNemtrdI4LG8u5EgiUKoC87QBwOlUjCSSejOrorH0KEad4diuLlnmuLhRc3UqK0jSSuBuIAycdAAOigDoKl0pYrHQ4p2QF5EWSZ4V8xpHPVvlyWOT1GalztKw1G8bmnRXIa3B9n+Hokgjha5lltZHYOMSyGeM5ZxnOT35/GqviHUdU/s7UtL1H7HcXMH2G5ikgRoUYPc7djAlyMGM/MOoboMcuEnKKbFJKMmkdzRXJ3HiLVtMuLvT75bO4vQLQ20sMbxxg3ErRAOpZj8rKTkEbgcYBqc6nrkMmp6fJJp01/a20d5DMImihkRiwKMpclTmNvm3EfMDj5SDRJ0tFYHhzV38UWV1eTQQrp0jiOC3kXMmAPn8zkjknhcdADzu4taMkcmlvYzJ5iQu8RV13Iyb2CgHowAAGATjGDg1Dk1JR7lqN43NWisnSY4p9Hl064QyxxmSB1YEo0e5gFDdCNvBAPHQ4NR+F55Wsbqznd5Tp13JaJK5yzouChJ7kKygk8kgmiEuaKkKceWTRtUVV0z+0P7Oi/tn7N9t58z7Ju8vqcY3c9MfjmrVWSFFFFABRRRQAUUUUAFFFFAFTVNLs9a02bT9SiM1tMBvQOyE4II5UgjkA5BqnL4W0aUagHshjUTGbnbIy7jH9wrg/IVIyCuOeevNWNX1M6Vb283k+ast3DbN8+3Z5kgQN055YcVnHxbayvctZCOa2gsRd/aHmEScu6YYsAFA8tiWJ6A8GtYqpb3djWKqW93YeNBXRLa7m8NWUM2oXQVZX1C9mPm7c7S7sHZsBsfTAyABh+l+HY9G8Fx6DZOpEVq0KuRtDMwOWxzgFiTjnFY1p8QFuNL1e6W2srk6SYpJ207URcwmF/vOJNgO5FVyVKj7o5542LjWHul12C2jKRWEG0XSyctKYy5UDHG1Shznq3bFVNVEmpf1/Vypqok1L+v6uWtAgvrTRLa11OK3jmt41iH2eZpVYKoG7JRSCcHjH41avbG31G1NveR+ZEWVyu4jlWDKcj0IBrF0/S5brwCtra6hd29zfWQP2yS4kmkjkeMfOCzZGDzgED0xVLXre/0Lw3qdzHqN5dvNe20kKByrxrvhQxqS2MNhj2HznPc1zSdugUoczVpWd/8v6+R0E+j2dxJdSMsscl4iJNJDcSROQhJXDKwK43HpjOeaxtQ8IRxeGZdM8PvJDumimCXN5M4OyQOQrsWaIkj7yjIPI5FXLDWdSu5NQs5tNtodRs1jdYReM0Tq4O3Mnl5U5VgQFPQcnNZ+kaydL+HMWpTi5uXiDLtuLrzXZzKUAaUqvy5I+bbwvbipfKzWKrw2fVaX+7qP0jw1df6Wutlvsk3leXY/wBpT3gV43L+Z5soDAk7RtAx8mecmta+8P6ZqSXi3tsZBfJGlxiR1LiMkpyCMYJJyMGuZ1jxHq76ZrEE9jHZ3GnT2YBsb4ytL5kqHaCyR4ypxye/PHJ018UXcM0tvqWmRQXENzaxOsN0ZFCXD7EbcUXkNkFcfQnNJOGxcoYh++nr5P8Aw26+hoSeGNHlF+HsxjUDGbja7Lkx/cK4PyEEZBXHPPXmoRoa6Nb3c3hyzimv7oKsr395KfN252l3IdmwGx9MDIAGGHxVbSvcNZiOa3hshd/aHm8pOXdMEsAFA2MSxPQHg1m2vjxbjTNVult7O5OlGKSdtP1AXEJhb7ziTYPmUK5KlR90c88NuBMYYlrq1pdN+lr6+hveHtGh8PeH7PSrZtyWse3dt27j1Jx2ySTitKsS6nn15Nb0mxleyEUIgTUI3JZJXTcdoGPuhkOQ3Vu2KWJG8N2uo3uoXt9qEEkyyJHHby3EkK7UTaqIGZhuBbgcbiT0Jql2WxhNN3lN+89fv1/U2qgu7G3v0jS7j8xYpUmQbiMOjblPHoRWT/aEXivRNRtNJm1LTZWiMS3Nxp1xavEzAgMglVC2OvynjjkVBcyXnha1ubjzptXe+voY7eCaUp5O8JGF3HPG4FjgfxHgnqN23CnDm+F6/wBdS5/wimi+TJEbIFJYPs7AyP8Ac3mTg54IdiwYcg4weBVjT9D0/TI7hbaF3Nzjz5LiZ53lAGAGeQsxAHQE4GT61zVj8QJbiOT7Vo/kTNFEbWJLreZneYwbSdoCjzF68/LzgH5auX3iHWI9P1e3/s+0ttVsrUXKBbxniaJgwDq5iyWDI3ylcdOeeIUobo3lSxN+WT/H08/Q04PDGlwaTNpixTyWcyhDFNdyyhAPu7CzEpjjG3GCAR0FEXhjSYrK6tfIklS8INw89xJLJLj7oMjMWwOwzgc+pqlBr2p2nhmK+1extzcTeRHbx210X8+SQhV3ExqE+ZhnG7Aye2KjufFl1plpqn9raWiXmnwx3IgtbkypNE7FQVdkU7tysCCvpzzw7wFyYhtpO+vfrp5+hu6nplprGmy2GoxGW2mA3oHZScEEcqQRyAeDVSTwxo8ovw9mMagYzcbXZcmP7hXB+QgjIK455681R/4STUraTZqmhm1zNbIrpceYm2eQxgFtgG9WxlRkfMMMc1KfFVtK9w1mI5reGyF39oebyk5d0wSwAUDYxLE9AeDTvF7kqFeKtHbyenT/AIH9IeNDXRre7m8OWcU1/dBVle/vJT5u3O0u5Ds2A2PpgZAAxZ8PaND4e8P2elWzbktY9u7bt3HqTjtkknFYNr48W40zVbpbezuTpRiknbT9QFxCYW+84k2D5lCuSpUfdHPPHQWWpm91a/tYoR5Fn5aGffnfIy7ioGOylDnP8XTilFxvoOrGuotT+evpb7r/AIl6UyCFzAqvKFOxXbapPYEgHA98H6Vk6Dplza6fex6tHb+ZeXUszxQyGRArn7u4qpP5CtO5t0u7aSCVpFSQYJilaNh9GUgj6g1h+FprxvBVvJEftd0vmqn2u4b58SMAGkIZug64Jq762MFC8ObzS+//AIY0dEsbjTNNWxuJVmjtj5dtIM7jCANgfP8AEBwT3xnjOBJpVvcWliltcCPEI2I0bE71HQkEDB9ufrXPaZrUmk/Dm31Jobq+lRxGY5rsSyuzT+XjzCqg4zxkDgAcdai1rxDfDQNYiv4o9LvLD7PIz212ZEEbuOd5VCPuuCMdO/NZuUbqXl/X5G6w9RtwW17fjb9Tcj0ZbrQv7J1aNXgXaqmGZ1ZgpBVsjBU5APB7daP+EY0o6fcWTQzPHcsrzPJdStK5UgrmUtv4IGOeKqxXd14s0G/+wF9NtLuFksNQWQ+a4II80IANozgr82SOcLV3T9ImtBqCXWo3F3HeSbkDOytAvlqhVWDZHKlsjGC3rzVQ0SS2Mpxs25Oz7CJ4b0tLC5szbvLHd489p55JZHx0JkZi+R2Ofl6jFMHhbSBZXFq9vLLHdMrXBmuZZHm29Fd2Ysy9tpOME8cmqOg3Y03QtYmuZriaCwu7nBmmeVxGnONzEk8Duav6K8ttoKXusXWJrkC4nMr4SEuB+7XPRV4UeuMnkmrbtqzHctDT4ba7ur6zhH2u5VfMzKyrIVGASOQDjA3YzgAdhSWFtPY6SsQEck43MRvIXczFsZxnHPXH4VHpzC00dLrUZnjeRRJM1zIQEY9sMcKOcYGKxtZlu7DwMbxXu/tkktvI4EpD7mmTKDJAXIJGOBzg1inzST62+42a5YteZuWdrc2OjeTH5T3QV3UMxCb2JbBOM4ycZxnHao9N0ubTNGa3huEa9kLyyXEkZKtM5LM2wMDtyeFzwABnjNc/rniDUV0rULW4szZahamznVbS68zzI5JwuA5CYbKOpB45HJBOLz+Krmza6ttT0xYr+IW5gggufMWbz3McY3lV2nep3cEAcgnpWsYqKSXQyk3Jts0PDehxeHNBg0yCVpRGWZnIwCzMWbA52rknAycDuTknUrnxr2pp9vtptIibUrOJLhbaC7LrPExIyjlFO/KONpUc7eecifRtZTxLb3M1vA6aaSEt7kSMjT8fOQMAqAflznJIPTAyxGzRWZpT/adNa0uZneeFmilHmFZFG4hSSMMCVAOe/Wk00/a9Jlsri4k8+PfDKRIVlQZIVs9QSuCG79ayjUUref8AVjSVNq/kalFZPhy+nu7GeC9fzLqwuHtJZSMebtwVcjpllKk44yTirmmXF3dadFNqVl9guWzvt/NEuzkgfMODkYP41qZlqiiigAooooAoa3pEOu6RLp9xLNAkjI4lgYB42Rw6spIIyGUHpWXJ4G0totTjSS5iTUPJyEdcQeUxdPLyD/GWYhtwJY54OK2NR1KLTI4JJ0kZZriO3BQA7Wdgqk89MkfnVZtftDdy29ssl28dsLkG2AcOC5QKMHrlT7DuRWsXUS93Y1i6iXu7FA6KdEh1K9SPUfEV5fxpFPFNJApkChgOD5aKMNggfXBJJLtH8Py6N4DGkb/tF39ldZJNxPmSsDn5m5PJwCewFH/CY20VrfS32nX9lLp7xC5gmWNnRJCAsuUdlKD5icNkBG46Zt3Wsqx1e2tFkE+n24d5sDYHZCwUc5JAAJyMYZetOXPy2f8AX9XHLn5bP+v6uP8ADn2lfD9nDe2U1lNbwpC0czRsSVUDcCjMMfjn2qxqmmw6tYG0uWdYzJHJmMgHKOrjqD3UVl2cWr3Hgbda6o82q3Vn5kFzdJGBFIyAjhEA2g88qT9aqavd63oWg6ne3l8suLy3+zGGEMyQloldSoXkkmT1PIx6Dnk7bjpU3Jrlet9PwNmXRlN5fXdteXNrc3scUbSxbCYxGWIKhlYZO4g5B/CsDU/Cl1a+CbjSNPubrVFeaN/KuvI3BBKHcJhFRiecCTKk8HjIrYsvEBvUvVXSr6K7swrNZyeUJHVhlSp8zbzg9WB4OcVU0fXTb+BotW1W4uLt1Db3a3SOWRvMKqmxGKg5wowcHrmpfKzWLrQ17Nafl/V/1M7QPDVybG8067guLHSWeGWGGWO0jmEqSb2bFsvl7DtQc5bhunFbWp+F7TVP7QMs9zE98sAZ4WUGMwuXRkyDg7jnnPQVk6r4wnGl6kYdO1DTLrT5bUS+ekUhKySoCFEbvuypPQfTkVpw+K4GZ47qwvrOZLiCBoZljLDzjiN/lcjaTkdcjByKS5NjSf1hv2i09Plr+RG/grTGi1KNHuIk1DychHXEHlMXTZkf3yWIbcCWOeDig6OdGh1G8SPUPEF3fRpFNFLJCpkChgODsRRhsHH1wSSTebXrU3UtvbrJdPHbC4BtwHDgsUAGD1yp9h3NU/8AhLreK1vZL3T76zksHiFxBKsZZEkICy5R2UoPmJw2QFbjpl+6jNSry0eu36fPt+BZ8L6M2geG7TT5ZPOnjTM0u4tvc8k5PJ9ATzgCruoabY6vYSWOq2dvfWkuPMt7mJZI3wQRlWBBwQD9RVC/vrm/j1fTNCfyNStrcCO5lAMSSupKjuSR8pPy4ww602K7n0K11G+8V6vZxWKzKYbiZ1hSGMqi4diAATJuxkn7w57VSstEYzUpXnN6vX7/APhyzpHh7RfD6yroOj2GmLMQZRZWqQhyOmdoGcZPX1qbUdNh1OKCOdnUQ3EdwuwgZZGDAHI6ZHNZv9u2fiXRNRXwVr2m3l6kRWOa3uUnSCRgdhfbuxyO4PQ8Gorq61zQ9H1i+uwNUaMmS0jhCKY0ES535KDAcOTgk4PHoBvuFODdnFq40eB9MEbKJrrcYBEjh1DRFZmmWRTt+8rtkZyOBkHnN6y8PQW/217y5udSnvoxDPPdFdzRgEBAEVVCjcx4AOWJOarQ+KDF4Xk1nWNMvLGKGFJHDeW5kBAyUCO3HPQ4PtSL4wtVS4+1WF/aSQCBzFPGgd0mk8tHADHA3A5DYYYORU+4jZ/WJXW+v+X/AAPwJI/DCf2G+lXWp393CBH5EkpiElsYyCjIyoMlSqnLbuRznnLf+ETtpbW+jvr68vZ79UjmupmQSbEOVRQqBVAJY8LyWOc1LqXiiy0tr8XEVy32BYGl8qPeWEzlF2gHJII5GM+melZ+peKJn0PUWt7W60y/s2g3RXSxswWRwA3ys6kEbh1zweBQ+RBFYiW2l2v0/wCB+Bt61pMWt6TLYXEs0KSMjCWBgHRkcOrKSCMhlB6VmP4K0xotSjR7iJNQ8nIR1xB5TF02ZH98liG3Aljng4qVtVuNe0nU18NFopVjaOz1GVV8iSXBG5OpZVbqduD23VZ0+11ZBqCanfrIJZP9EkhRQ0KeWoPBXGd+887uo+lPST2ITqU425rW6fd/XyKJ0c6NDqN4keoeILu+jSKaKWSFTIFDAcHYijDYOPrgkkk0exuPCfhOys0s7nVrlABP9mkj3M5yWYtK6ZAPHXOMcejtB1GaLSdSl1a9e5Wwu50M8qoreWnc7FUdParugzXl3pMd7qDASXf79IQoHkIwBWPPcgdT3JOMDAD5V0JdaTVnr/wNF93kRxXd9q0M1u+n6nobbQVuXa1cg56KA8gz9Vx+NR6Z4dk0rRpNOtta1AqxzHM6wF4csWO391tOST94H2xVzSJJrjTYrq4maRrhRKFKgBAeQowOn1yax9T1W9sfBf8AawuZDNI8EnyxBtiPKgKqoXJ+ViB1NRGSlbzQ5SlFNKySf4/MntfCUNvoTaTLqV9dWxlSVDN5QaMrIJMArGvBYc5z7Yqze+HLS/lv5JpJ1N8kCS7WHAiYsuOPUnOc/hWVq/it49HvWitrzTr20e2dop4kdzFJMF3KELg5AcY+8COg4q8PFlqkV19tsryzuLYRH7LMiGSUSsVj2bWYHcwK4JBBHOOtXyoj21S97/1p/ki7p2jQaVdXUllLMkFy5kNqSDFG55ZkGMruPJGcZycAk5vSu0cLukbSsqkiNCNzn0GSBk+5ArF/4SiNLa+e40y/guLFFlmtGWNpfKbOJF2uVZflfgEn5CMZxmzp+sW+ufbE015fJgKoL2PYY5GK5PlnnO3IySMZOOcHD2WhDk5O8inoOnzS6TqUWrWT2y393O5glZGby37HYzDp71d0GG8tNJjstQUGS0/cJMGB89FACyY7EjqOxBxkYJfpss17pA82YrOC8TSxhc5ViucEEZ4z0xTdPluL7RCHuNlz+8hM6KpKsrFd2OmeM46VEailbzVxyg438nYfo0c1vpkVrcQNE1uojySpDgcbhg9Prg1RGjtqPhgaRfCez8ry1EsTISTGwZWXO4Yyo4YfhVnQdSk1LT3+1BBd2sz21yE+6ZEOCwHYMMMAeQGFWdMv/wC09Oiu/stzaeZn9zdx+XIuCRyvbpn6EURpqNtdtBym3fzMuXwpBc2V3Fdahez3N0Yt965j81RG+9FUBAgAbJxt5yc5zTz4Wtpra6W9u7u7urny83srIJY/LbdHs2qFXa3zD5epOc5rborQzMM+Font7xbjU9QnnvVSOe6Z0WRolziIbUCqvzN90A/MTnPNWrTSYNImu7jT0lEdxtY2UWwRhwMbkBxtJAGeccZxnJOlRQBQ02Kay0dRLCzTZeQxKV3ZZy2Mk4zz64punxXFjoZ3QGS4HmS+QrLlmZmYLnOM84znGe9aNFZxpqNrdFYuU3K/m7mTpNhd6Zo8xZYZtRuJJLmVTIVjMrnOwNtJ2jhQcZwM4p3hvTrzStBgtNTvZL66Us0ksjl8bmLbQx5YLnaCeuOg6DUorQgKKKKACiiigDM8Q6TJreiSWVvdfY5jJFNFP5e/y3jkWRTtyM8oOM1hN4BQWOr2lvqLRwX0UMMCNDuEEaOzlG+Yb1dnfcPl+VtvvXUXl9bWCxNdyeWJpkgQ7Scuxwo46ZPFR3OrWVpcSw3E2ySKETuNjHCElQeBySRgAcn0rWM6kVaJrGdSKtE5a18L2XhbT9anv4Y7m31SFIZrLR9IaNMAOpCxRl2+YPySTznkAgC9omj3um+AZLfUS0+qXFs8l03DM8pTGDjgkAKvHHy1ei8W6NLaz3BuJYVtpo4ZkuLWWGSNpCAm5HUMFJYYYjHXng4s3erwRjUIbdw93Y2/nuhRtq5DFcnpztPAOcfUVU5VGnzL+v6/QqcqjT5l/X9foReGLgT+G7FfKuInhgjikS4t3hYMqDPDgEj3HFTa1pn9saW1n53k7pYpN+3d9yRXxjI67cfjVG3u9cl8FvfRC0vNVltfPtoo4TFGWKAqhDSHv33D8Krahrmr6PoupX+qwWcCW93AkDk/I0LGJXdvm4ILSdcfdHGOvNJrqFKEm04PW+n4Gi2k3MWp6lqFhdxR3F5FDGnnQGRI/LLckB1LZD+oxjvXOapoOqaf8PbjSpZk1MGaMj7JaPGyRmYPISokZnwCeEKsRwCDyOktfEWnXtrc3Fs1y4tcebGbOYSjIyCIyu9gR0IBB5x0qDR9dEnhCLWNZuLZQFd5ZbeORIwAxAAVwHzwBgjOeB2qWos2hKtDVrZrprdbdOxzuh6Rc6lZajYOHW2klt5xqM1ncwyyyJIGKMtxI0jAKiANnA3YA4NbmreF5NRk1KWC/wDs014LQxP5O/yXt5DIrY3Ddk4446VBqPjexTSb6405pFlsJYFuBfWc0CxLJIoJPmKv8LE/kelaVt4n0m6QtHPKmJ44Cs1tJE29/ufKyg4bs2MH1pJQ2LnLEX50mte3p5ehkN4EUWWrWsGoMkN7FDDCjRbhCiOzlG+Yb1dnfcPl+Vse9RWvhmy8M6frM19FHc2+pwpDNZ6TpTImAHUhY4yzfMG5JJ5zyBgDprjVbO1nlhuJtkkUIncbGOEJKjoOSSMADk+lU4vFWkS2s85uJYlt5Y4ZkntpYnjaQgJuR1DBSWHzYx154OHywRCrYiSs7tO19PS2tvJDfCWmXWleHLePU3MmoyjzbuRiCWkIA5I4JChV44+WtHULCHU7CS0uXuEikxua2uZLeQYIPEkbKw6diMjjoaqalqc32bU7bQ0S51e1tvNjgkUhC7BvLBbgclem4ED0yKfpUuqyy3o1e3hhVJgLVojnzI/LUknk87y47dBx3NKy0RhNSm3Ul/Xou2ugaRodpoiyrZy38glILfbdRnuyMehldtvXtjNW7u2jvbGe1mz5c8bRvtODhhg4/OodWkvodGvJNHhSe/SFjbRSHCvJj5QeRwT7j61ly63qOk6Xq19rtkPLtXzaraRvIZU8pTlgu4j594yQAAMn1I2luKFOUtY7/iH/AAj+oXHhaXRtS1O3mBjSKKeGzMZVVxywMjBicdto9q0Nc0v+2dGnsVm+zu+1o5dm7Y6sGUlcjI3KOMjNVrTxTp9xob6rcfaLO3ijV5murWWIJkdi6jcPccUQeLNGuIJpo7tgkJi3b4JEJEjbY2UMoLKx4DDKn1pe7Y1ar817PR9uun/AKLeE7u6/tCTUdWSa4vmtSzRWvlpH5EpcBV3k4IwOWJzk5xhRPqvhVNVbVvNuVCalFbxsjQ7goiZmOefm3bsY7e9X73xBpemi7N9drAtmsTXDOrYjEjFUJOMYJB+nfFZ174rgbQby90nc01q8SvFd20sLLvZQCUcK2CCcHpx7Gk1BFRliJNNeXTTpbp5IvaNo8mima3gu9+nZzbWrpzbeqK+eU9Fx8vTOMAaUsiwwvK4YqiliEQsxA9AMkn2HNVrTVbO+u7q3tJGle0fZMyxtsVu6h8bSR3AJI74qa5W4e2kWzkjinI+R5YzIqn3UMpP5irVktDnnzOXv7nP6DaDUtC1iG5huIYL+7ucCaF4nMb8Z2sARwe4q/oqS3OgpZaxa5mtgLecSplJigH7xc9Vbhh6ZweQaZomsy3XhWLU9SXdJh/NFpA7Z2uV+VBuY9Ogyai0zxHGvg6HWteu7WJD/AK2eGORIlzJsHDgMOwORwc9qXMmtSvYzTdujt8y5pii70aO21CF5HjURzLcxk72Hf5h8wyM55qlLYT634TGnNNJbXcZi3S3ELP8APG6tnkjeCV6g9+tMvfFcDaDeXuk7mmtXiV4ru2lhZd7KASjhWwQTg9OPY1bu9Ze5sdWj8OKt5qVjGyojowiabBwm84UnPBAbI74rOKSa12X3/wBWNJQm07q1393/AANSjdeFru/tr2S81KFtRuhAonjtSsUaQyeYqiPeSfmLZJfv2xTpvC896t1cahqKPqcvk+VcQW/lxw+S5kjxGWYkb2YtluQSOK0NPk1mYaguoRW9syybbORRvVl8tTuYbsnDlhj5eB+NRaDqdzdafeyatJb+ZZ3UsLywxmNCqH720sxH5mtVqc8o8rsV/wCwNTc3tzNrCLqN3HHb/aILTYsEKknCIXYhiXY7ix5xxxirOlaQnh1blLWZv7M4eGzEbO0Bx8205JKk87cZyW55wJ9EvrjU9NW+uIlhjuT5ltGM7hCQNhfP8RHJHbOOcZMml3E95YpczmPEw3xoikbFPQEknJ9+PpSctbAlpcg0pfs+mNdXMTieVmklbyyZGG47QQBuJCkADt0pNMH2TSZL24gkM775ZMRkyuAWKgjqSFwAO3SqWoa7c6f4UbWZWtlDSRModSFjjeRVO47uSFYnPA9qbqPjCzj0O6vtPlAe0kgEy3cLw7EkkVd5Vwp24LEN04PXBrKnFWi10X9M0nJ3kn3/AKRZ0S2urDSLq7ubZ3vLyaS8e1jZdylvux5JC7goVSc4yDzipvDaavHoMA8RTLLfkszkKoKgsSqnb8u4KQDjjI6nqWw+J9JmtLq5Fy0aWgUzCeCSJ1DfdIRlDEN0UgHceBk0i+KNKNjdXbTTRR2ZUXAmtZY3iB6MyMoYL/tYxweeDjcxNeiqceowXs95aWE6m4tdqyExMyIzLuAzwGOMEgHIyM4yKSxuZ73Sll/dxXB3ISVLKGVipOMg4yOmfxqXKzsUo3Vy7RVGzubm90bzUEUd2VdBuUlBIpK5xnOMjOM5x3pNG1L+1dOEzxeTOjtDcQ5z5cqEqyg9xkcHuMHvTjJSSaFJOLsy/RVXTNTtNY06K/02XzraXOx9pXOCQeCAeoNWqYgooooAKKKKACiiigDJ8T6deapoTwaW0KXkc8FxAZyQm6KVJAGIBIB244Heuej8HaxZ2urxWGoRI0tvBbWMvmOkgjWR5JAzAZQsZGUMu4qArdRiuzmuIbfZ58scXmOETewG5j0UZ6k+lNkvLaGR0luIY3jj851ZwCqf3iOy8HnpWsakoxsjWNSUY8qOIi0GHRdP8Q3Hi69trHT9Uto4D5mpTXLQ4EgI86bDMTuBXAGDwBxltHRLS9i8B3d7rS41XULZ7i7ym0hvL2qMHkYRVGD0Oa3bbXtHvbM3dnqtjcWwlEJniuUZPMJACbgcbiWXjryPWpLrUYLeO6CyRyXFrB57wCQbguDgkdQDtIBx2PpVTqSaaaKnUk001/X9foUvCl9aX3hXT3sbqG5WO3jjdoZA4Vwgypx0I9Kl8Q6bNq2jNaWzIshmhkzISBhJUc9Aeymq8etaifCEusSaUklyLY3EFlaztKZRs3KufLBDHpgKfxqKXxJdW1hf3N3pMkH2W7ht4w8hAmWQxjeDt6AyEcZ5Q8jtzSa2YqUJ3Uod/wDIn+wX9rrWq6lZpbTtdQW8cMUszRglC+7cwRsDDjGAenauY1S01PSfhlPY6tHbQMlxFsmtLlnChrgMXZmjHlhc/fwwGN2Djaexh13SLixmvYNVspbS3JWa4S4QxxkdQzA4HUdfWo9G1gaj4di1W8SC0RkaR9l0k0aKCfm8xflIwM57fhUtJ6Jm0KlSHvSjs166bL7vL9DjtHjl8Q2mq2kNxBfXUktpPJqcV8tzDJskB8rekUaqyqmdoX+MEnmtzWfDuo3dzql1p8lss0/2GS181mAD28pkIfAOAeBxnvVq58YaT/Zst1pN9Zao0MkKPHbXSOVEkioCducfez74rQtdb0q9h82y1OzuI/NEO+K4Vx5h6JkH73PTrSSjazZc6lVPnUbL/hv8kczH4R1azttWisb+NWlght7KXzGRxGsjySBmAyhYyMoZckAA9eKii0OHR9P1+48WXlvZWGp28cB36jNcGLAkBHmzYZidwIwBg8AcZPZyXdtFI6S3ESPHH5rqzgFU/vH0HHXpVa213SbyzN3Z6pZT2wlEJmiuEZPMJACbgcbiWXjryPWnyRJWIqtO63te3y/yKHg+0vItBS81hcapf4nu8rtIbaFUYPIwqqMHoc1c8Q6Hb+JNBuNKvW2w3G3cfIhmxtYMPkmR0PK91PqMHBDtV1UWOn38lnF9uvbS2M4sYn/eScHaMAEjcVIBwehpNK1G6v5b1LvTpLL7NMI4y5JEymNW3DgcZYrxnlT9KpWWhhNTm3UaM7wl4LsPB0V0mnSbxdFS/wDoVpb425x/x7wxg9f4s+2Oa2tQtBf6bc2ZfYLiF4iwGdu4EZ/Wo9WvJtO0a8vLW0kvZreFpI7aPO6ZgMhRgE5PToarWGsSTfbm1SzOmR206QpJO+FmDIhDAkAfefZxnkevFNtbExhK3OjOl0jWNR8FzaNqENhDP5McMbw3DyJJtxksDGCvTp83XrV/xFop1TSrlLJIEvpBEUlkXG7ypBIiMwGduc+uNxIFWbTW9Kv7N7ux1OzubaNtjzQ3COitxwWBwDyPzFJHrukS21zcxarZPBanbcSrcIVhPo5zhfxqbRsa89VSulazv89P8jn5/Dutai2qXF8bCGa+ayKRQyu6xCCYuwLlRuJHIO0cnGONxsa14ZutTk1vy5YlTUIrWOP94ylfKdmbJAyOG4I7+laOl6/Dd+HINW1JrWwSUEn/AExJY1+YgYlHynIGePp2qxba3pV6sxs9Ts7gQRrJKYrhG8tGG4M2DwCOQT1FLli0W6taLem36W/yRk6aIvBlg1pq2oafbaPG+yxnuJhE4ByfKfOFYjBw2csOoyCTei8Q2GqQzJ4b1DTNUu41DCFL5cYzjLFA5Ue+01Ztda0u+snvLHUrO5tY22PPDOrorccFgcA8jj3FJDrmk3EcklvqllKkUohkZLhGCSE4CEg8MSQAOuaa00TIleTcpRd/63Vv1Mzw/Z65pPhtrSe0097qFmMIS9fZJucsdzGLK4z2DZx2qlaeH9ZfwadHvo7GGaO5jljeG5eRWUTiVs5jUg4GB1z7VvarqosdPv5LOL7de2lsZxYxP+8k4O0YAJG4qQDg9DTNP1K+vRqCyaY1rJayeXAJpCFuMxq27dt4GWK5Ab7p+lKy2K9pUs6llvf5/f5/iZeteGbrU5Nb8uWJU1CK1jj/AHjKV8p2ZskDI4bgjv6Ve8O6Vd6FBJppaCTTYD/oTgkSqhOdjjGDjs+cnuM5Jm0PVZtUs7iS8to7WW3uJLeRI5jIuUOMhiq8fgKl0jUv7XsftiQmO3kcm2dmyZo/4ZMdg3JA9MHjOBXKr3M3XnKHI9v+Al+SLksscELzTyLHFGpZ3c4VQOSST0FctoMcGu+HNehtrhJIL68u40niYMpDcbgRwetdDp93JfWouHiWKOT5osPuLJ2JGBg+3P1qhc67JbaEdUe0UxtLEsSCXlkeRUDH5eD82cc/WkpxdrdTJwavfoLoUw1Hw7Fb3KvDcW6i2uokZo2jlQDcARg46EEdVIPQ1JpLxX+hQwtLl40WOZYX8to2HVfkxt6dBio7vxLYJo8uoaZcW+pRxTxwN9nnVgrO6rgkZwRvzirltrGmXtpNdWeo2lxbwEiWaKdWSPAydxBwMDnmhwvK41K0bGNcW82ueC0s7CS2a8iMG5Hby1R45FYo21Tt+6R938Kg1Dw/q+pxaheTrZRX9wtrHFbpO7RKkMxl+aQoDklm6Jxx161uw67pFzYteW+qWUtqsgiadLhGQOcYUsDjPzDj3HrU5u45JJ7e0lgmu4FUvAZQCm7O3djJUHBxx2oinGKT6Ck+aTaOdu/Dup6nJd6jdG0t9Qb7L9ngjkaSEfZ5TKodyqk7mYgkL8owRkipW0vXZptR1B106G+u7eOzih8x5Yoo1LkuxKAu2ZG+XaBwBnkmtq0vHvdMW5hhUSsCPLd8AMCQRuAPGQecfhSW19Jd6T9qt4AZ9jYhZ8AuuRt3Y6ZGM498UKcXa3XUHCSvfoZvh/Rz4WtrmzEsI0mM+ZBLI2JEyPnD8AEZ5DZzg4xwCbOjNFFpT30ziNZneRmZtsYXe2GA+6MjByOvU5PNWtL1GLVdOju4FZA2VeNx80TqSrI3urAg+4qa2ure9t1uLOeK4hfO2SJwytg4OCOOoxQ4tyUuw1K0bGdpEkNvo8uo3DiONzJNI5bCBAzEMB0A285A56nJ5qv4eVrTSb7U7qGWL7bcy3vlCJmkVDgJlAN24oqkqBnJI61vUUQjyRURTlzSbMvw3d6pfaDBc65bR2t5IWJjjVl+TcdhKsSVJXBIPI74PA1KKKskKKKKACiiigAooooAxfFtpeXWgZ0u2+1XlvdW9zFDuVd/lzI5UFiAMqrDJ9a5z+xfE0MOssUF3dJa29tZzyOjmcCV5JHAc4DKHCrvAG5Bniu5muIbfZ58scXmOETewG5j0UZ6k+lNkvLaGR0luIY3jj851ZwCqf3iOy8HnpW0KkoxskbQqSjGyRw+n+G9QvY/E5143VvFqVtCsNzfvbGaNoxJ87CABAUbaw68Y56hb2g/aL3wTf67qMQivdXtjO6A5CIItqKD6YG76ua2Jb3w14i0hmnudJ1TTvOWJi8kc0PmkjavORuyy4HXketXL2+to7e8jZoZ5be3MstsXG7YQ2MjsDtYZI7H0qp1JNNNf1/Vip1JNNNf1/ViLw//AMizpf8A15xf+gCq/izTZNX8NzWMMC3BkmgLRPjDIJkZs54I2g8d6qaZcPpngibUbDw9aWz+QbqHTtNbImygYDiNfmPThT261JL4kurawv7m70mSD7Ldw28YeQgTLIYxvB29AZCOM8oeR25ZNWsxUY1OZTh0f+Q6O2u9N17WL+KwluIJbe2WCK3aMNIy7wwAZlAwGXqRx0zXNXgvrX4Xy2GoafPYXP2mKOITGKTzWe5BUKEkIPUDDFQTwSBkjtIdd0i4sZr2DVbKW0tyVmuEuEMcZHUMwOB1HX1qtYX9vr3hNb3WLazjtZ43aaJp47iEICeS4+RhgZ9B+FQ0non3N4VJxalKOzj66LT+rfocn9jutZttc0+/s5G1i6ksri5tpYYo4mgEoUEBZZB0jfO58nHTGK09a0XUjeardadYiYhtOmtYg6L5rQTFnUZICnbgZOOvtViDW/DGkaPPJ4U/smdEmi82302SJQDJIse5tmfXuOcYrbtdb0q9h82y1OzuI/NEO+K4Vx5h6JkH73PTrSUYvS/9alzq1YvmUdPT/D06bL5HJ/2N4khh1digurlLaC3tJ5HRzOBK8kjAOcblDhV3gDcgzxRYeHb+8j8SnXDdQRajbQrDc3z25mRkD/OwhAQFTtYdeMc9QO0ku7aKR0luIkeOPzXVnAKp/ePoOOvSs6W88OeINKLT3Gl6np/nLES7xzReaSNq85G7LLgdeR60+RdyViKjT93e2qWvTb7ip4M8+80c65qEYjvNW2zugOQiBQqKD6YG76ua0PEOm3GsaDcWNnd/Y5pdu2fMw2YYE8wyxPyBjh1685GQXarqosdPv5LOL7de2lsZxYxP+8k4O0YAJG4qQDg9DSaVqN1fy3qXenSWX2aYRxlySJlMatuHA4yxXjPKn6VastDnqKU26lrL+v8AgGd4S8OX/h6K6XUdV/tEzFSh33bbMZz/AMfFzMec/wAO3pznjCePlV/BlyskH2lWmtw0OAfMHnx/L82Bz054rX1a8m07Rry8tbSS9mt4Wkjto87pmAyFGATk9Ohqnb6it/FfJrmnLZW9tcxxobogpNlUZWG4AffbaOvzL68USs1YKKlGSqJaJ/5GBqWh6hrNlr0/9ltZ/b7S3tIrGWSPewjZyzNsYoMh9o+bov0FdM9jbaW0t/p+mPLcfZ47cQ2pVS0aE7FUMyoMb27jjjsBT7TW9Kv7N7ux1OzubaNtjzQ3COitxwWBwDyPzFJHrukS21zcxarZPBanbcSrcIVhPo5zhfxpJRRc6lWXutaLpr5K34I5ey0rU7rwnYadd6PNby2upwzSJPJCweMXHmEja7dB2OD6ZqhaeGtd021uTYWEaSNp4iVcxN8/2uSQ4UnaXCNuUt8u7GT1rsNL1+G78OQatqTWtgkoJP8ApiSxr8xAxKPlOQM8fTtVi21vSr1ZjZ6nZ3AgjWSUxXCN5aMNwZsHgEcgnqKnki7amzxFaLkuVWvd7tX+84r/AIR3Wr7T/E32y2upW1OC3jhF9JbebJsLBg3kgIOvHJ4I5zkDqNV8N6ZdaZfoscdm09ktt5y/KsKR7mjIH3RsZiRx2HoKvWutaXfWT3ljqVnc2sbbHnhnV0VuOCwOAeRx7iqtxeeHNcsZYru40vUbWOZYpUkeOVFlJwqkHIDZIAB5yaajFIiVarKWqtZ9F6L9EVPBnn3mjnXNQjEd5q22d0ByEQKFRQfTA3fVzXRVGtzA109ss0ZnjUO8QYblU5AJHUA4OD7Go75JJdPnjit4LpnQr5Nw+2OTPBVjtbgj2NWlZHNUk5zva1/6Rz2mWsl9oPiO0gfy5bi8vIkf+6zcA/rWloU66h4Xs/s0jWrrCsUioF3QSJ8roQQQCpBUgjtUHh2+06HwlHfi0stEtBvaWONlSGIhipO7CjGR1IFT6JqkF1oEerXMVpYfan3SeXcxyozFtinzV+ViQFH5DtSumN05xvdbO3zJtLBuPDtoInNsTCoBhwdmB0G7d9Oc1karZy6t8PI7a1sluWZbcm1QjDqsiFl+dsdFP3jVqTX9ItdDutU0J7G/jSZRKbOZCrOzKDuZc8/MDzU95qFpplnqraRbw3l/aRG4lsLUgSyMVJUMFBILY4JBz71lFctn2X9fkaSjJ3Vt3/V/vRz+raLf6tbatdjRmiFzFZwJp0jwl5VhmLsThjGMq5ABbovbOKffaLqOpyX2ox6abTK2Spp00ke64FvM0pDFGKDcG2qCSOBnANdDp+pX16NQWTTGtZLWTy4BNIQtxmNW3btvAyxXIDfdP0o0PVZtUs7iS8to7WW3uJLeRI5jIuUOMhiq8fgK2TuYSi4uzMWa01K8l1m/bQSBfWkVklhczR5mIL5kkKsVC4kxwS2FPHQVd8K6Vd6Gt3YXatcDzBKupMwLXWVAw4LFgy42+m0LznIrS0jUv7XsftiQmO3kcm2dmyZo/wCGTHYNyQPTB4zgLZzf2pYGS5toxbzDKIzb96HoWBGAT6c/Wk5JO3UErq5DoQLWLzbmCyzSFYv4U+dunfnqck89MDik0Q40+S4aQrG8sjCMkbIwHbJBPPPU5J9sDiq1zqiW3hg3b6dC1ozxRRW+8YaN5FQEjbgcNnbz6ZovNc0lfDk02nGy1OzjkjtXhglRoxvdUKnGRwHzt9PrWVOOkWtkjSpLWS7sj8NTRQ6VqOqzyrBZXd5NdxySNtQQ8APk9FYLvz6NmrHhK9TUPDNtcw6WmlROX8u2jxs27zh1wBlWHzA4Gd2eepuWur6Zd2ctzZahaT21vkSywzKyR4GTkg4GBzzTYdd0i5sWvLfVLKW1WQRNOlwjIHOMKWBxn5hx7j1rcxL9FVzdxyST29pLBNdwKpeAygFN2du7GSoODjjtTLS8e90xbmGFRKwI8t3wAwJBG4A8ZB5x+FS5JOxXK2rluiqdtfSXek/areAGfY2IWfALrkbd2OmRjOPfFLpeoxarp0d3ArIGyrxuPmidSVZG91YEH3FOLUldCaadmW6Kitrq3vbdbizniuIXztkicMrYODgjjqMVLTEFFFFABRRRQBi+LbS8utAzpdt9qvLe6t7mKHcq7/LmRyoLEAZVWGT61zn9i+JoYdZYoLu6S1t7aznkdHM4ErySOA5wGUOFXeANyDPFd7RWsarjHlsaxquMeWxwOn+G9QvY/E5143VvFqVtCsNzfvbGaNoxJ87CABAUbaw68Y56hb2g/aL3wTf67qMQivdXtjO6A5CIItqKD6YG76ua6e/06x1W1Ntqdnb3tuSCYriJZEJHQ4IIp95JFDYzy3CeZEkbM6YB3KByMHrxTlVclb+v6/yHKq5K39f1/kVPD/8AyLOl/wDXnF/6AKr+LNNk1fw3NYwwLcGSaAtE+MMgmRmzngjaDx3qtYalpmkeDbjV7bRJNKsIYmuzbRxQq0i7A24LGxXJHqQeOcVMPFlkbW+nMF0q2N1FayqyKCXk8vaRz0/ernOOh/Hnk1sx0o1E1Ugtn/l/wBsdtd6br2sX8VhLcQS29ssEVu0YaRl3hgAzKBgMvUjjpmuavBfWvwvlsNQ0+ewuftMUcQmMUnms9yCoUJIQeoGGKgngkDJHodZ9pLb+INED3mmyxwXIZXtNQgAbAJGGQ5HOM/QipcenqaU67TUmtE4/hscX9jutZttc0+/s5G1i6ksri5tpYYo4mgEoUEBZZB0jfO58nHTGK09a0XUjeardadYiYhtOmtYg6L5rQTFnUZICnbgZOOvtW26aT4S0l5bLTobS2M0YaKygSPc7uqA4GB3GT6CtakoLZ/1uXLEyT5orT/Ll/wAkcL/Y3iSGHV2KC6uUtoLe0nkdHM4ErySMA5xuUOFXeANyDPFFh4dv7yPxKdcN1BFqNtCsNzfPbmZGQP8AOwhAQFTtYdeMc9QO6qvfafZanam21KzgvICQTFcRLIpI6HBGKfs0SsXLZpK9tUtdLbfcYvgzz7zRzrmoRiO81bbO6A5CIFCooPpgbvq5rQ8Q6bcaxoNxY2d39jml27Z8zDZhgTzDLE/IGOHXrzkZBm1bUodG0a81K6WR4bSFppFjALFVGTjJAzx61FpWtQavLex28U0bWUwhkEqgZYxq/GCeMOPTvVKy0MZqVRuolp+Xl8tDO8JeHL/w9FdLqOq/2iZipQ77ttmM5/4+LmY85/h29Oc8YTx8qv4MuVkg+0q01uGhwD5g8+P5fmwOenPFa+ralDo2jXmpXSyPDaQtNIsYBYqoycZIGePWq1hqdl4g+3W5tXK2c6RSpcxrgvsSVSBk9NynnuPxolZrlHS5oSVW2if5WOd1LQ9Q1my16f8AstrP7faW9pFYyyR72EbOWZtjFBkPtHzdF+grpnsbbS2lv9P0x5bj7PHbiG1KqWjQnYqhmVBje3cccdgK0aKFFIJV5SVnt8/L/I4iy0rU7rwnYadd6PNby2upwzSJPJCweMXHmEja7dB2OD6ZqhaeGtd021uTYWEaSNp4iVcxN8/2uSQ4UnaXCNuUt8u7GT1r0aip9mjZYyavorN36/5nnn/CO61faf4m+2W11K2pwW8cIvpLbzZNhYMG8kBB145PBHOcgdRqvhvTLrTL9Fjjs2nsltvOX5VhSPc0ZA+6NjMSOOw9BW3WXOdM1u8vNGv7GO7W1SKWRLmFXjbfu24BzyNh7elHIkS8RUm77Ja6fJfoij4M8+80c65qEYjvNW2zugOQiBQqKD6YG76ua3LueS2tXlhtZbt1HEMJQO/PYuyr78kVHqGl6fq1usGq2NtfQq29Y7mFZFDYIzhgRnBPPvUOnaBo+kSvJpOk2NjI67Xe2tkjLD0JUDIqkmlYznKE25v7unpe5leGH1HTfCvk3mh3qXFuzEQCSAtNukZvlIl28A87iPbNZkOk6lffDx9GvNGmhmW4jLRXEkLLKn2kSNja7DAXOQcZ7ZrrNW1KHRtGvNSulkeG0haaRYwCxVRk4yQM8etQafrsOpjUBa21wZLCTynjZVVnYxrIAuWxyHA5I59uanlW1zVVamtRRW9+u6+fn+Jh67oOo3kmviziKreQ2awMjoCWjdi5APAIGOo5960fC1heaPbz6Zd225YpDImoBwftm453SDO7zf7xxg8EH+EX9H1ZNYtZZVtp7VoZngkin2blZTg/dZh+RqTTtSh1SGSa1DmFZWjWRlwsu3gsvqucgHvjIyMEvlSdzOWIlKHI9v8AgJfoW65bTLWS+0HxHaQP5ctxeXkSP/dZuAf1ret54tVs5N9sxtpQUAmVSsyHjOMn5SOxA+lZ8F9pmi6Cbiy037HYCZFjS3hRBJvcIHVQehLA84OO1NTi7W6mLi1e/Qk0KddQ8L2f2aRrV1hWKRUC7oJE+V0IIIBUgqQR2qbSwbjw7aCJzbEwqAYcHZgdBu3fTnNPv7u10WzlvXhwrzRiTyUG53dljBPTPVefQVahtoLcubeGOIyNufYgXcfU46mk43lcalaNjm9Vs5dW+Hkdta2S3LMtuTaoRh1WRCy/O2Oin7xqhq2i3+rW2rXY0ZohcxWcCadI8JeVYZi7E4YxjKuQAW6L2ziuzhtoLcubeGOIyNufYgXcfU46mnSu0cTMsbSkDIRCMt7DJA/WiCcYpPoKTUpNo42+0XUdTkvtRj002mVslTTppI91wLeZpSGKMUG4NtUEkcDOAanmtNSvJdZv20EgX1pFZJYXM0eZiC+ZJCrFQuJMcEthTx0FdJBerdaet3bxSOGUkRcBsjgrycZBBHXFJFfpPpZvYIpZBsZhCoG8kZymCcbsjHXGe9NSi9gcWtzJ8K6Vd6Gt3YXatcDzBKupMwLXWVAw4LFgy42+m0LznIq7oQLWLzbmCyzSFYv4U+dunfnqck89MDirNtcWmsaZHPFtntbhMgOvUehU9D2IPIPBqY20Btvsxhj8jbt8rYNuPTHTFS4tyUuw1JKLRn6IcafJcNIVjeWRhGSNkYDtkgnnnqck+2BxVLw1NFDpWo6rPKsFld3k13HJI21BDwA+T0Vgu/Po2a3DbQG1NqYIzblPLMJQbCuMbcdMY4xUoAAAAwB0ApwjyxURTlzSbMbwlepqHhm2uYdLTSonL+XbR42bd5w64AyrD5gcDO7PPU7NFFWSFFFFABRRRQBg+MllGgJc21tNdS2d5bXIigQu7KkyF9qjknZu4rmZDrxXXLjUNNlu7y2sYLQfuG8ufdK7OyhMGRVRk3KpyxDL1r0SitoVeWNrG0KvLG1jzPQ/D1zfWfiaxgtUsYJ0t59PeLTJNPgFwm4iRYXYlSHSPceCdo4wQTtaLIdX8Nat4mnhaGXVbY+XG+N0UKRkKv4sXb/gddRqWm2+rWL2l553kv8AeENxJCxHpuRgce2cGlmhtLfSpIZI0iso4SjRouFWMLjAA6AD0pzrcyfn/X6IqdbnT8/6/RFfw/8A8izpf/XnF/6AKp+M7SS/8LzW0McsrST2+Vh3b8CdCSCvIwATkdMZpNJvtF0zwrJfWcl5FpVshlL3i3BZUCg5US/OV24xjj0q2viPSnt7mdbrMdrOlvM3lv8ALI+zaOnOfMTkcc+xrmlZqzJpKcZKcVezMW10rT9H1DXrd9J26LJDbN9nhsmljlc71ciNVO88JuwCehNYwuPJ+EU1nDbXNpJFIsPk3FrNbgq9xgIAVBZSrYIQMcHABJAr0aspG0jxfoCSoftdhO26NxvjYMjcMp4ZSGXgjB44qHHovM6IYh3UpptXi38l+b16nBW2l2VzpWupYaZFYXt3PZM+n2NrNA8UKyqN4LxxuQdrnKqANp5zk1qajo/9jTaq2kaTIlpbT6deRQWlucSMsp84oFHzPsHOOema6eKy0nwzBNeEzL5rRxyXFxNLcSNltqLucs23c3Azgbie5Na9JU9Nd/8Ahy54t3vG/L5+XL/l+JwEh1wrrVxf6dJdXdvZQWo/ctsn3SuzsoTBkVUZMqp+bDL1qvomgXF7Z+JLKC2WygmS3msGi02SwhFwm4iRYXYkEOke48E7Rxggn0equo6db6rZPaXnneS/3hDO8LH23IQce2eafsyVjHZq1r228rdPl+JjeEJDq1vP4kmhaGXVAnlxvjdFCgwq/ixdv+B1o+IYdUuNBuItBm8jUG2+VJ5yxY+YZ+ZopQPlz1jb8OosXVzZaJpEtxPttrGyhLNsQ7Y41HZVHQAdAKbYatZao1wtjN5ptZBFN8jLtYqGxyBn5WB49ataaHNUvNuaWn5f1oZPhKz8S2cV0PFV59qZivkH7XHPtHOfuWsGO3UN+He/4kgiuvDd9b3EtzDHNEY2e1haaQZ44RQS3uMHjNW7++t9M064vr6Tyra2jaWV9pO1QMk4HJ49KjsNWstUa4Wxm802sgim+Rl2sVDY5Az8rA8etN22JgpL30tEcQtpfyeCdYtdG0q2sgJomWSz0qSy+1R7kMo+zsQ+dgZfvfPnAIPRLTS7uLw3rv8AYu7E6xYsbPSJ9LC4P7wxrI333TjK45Ve9eiUVn7NHV9clZpLrf8ALfTy6WOMu7TTX8J3MfhfR5bS3FxC15bQ6bJaPcQh1MqhWRS5MYYYGSeV6msy60pLmx1hPD+k3VjpE7WKrbx2slqXmWcGWRI8Ky4TYC+Bnbx93NejUU3BMmOKcNu99X6f5HB3+iyaYNdtdF017bTm+wyNBZQlBKgkP2gRhR8zGNcEDk8DqRVeCAWcfie40Dw1JbWk0FqsEH2F4Fn+Zw7+UoV2AByUwGYDGPmGfRKgjvrea+ns45M3FuqPKm0/KHztOehztPT0pciuUsVLld1fa/ytv934nm1rpd7/AGH4qt7SxkgtriO3a2Sz0yWxR3ywdkhZiyt8qgngnaDjGCeovPA+nppmoxaMn2SW5gj8tQf3azxMXjmPcvuK7mJJIUV1FVdR0631Wye0vPO8l/vCGd4WPtuQg49s801TSQpYucpXvZX/AMvTsY3hCQ6tbz+JJoWhl1QJ5cb43RQoMKv4sXb/AIHXR0yKKOCFIYI1iijUKiIuFUDgAAdBUV9JFFp87XAnMWwh/s6u0mDx8oT5s/7vNWlZHNUl7Sd0vT9DntNjuZfD/iSOxO26e8vFhIPRz939cVp6EyzeEdNOlskSfZIhFvQsEAUDBUEcjGMZGDS+HI9LXRkl0MzNa3DtLvnaVnZicMW83585Hen6DNpd5ppv9CIa1vJXm3KrKGfOGO1sYyVOeBk5Pckmj0J5ZR1a2F0ze/h20+xlYWMCbDKPMxwOuNuf0rF1uH7V8N447eC4dStsfLg3PLtEqFiNgDEgAnKgH0rdc2OhWMs8jNDbBwWyzuFLMAABzgZPQcUkrWHh/S7q7ldoLSBWnlJZ3CKBkkLzgewH4VjGLja/RamsnzXsnq9P6+ZxN9pcbaZrL6Jpd3aaVKLIC3itZYZJJUn3SyLEAHB2FAWABO3vjNSy6Z+41SXQNMubXRpBaCW0W2eB7gJKxuCsRAYloiqngF9uOeDXZWutWF9HePaStMLJtk4SJyytsD4AxljtYHjPXHWnabqlpq9q09i0jIsjRsJYXiZWHUFXAIP4VvuYtOLszj/sNibfW/sOg3aaNPBCkVlFZtbtLdAtmSOMqDGQDEPMIAyoOflzWt4Ss7qwuNRi1mOSXVndHnv9h8u6TbhNrYAAXldvUHLfxZrftb23vfO+yyiUQStDIVBwHX7wz3weDjoQR1BpsU9vqMEghaQx5KF1Dx591bjI9wfxpNpaAk9yroW42TsCPIaaTy0I+ZP3jZyehyeRwMdOetGhbjZOwI8hppPLQj5k/eNnJ6HJ5HAx056037bpdto7Ykkiso3EO9RIMlmCjaw5OWI+YE9c5qa8Gn6borRXRMNlgQnaWz85CDkfNkluvXnOe9YU4P3XfZf18jacviXdlDwoM22pyxnNtNqdw8Hpt3YYj2Lhznvmn+D59MuPC9u2h2s1nZK8qJDPncpWRg3JJz8wPc/0rU+w2n9niwNtCbMReT9nKAx7MY27emMcYqSGGK2t44LeNIoYlCRxooVUUDAAA6ADtXQYD6KbLIIomkcMQoyQilj+AHJqJLyGWyF3EzSQsu4FELEj/dAzn2xmlzJOw7Nq5PRVcX1u2nm+Vy1uIzJuVSTtAyflAzn2xntUkE8V1bx3FtIssMqB45EOVdSMgg9wRQmmroGmnZklFFFMQUUUUAYPjK+Ol6Amo+fJBHaXltJMyMR+685Fkz6jYzEj2rmZPFF8V1y61BZoZNOsYIp7aCUxrHLJK/O452Dy/LZnxlVbPavRKK2hUjGNmrm0KkYxs1c8z0O41LVbPxNaaRfszW6W9zYG31aW9jMvzEqtxIoZkYxhWXlR8467hW9pt8+vaFrOvpLN9ivbcpZwuWAWNEILbD0YuXycZIVfauk1Kyl1Cxe3hv7mwZ/+W9rs8wD0G9WA+uM+lMGnWVpoR06JRbWUduYQA33E246n27n8aqdRSTsv6/pfmVOopJ2X9f0vzINGt4brwjp9vdRJNDLYxJJHIoZXUoMgg8EVm+M7OGPwrd/ZUW2kuLq1LywooYt50ShjkYJAAHIPQDpVzQbjTLPw7vtteTUrC0G03ck0JWJVUfKWjCqABzzzzya0Bqdg0csgvbYpC6xyMJVwjtjCk54J3Lgd8j1rlkk1YmlKUJKSV7M5y1+y6bqGvafqOp3MWmQw20pmu9QkDRmTeGImZtyglF4BABPHWsq38RLJ8Jp59O1b7Vc258qWVLsPIitPt+aRm+Q7D99iMD5s4Ga9CrLvrOw8UaKqR3fmW7SJLFc2kqtteNwysp5U4ZehBHHIqXF9PM3hXi2nNdY/h8upwQeHUPDet3Wn6lcm3lu7KOCKTVhfSW2JY8t/rJEXLZIGT0544GnqNy/h6bVVTUL37Hp8+nXLtPdSSsqPKVmyzEnbtXO3pwcDmuns9Lt9GuJ9Sv8AUprq5mWOB7u9aNCEDHYgCKigbnPbJLdTwBr1Kh/X3mk8Ur7XX/7P+X4nASeJb0rrV1frNDJp9lBFPbwymNY5ZJX53HOweX5bM+MqrZ7VX0SfUNUs/ElppN8zNbpb3NibfVJbyMy/MdqzyKGZGMYVl5UfMOuRXo9VdRs5L+ye3hvrmwZv+W1rs3geg3qwH1xn0p8j7krEws0o2vb0VrdPk/vMbw9Mnia2vtWnDTabqKrFb2s4JTylXDExnjLOXByOQFq5raXmn6Jez+GbKNtSkZHCpbI5lbKqSVaWEMQgxzIuAB1wFN2KOy0TSVjUx2ljZxYy74WNFHUsfbqSakt7y2uzILW4imMTbJBG4bY2AcHHQ4IP0Iq0rLXc5qknJtx+H+v+Ac/4Zl1/VrK+g8aaciRsAiRSWUUSyKQdwIW6uAw6ddv0Pa9r0ENr4d1N7W8tdFknTL3z4jVXIChmbI5wAuc5HGOgrUnuIbW3kuLqVIYYlLySSMFVFHUkngCm295bXZkFrcRTGJtkgjcNsbAODjocEH6EU3Z6EwcotS6I4JdZn/4QnWH0Lc0tvNEHuotXlvoTGzJ5hSdwWUqhbdhfl6gHulpqOoReG9duNM1O1urdFiMQ0/VX1SW2JOJW3um77mGCnPKn1xXolFRyPudX1qNmuTrfe/b/AC/FnGXd5ptv4TuZfDOtSXdutxCt7dR6k949vCXUSsGZ2KYj3HIxgZbtWZdX2LHWI/DWs3c+mK1iI71LxrgxTvOFkWOVy275PLJXJA3dPmIr0aihwuTHEqO6vrfV+m+nl+Jwd/Nc6GNds7O9vBawfYXeae5knkt4pJCs7h3LMAI1LdcDBIqnbanpunP4rvdHuLu8tEt7NVn+2ySbyWkUkTyFiEGeXGQoDEcivQ7W7t762W4sp4riB87ZYXDq2Dg4I4PIIqWlydUyvrKScZR7X17W308vxPL7XV7xtD8VJY6iRHBHbyWs1vqUl8sbOWDFJ5FBYfKMjlQQw67hXUXnhzULTTNR/snWL+WZ4I5LeOe4d2+0RsWJ3k8LJ8qlAAoAOBziuoqjrMayaTP5mpy6VGqlpLuJo1Magcnc6sAMd8ceop8llqJ4lzkuVW19e3z6fiZ3he+fXPtWurJN9jvCiWcLkgLGgwW2noxcvzjJAWtm7vLbT7V7q/uIra3jGXlmcIi845J4HJrMMNj/AGKLTR9Y/sy204BXktHhfylVM7XMiuANpDEnnoc88roKrLG13b+JZ9ct3+VWY27RqQecGKNefqTTV7WMqnK5OWy7dbfdbYxfCmq6LdeAT52rWyW0LSC5livfK8ndK23LqwKZyMHI61n2utC++FudN1t5bqK5iie4huvNmiDXQUZYknJX+9nI9RXfxzRStIsUiO0TbJArA7GwDg+hwQce4pIriGdpBBNHIY2KOEYHaw7HHQ+1Ll2VzT28eZy5ftJ7/wDA6nA61HJp9j4k022muLiGBLGaFby6kmId5CCN7lmAOxeOg5wK2fDTJqUeo22vSPcaq52ahY3DEwxqchRHESV8ojo2Mt/EcggdCdQswkjm7gCROI5GMgwjk4Cn0OSBj1qSaeK2i8y4lSKMEDfIwUZJwBk+pIH40KKvdMU8Q3Dla179dl/lf/hhIbWC3eVreCOJpmDyFECl2wBk46nAA+gFc3pslzF4f8SSWI3XSXl40IA6uPu/riunlRpIXRJGiZlIEiAbkPqMgjI9wRVLR9JTR7WWJbme6aaZ55JZ9m5mY5P3VUfkK0OS7ZBoSrD4R00aWqSp9kiMW9yocFQclgDyc5zg5NS6YWXw7aGzUSsIE2CY+Xu4HXG7H61JZ2VrotpMscpjtfMaULK42Qg8lV9Fzk47ZwMDABZx2+n6fuW7L2gG9HkddqJ1ADAD5fck/WspfHfyZpH4beZzviIxJ8Mo2Fw0MSi0PnsFUoPOj+bnIGOvOR9axtVuIDo+s/2Zq01zoyfYWW9kuzcLHP8AaP3hWRyw4URkjlQew5Fd3Zx2+n6cXW83WaqZFeR12Rx4zwwA+UDuSeO9XQQQCDkHoRVU01BJinrJs8/lvmhg1RtC1W6u9EUWnnXwumuPJzKwuSkhJPEWwnBwnJGDmpPt9gtvra2Ot3j6MkEJhvYryS4dLslvkikLEyHAi/d5IycY+Yiu8oqyDmfCV1dzXGoprszrrIdDPabz5cKbfkMS5I2nklh1bcD90Y09CLfYnChfIE0nlNn5m/eNnK9sHpycjnjpWjKjSRMqyNESMB0AyvuMgj9KggslttPFrBLImAcS8Fsk5LcjGcknpis2nzp9kzRNcjRV0It9icKF8gTSeU2fmb942cr2wenJyOeOlVPCmVttTijP+jRancJb46Bd2WA9g5ce2MVqRWCwaYbKCaWMFGUTKRvBbOWHGM5OemM9qSDTLW20ldNgV4rdY/LHlysr47neDu3HruznPOc06cXGCTFUkpTbRT8Lz2Vx4egbTNRudSt1Z1FzdsTKxDnIbIB4ORyOgFa9V7CwttMsYrOxiEMEQwqAk98kknkkkkknkkknk1YqyAooooAx/E+oTaVpUN7FOIUS9tknYqCDE8yI+c9Bhs57Yrnv+E0muF1G6ZpbOG1soc26xrJIk8s8kagZwCzBVxk7RuUniuzu7S2v7WS1vreK5t5Bh4pkDo49CDwaik0rT5hdiWwtnF6ALrdCp88AbRv4+bA45zxW0JwUbNam0JwUbNanFWWteIZLfxLaQzXr3ukrb3MMd6lq1w2QXaFvIzHhlTA4DDzM+la9tqkmu6XrmpW9wJdJe3MdiFA2uFjJeQHGTlmK9cfu/c1pvoi2GmvB4Wi0/RpmAUSLYhkVck/cVkzyzEc4yTwc1JaaHbaf4ZXRbItHAluYEZuTyCCxxjJJOT05pznBp2X9f1+pU5wadl/X9fqQ6dY2+p+CLOxvo/NtrnT44pU3FdymMAjI5HHpWX4s0q20/wAK37aZGlvNd3lrI7MCymQSxIGK5HGFXgEZx6nNbuiWV3pukwWd9cw3TQIsaSQwGIbAABkF25465/Crc8ENzF5VzEk0eQ2yRQwyDkHB9CAfwrmlFNE0qsqck+id7GBph1FtT1jR7nV7mYwxQSxXhihWWPzA+QAE2YBTIypPJzmsy11K50r4UrdWe1bhGMMZitkBy1x5eVjRQpfnIUDlscc11lzplheJOl5Y21wtwqrMssKsJQpyobI5AJOM9KydR8HaZPoVxpuk2tppSzyRyOILVRHKUYMFkRcb1OMEZGQSM1LjLp5m8KtJtcytrF7Lpv8Af6HNag2rXHh7WJJdRv7i0+1WSWL6nZJAwPnRliYxHGxG498Z7ep0LnVtT0a4vre51WS5js7nT3eeeKJW8ueXy5FO1QAoxnOMjnk1o6F4Pt9Klu5LiPT2FyI1NtZWItrYeWxZW8vc2XyfvZ6KuAMc7dxptjdrOt1ZW863CqkwkiVhKq9A2RyBk4B9alRla/8AXU0nXpJ8qV16Jfy/5P1ucn/wmMs66hcs0lnFbWUOYFRZJEnlmeNQM4BYhVxk7RuBPFV7PWNfkt/EdrFNeNeaWsFxCl6ls07ZBdoW8nKYZUwOAw359K7OTTLCUXQlsbZxeAC53QqfPAGBv4+bjjntVR9FWx054PDEdhpErAKJFsgyqMk/cVkzyzEc4yTwc0+WXclVqNmlFdN+m3z7/f8AfS0+WPxdbao88gudCvEFtbxrwsqbf3jhhhuSxXrxs4xUupiPwtouo6joumie4lkSV4B57ea3yR5xFHK4woH3UPTJxyw0tK0y30bSbbTrIMILeMIu7qfUn3J5P1q3Vpd9zmqVLtqHw/1+Ompyug6rP400rUrPX9G+x27IIWjxeJ5qOCGGZ7eA/wDfO7r1HGbGu6HBb+GNb/st5bGS6ieaZoNrGRhFtxhwwAKqo4A/PmuioptJkwqSg1Z6HGS3d94e+HSX9rqFzqUkkVssRlWD9yrsiErtVFIAbPzHHAycZNRTan4m07w7rc06XkRgjjexudSFsZCxOHVlgJUqMKQcA/MR2BrqrXQ9JsbeeCy0uytobkETxw26IsuRj5gBhuCetNtdA0axtpbay0mxtoJyDLFDbIiyY6bgBg/jWfK+51KvT1vG+t9ummnl+N7mHqul64mg6zFd67LPA1iXjkSGJZBIFfzEC7CPLI2Yzlxz83Q1e8P2Fx/wi9uo1u9mNxbRtFOVg3QjaPuYjCkf7wat6s2Pw5okNnPaQ6Np8dtckGeFbVAkpHILLjDfjVctndGXtuaHLLTXokYWk6iNK+Gcd07+UY98atBbRgljMUUKi7U3EkDsMnJ4zWYniPW7fTfE8JnuBdaakDwNqKW7SxtJnKuIDsK8AjgNhj7V2Nt4e0Wzs57S00iwgtrkYnhitkVJR/tKBg/jT7fQ9JtLV7a10uyht3UK0UduiowBJAIAwRlifqT61PLLTU19vSTk3G93fZd0/wDNGLeW3ifTdM1GaLVf7QaOCOeAGBFkaRGLSxBQoARlCquSWBY88A1Np8sfi621R55Bc6FeILa3jXhZU2/vHDDDclivXjZxitjUYr6ayePS7qG0uG4WaaAzKo/3Qy8/j+BpNK0y30bSbbTrIMILeMIu7qfUn3J5P1quXXyM/arkvpzX6K3b/LS3mFlpdnp0ly9lAImupBLNhidzBVQHBPHyqo49KwdMupLHQfEd3AnmS295eSon95l5A/SunlEhhcQMqSlTsZ13KD2JAIyPbI+tZ2h6VNpdncR3lzHdS3FxJcSPHCY1y5zgKWbj8TV7HM227sj0KBdP8L2f2aNrp2hWWRkK7p5H+Z3JJAJYksST3qbS2+z+HbRoUNyRCpAiwC5I5I3bfrzin6Rpv9kWP2NJjLbxuRbIy4MMf8Mee4XkA+mBzjJk060ksbQW7zLKkfyxER7SF7A8nJ9+PpWbT50/Jlprka8znNdQr8N4Vt5Iy+602ybCV3GaPnBwSM/Qn2rO16bUYrXV9Kl1Fr8Qf2fNHcTwpmKR7jBQiMKCAEVgOGw3U5FddDpMZ0ptO1FYL604VYpYAQUB4DAkhiMDnA6dKcmh6TFpr6dHpdkljIcvarboImPByUxg9B+VOmmoJMVRpzbRzN5q2q6Rcahp/wDabXgT7EBfTxRg2rTytG+QgC/KoVwCON3JIqaa9v7OTW9PfX2IsrSK7TULmKLMDMXzHIFQKVxGDwA2GPP3TXRW+kabaafJYWun2sNnKGElvHAqxuGGDlQMHI4NNh0PSbez+yW+l2UVt5gl8lLdFTeMENtAxngc9eBVkGZ4T1O+1dL661JjbzCVY/7NKgGzwoPzHaGJbO7njBUDvm9oR22LQqh8uOWQJKCNrje3Tvx05A6cZHNW3tIxNLc20UEd5IgQzmLJIHQHGCQMnjPemWlnJZaatvDKplG4+YyZUsSSTtz0yTxn8azknzp9k/0NE1yNehW0QA6dJbmPdCksiq/BSQF24A68dDkAemRzVbwmTHY3tkv/AB72F9Lb23PSIYKqPZd2weyitG3spbTSTawTgT7X2zNHkB2JO7bnpk9M/jTLPSksNH+wWtxNG21i1yNpkaRiS0hyCpYsS3TGT0xxRTi4wSYqjUptoTQpGk0WBpNVi1hvmBvYVVVl+Y9ApI4+7x6VoVR0bR7TQtKisLBWEUeWLMcs7MSWY44ySSeAAOgAGBV6tCAooooAKKKKACiiigAooooAzNe1KbSrK3uIRGVa9t4JfMB4SWVYyRg9cuKxf+E1S4F5cWrRQ2dvYJPvuY23LI0skYBVSSf9WcKBljgA810WqaXZ61ps2n6lEZraYDegdkJwQRypBHIByDVOXwto0o1APZDGomM3O2Rl3GP7hXB+QqRkFcc89ea2hKmo+8tTaEqaj7y1OdtvGGrtpuuv5UVzNpCw3O9tOuLMywtkyL5Mp3BwqPhskEleODnXfVZtUttf8ryjp1vB5UMig7pX8os5znG0BlA46hufSUaCuiW13N4asoZtQugqyvqF7MfN252l3YOzYDY+mBkADD9L8Ox6N4Lj0GydSIrVoVcjaGZgctjnALEnHOKqcqbTcV/XX+vMqcqbTcV/XX+vMraX4f067+HsWlRwJaW1/YKs/wBlRYyS8YDN0xu9yDVDxJosOi+F9Uk07c8l5fWs5SaTC7xJCgAIGQMIPXqfpXQ6BBfWmiW1rqcVvHNbxrEPs8zSqwVQN2SikE4PGPxq1e2NvqNqbe8j8yIsrldxHKsGU5HoQDXLKKaFRrOnJdr3/L/Ix9OvtYnvNU0u7nsfttrHFJFcR2ziMCQNwyGTJwUPIYZyOBWVpmqDw98KUvreC2h+zh1CguIkJmKlzuZm2gncRuJ6gGumn0ezuJLqRlljkvERJpIbiSJyEJK4ZWBXG49MZzzWNqHhCOLwzLpnh95Id00UwS5vJnB2SByFdizREkfeUZB5HIqGpLVeZvCpSk1GWibj6aLUwdQ1rU9W8Paxm80vU7a2urJbW5sYniimczRswL75BwSAcZx9eBst4h1awubm11FrGaS3urJXlhheNfLuJPLxgux3A984IPQVJpHhq6/0tdbLfZJvK8ux/tKe8CvG5fzPNlAYEnaNoGPkzzk1rX3h/TNSS8W9tjIL5I0uMSOpcRklOQRjBJORg0lGW/8AXUudWinyNafL+7/k9tLmP/wmSTi7uLYxQ2kFik++4Rtyu0skYBVSSf8AVnCgZY4APNU7fxbqzafrbeXFcTaUsNxubT57TzYTkuvlSHcGCo+GyQSRxwc9DJ4Y0eUX4ezGNQMZuNrsuTH9wrg/IQRkFcc89eahGhro1vdzeHLOKa/ugqyvf3kp83bnaXch2bAbH0wMgAYdp9yVPD2aUddLXtbpu/vImI8WQa3psrAaTJELRJof9Y7MmZGDHIwA6gcdQ3WmXh03wHo+q6wfMeGWaOaZHuIYgGIjiGHlZEA4U/M3JzjkgVo+HtGh8PeH7PSrZtyWse3dt27j1Jx2ySTitKrS6vc56lTVwg/d/rX52ucjpHiLSviVoOrWFuskMDRfZ5mjvrSdgJFIyDBLKFPB+9j2B5qxqWjPonh3XZ9Cujbz3Ktcu8ymQIVhCYTaykHCDBycHnnpXTUjoskbJIodGBDKwyCPQ0OKZMKsoadO39ehyr6xqug+B11LU54NQmZLdIRBaSKQZGVAXG92flwTtwTjAGSKrDxbq0OiazcS2nny2KRyW88mnXFlHPuJBTZLlgVI5IJGGX3Fb9v4Z0u20qbTUimks5kCNDPdSyhVAwAm9jsx224xgegpU8O6emn3Fk/2u4t7jHmLc300xOPQu5K/gRUcsuh0qrQ1ur69ktNP+D95k6lL4qj0TV1uZbCBo7PzobuCFyFOH3xY8wNuXCkScA7vu8EVf0VNbfw7G11qNnLcyQI0Mos3ATKj74MpLn3BWtp0WSNkkUOjAhlYZBHoay7Xw5YWWmyWFs17HbyBRtGoTkoF6BGL5QeykCq5WmZe2i4Watr0SMjw9eRaP8NYrlVtrRIFkAAEhjVvNYZCks5yei5JJOB1qnF4y1NNJ153iiubnTEhkhZ7GeyEokyNpjlJYYKn5gSDkccHO/B4T0i20ibS0huHs5iGaOW8mk2kNuBUs5KHd82VI5560sPhTR4YLyJbaRxfKi3Ly3MkjzbCdu52YsSM4znoAOgAE8s7JI29rQcpSkm7u/Ta6879yhd6j4n0vTdRur23sJxawx3KPbowDKGJmiALlmZUXKvgAlh8vBFael6nLqepah5XlHT7dkihkUHdI+3c5znG0blA46hufS1qTXy2L/2VBbT3J4VLqVo4/qSqsfwxz6is3T9KuvDPhex0vQbe2u2tlCN9pna3U9SzAqj8lj93HfrxzWqZleM4bK7/AK+W34s17m1t722ktryCO4gkG14pUDK49CDwa5/whFKvgS2h05obeRTKsReIuiYlbHygrkewIq/FHqmpQzW2uWdvZwOow9hqcxkJz03COMr9Qfaiz8M6dp+mS6fZm9jt5TkgahOWXnPysX3Jk9dpGe9G7uhJqEHCT1un0a6+fmYGmahNofwut7nS7S1WaOURJCTIIiWudh5LMwzuJ6nHv0qLXtS1D+wtdsNZe3nlshaTCWzt3jDK8g42FnJIKHoecjiuitfC2k2emvp8MVw1q8iyGKa8mlAZW3gjcxK/MM4GM981ZudE0+7e6e4t97XaxrMd7DeIySnQ8YJPTr3qeWVrG3t6Sm5Wvrfz3T7+pk2TS+NfDd+L4pb6bqMbwQwwj/SIk5VvMYkqHz/Bt+UjBJPTS0/w/Y6cNQWNWlj1CTzJ45sMp/drHtxjoQg4Oep+lWLbSrOzvrq8tYfKmuyGn2u212Axu2527sYBbGTgZPFWZTIIXMCq8oU7Fdtqk9gSAcD3wfpVqPV7nPUq3vGGkX0/r03OW0GSDQvDmvTW1ukcFjeXciQRKFUBedoA4HStPQoRp3h2K4uWea4uFFzdSorSNJK4G4gDJx0AA6KAOgo0HTLm10+9j1aO38y8upZnihkMiBXP3dxVSfyFWNEsbjTNNWxuJVmjtj5dtIM7jCANgfP8QHBPfGeM4FPyMBmlLFY6HFOyAvIiyTPCvmNI56t8uSxyeozWHrcH2f4eiSCOFrmWW1kdg4xLIZ4zlnGc5Pfn8a6PSre4tLFLa4EeIRsRo2J3qOhIIGD7c/WqsejLdaF/ZOrRq8C7VUwzOrMFIKtkYKnIB4PbrXPTjbl06f5G85X5tepzniHUdU/s7UtL1H7HcXMH2G5ikgRoUYPc7djAlyMGM/MOoboMc3bjxFq2mXF3p98tncXoFobaWGN44wbiVogHUsx+VlJyCNwOMA1rf8IxpR0+4smhmeO5ZXmeS6laVypBXMpbfwQMc8U5PDelpYXNmbd5Y7vHntPPJLI+OhMjMXyOxz8vUYroMDOOp65DJqenySadNf2ttHeQzCJooZEYsCjKXJU5jb5txHzA4+UgzeHNXfxRZXV5NBCunSOI4LeRcyYA+fzOSOSeFx0APO7iwPC2kCyuLV7eWWO6ZWuDNcyyPNt6K7sxZl7bScYJ45NWxp8Ntd3V9Zwj7XcqvmZlZVkKjAJHIBxgbsZwAOwpPbUa3K2jJHJpb2MyeYkLvEVddyMm9goB6MAABgE4xg4NJpMcU+jy6dcIZY4zJA6sCUaPcwChuhG3ggHjocGrNhbT2OkrEBHJONzEbyF3MxbGcZxz1x+FJZ2tzY6N5MflPdBXdQzEJvYlsE4zjJxnGcdq56cWnHTZf5aG85JqXr/mU/C88rWN1Zzu8p067ktElc5Z0XBQk9yFZQSeSQTWhpn9of2dF/bP2b7bz5n2Td5fU4xu56Y/HNV9N0ubTNGa3huEa9kLyyXEkZKtM5LM2wMDtyeFzwABnjNN8N6HF4c0GDTIJWlEZZmcjALMxZsDnauScDJwO5OSek5zUooooAjngiubeSC4QSRSoUdGHDKRgg/hWT4XnlaxurOd3lOnXclokrnLOi4KEnuQrKCTySCa1pzMLeQ2wRpth8sSEhS2OMkAkDPtVHTdLm0zRmt4bhGvZC8slxJGSrTOSzNsDA7cnhc8AAZ4zQBY0z+0P7Oi/tn7N9t58z7Ju8vqcY3c9MfjmrVZfhvQ4vDmgwaZBK0ojLMzkYBZmLNgc7VyTgZOB3JyTqUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFAEF9fW2m2Ut3fSrDBEMs559gABySTgADkkgDms6HxVpE1pPcefNEtvJHFMlxaywyI0hATMbqGwSwAOMdeeDh/iLS5tW0nyrN40uYZ4bqDzc7GkikWRVbHIUlcEgEjOQCRWHfeGtY1iPVL29+w21/cRW0VtbwzPJEoglMql5Cik7mYg4X5R0ySa2hGDXvM2hGDXvM2dY8S2Wk2uouRNcT2EKyyQQwSOcMGKfdU4B2HJ6DqcVNoeuQa7Yrc28N1D8isy3FrLDgkZ+UyKu4e44rLtNC1S6udduNaazgOrWkdukdo7SeSFEinLMq7vvg5wvUjHGTpeH49Vt9LittZt7OJ7eNI0e0uGlEmFwWIZF29OnzfWiUYKOm4SjBR03LGqatZaLZfa9Sm8mHesYYIzEsxwoAUEkk8Vm2Xjbw/qFvcz2uoZitYlmld4ZIwFYkDG5RuO4FSBkhgVIB4q1r2mTapbWcdu0amC+t7lt5IyscgYgYB5wOK5GT4e6hPZzRSXUCN9kjSMxyyL+9ju2uFyVAIU5UbgcjkjoDVU40nH3nqVTjScfeep0lz4w02LQ7/UbdbuY2KnzLY2U6Sq23cu6MpvVT/eK46nPFT6b4lstR0c6iUuraNI1eQXFpNFjIzhd6Lv8AT5Qc8etZuk+GHjs9VS9tVs7jULcWzTLq1xqDMgDgZMyrjBdsAeppx0/xJceDZdMc2VjfRxRxRT2t3IRIFxvy3lq0RYAgEbiu7IyRyONPZd+4ONPZd+5r6VrlhrPnrYyS+ZbsFmhnt5IJI8jIJSRVbBHQ4wcHHQ1Npmp2msadFf6bL51tLnY+0rnBIPBAPUGue8N6Je+H7zV9T1P/AFdzFDthiu7i/kj8vfkb5BvfO4EAAdcY4y2v4bu9UvtBgudcto7W8kLExxqy/JuOwlWJKkrgkHkd8HgZVFFStHYyqKKlaOxqUUUVBAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFABRRRQAUUUUAFFFFAEF9ewabp897eMyW9vGZJGVGcqoGScKCT+Ap9tcwXlrFdWc0c9vMgkilicMkikZDKRwQQcgimX009tp881nateXCRlo7dXVDK2OF3NwM+prA8LaE3hXTr+71W+hi+1yG7uLaEhLKxbGXEIbkKerMSNzZbam4igDoba6t723W4s54riF87ZInDK2Dg4I46jFS1jeEr1NQ8M21zDpaaVE5fy7aPGzbvOHXAGVYfMDgZ3Z56nZoAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAZNNHbwPNPIkUUal3kdgFVQMkknoAKp2uu6RfWLXtlqllcWqSCJp4bhHRXOMKWBxn5l49x61V8V6fc6loRjs4hPJDcQXP2dmCi4EcqyGPJ4ywXAzxnGeM1z+paRq+sDWdSj0qSykmis0hsppovNuGgmMpZijMikg7F+btzgYraEIyV2zaEIyV2zqNV8QaXotldXOoXsES2qB5EaVVYZB2jBI5baQB3IpdH17S9ftPtGkX9tdqApcQzK5jJGQG2k4PtWFbadqmqXniOe809tNTU7GK3tlnmR3BUSqS4QsBywPBPBHOcga/hya8fR4INQ0u406W3ijjYTSROHIXBKlHbjI74PtRKMVHz9QlGKj5+poXd5a2FuZ765htoV6yTSBFH4niq1rrukXqzGy1SyuBbxrLMYrhH8tGG5WbB4BHIJ6iqnijTZtUsbKGCBZxHqNtNIrEYCJKrMeeuAM4rhz4H1r+zbi3t7b7LmyjwI5Iv3kiXzzlOcrlkI5YFctzxkVVOnCUbylZlU6cJRvJ2Z3U/izQoNBn1hdWsprGDIaaG5RlLAZ2Bs43HjAz3FS6X4j0fWdPa903UrSeGNA8zRzo3k5GcPgkKcZ6+lYWlaFd3Frrsl1/a8d5qVsLctqptMHCuFYC24/jwSeSAPSpXbXLnwK9pBo01nqMEMMapcPbyCQjbvaPDspIAJXftG7bkYzQ4Q2T69wcIbJ9e50Gnarp2sW7XGk39rfQq+xpLaZZFDYBxlSRnBHHuKsySJDE8szrHGilndjgKB1JPYVynhDTNWttd1m/1aO8CXiW4he+e3MzbBIGDCABBjIx14I5zkLp+LNPudS8OvBZRC4kSeCY25YL9oWOVHaPJ4G4KV54554qJQip8qehEoRU+VPQSbxn4cj0m61KPW9PuLa0XMrQXcb4JBKrndjccHAJ5q3o+vaXr9p9o0i/trtQFLiGZXMZIyA20nB9q5mwS91rXPFsNzZnT5bqwt4ooppFdkBWZQX2EqDnJwpbjHOeBuaHfTweH0/tqwl0j7FAiyvdTQlDtX5mDI7fKMdW2/SqnCMVpvp18ipwjFab6dfI1ba6t723W4s54riF87ZInDK2Dg4I46jFS1jeEr1NQ8M21zDpaaVE5fy7aPGzbvOHXAGVYfMDgZ3Z56nZrAwCiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKAI1t4UuJJ0hjWaUKskgUBnC5wCepxk4+pqSiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKACiiigAooooAKKKKAP/9k=)Die folgende Abfrage liefert zunächst alle Straßendaten aus dem aktuell angezeigten Bereich, der sogenannten *BoundingBox* in Overpass-Turbo:

**Abbildung 7:** Overpass-Abfrage für Straßendaten im Primärnetz

Ein Bild, das Karte enthält.

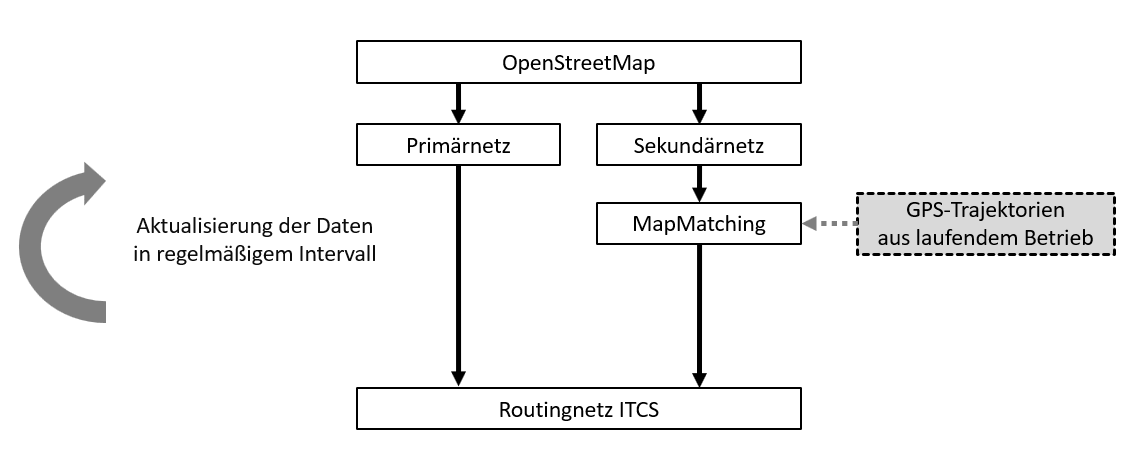
Automatisch generierte BeschreibungEnthalten sind dabei alle Straßen mit einer Kategorie zwischen Autobahn und Innerorts-Vorfahrtstraße. Im weiteren Verlauf wird dieses Straßennetz als *Primärnetz* bezeichnet. Bestätigt wird diese Selektion durch die Vorschau in Overpass-Turbo, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist:

**Abbildung 8:** Overpass-Vorschau für Straßendatendaten im Primärnetz

In der Auswahl fehlen jedoch wichtige, ebenfalls vom Linienverkehr genutzte Innerortsstraßen und die für den Linienverkehr freigegebene Fußgängerzone. Während letztere durch Einbeziehung des Attributes PSV mit selektiert werden könnte, wird diese Eingrenzung für Innerortsstraßen schwieriger, da diese nicht weiter kategorisiert oder attribuiert sind. Werden also Innerortsstraßen mit in die Abfrage einbezogen, sind automatisch alle Innerortsstraßen enthalten, selbst wenn diese mit einem Linienbus gar nicht befahren werden können. Auch im Routing wäre eine Unterscheidung bestenfalls anhand der verfügbaren Straßenbreite möglich, was jedoch eine adäquate Versorgung der OSM-Daten mit diesen notwendigen Informationen erforderlich macht. Bei offenen, gemeinschaftlich gepflegten Daten aus der OpenStreetMap-Gemeinschaft ist das generell kritisch zu sehen (vgl. Josi 2020, S. 10), daher eignet sich der direkte Export des gesamten Straßennetzes nicht für das zuverlässige Routing eines Linienbusses.

Ziel muss es sein, das Primärnetz generell zu selektieren und alle darunter liegenden Straßenkategorien nur dann mit einzubeziehen, wenn diese bekanntermaßen für Linienbusse befahrbar sind. Diese zusätzlichen Straßen werden fortan unter dem Begriff des *Sekundärnetzes* zusammengefasst. Hierzu bietet sich ein zweistufiges Verfahren an.

In der ersten Stufe werden zunächst Relationen als Selektor gewählt, welche eine Buslinie in den OSM-Daten abbilden und dadurch auf die entsprechenden Wege verweist. Dann werden alle Wege selektiert, die zu diesem festgelegten Selektor passen. Hierdurch sind alle Straßen unabhängig von ihrer Kategorie enthalten, die durch die hinterlegten Linienwege folglich auch mit einem Linienbus befahren werden können. Was jedoch nach wie vor fehlt, sind Innerorts- und Spielstraßen und Fußgängerzonen, welche zwar mit Linienbussen befahrbar sind, jedoch planmäßig nicht befahren werden.

Hier kommt die nächste Stufe ins Spiel, bei der die von den Bussen aufgezeichneten GPS-Trajektorien mit Hilfe eines sogenannten MapMatching-Algorithmus einer entsprechenden Straße im Sekundärnetz zugeordnet werden. Zum MapMatching bietet sich beispielsweise der ST-Algorithmus an, da dieser auch für das Matching von GPS-Trajektorien mit geringerer Samplingrate eine hinreichende Genauigkeit liefert (vgl. Simeonov 2017, S. 21). Dass die GPS-Trajektorien der Busse immer erst am Ende eines Betriebstages und nicht in Echtzeit dem Matching zugeführt werden, trägt der Genauigkeit bei (Simeonov 2017, S. 22). Da bei diesen GPS-Trajektorien auch Leer- und Betriebsfahrten enthalten sind, ergeben sich auf diesem Weg neue Fahrwege auch außerhalb der planmäßigen Linienwege. Anschließend wird die Vereinigungsmenge aus dem bestehenden Primärnetz und dem Sekundärnetz gebildet. Hierdurch erhält man ein vollständiges Straßennetz im Geodatenformat, welche dann von Geoinformationssystemen oder zum Routing weiterverwendet werden kann. Die folgende Abbildung fasst schematisch die Ableitung eines für das Routing von Linienbussen geeigneten Straßennetzes aus OSM-Daten zusammen:

**Abbildung 9:** Schema der Ableitung eines für Linienbusse geeigneten Straßennetzes aus OSM-Daten

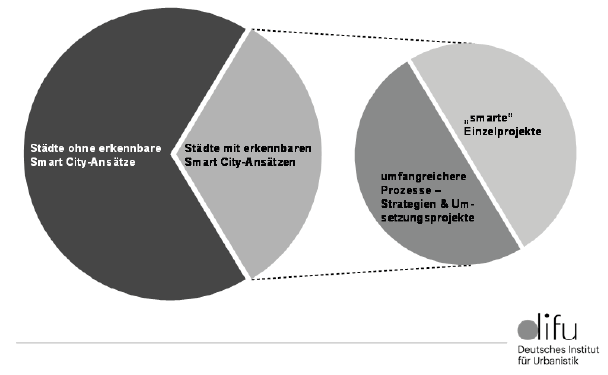
Die Aktualisierung des Straßennetzes sollte in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden, um stets ein aktuelles Abbild der tatsächlich verfügbaren Verkehrsinfrastruktur vor Ort zur Verfügung zu haben. In einem Produktivsystem könnte die Aktualisierung beispielsweise nachts zur Betriebsruhe durch einen automatischen Hintergrundprozess durchgeführt werden.

### Störungsmeldungen und Daten zur Verkehrssituation

Elementar für das automatische Einleiten einer Dispositionsmaßnahme ist für das ITCS die Kenntnis über eine Störung. Anders als bei den Betriebs- und Netzdaten stellt sich die Suche nach geeigneten Datenquellen hier komplexer dar.

Zunächst setzt jede Störungsinformation ein Ereignis mit entsprechender Diagnose voraus (vgl. Schranil 2013, 69 f.). Durch die Kenntnis über das zu Grunde liegende Ereignis können dann die Relevanz eingeschätzt und Prognosen zur Dauer der Störung getroffen werden. Die voraussichtliche Störungsdauer ist spätestens dann wichtig, wenn entschieden werden muss, ob eine einzelne Fahrt umgeleitet werden muss, oder die Störung aller Voraussicht nach beim Eintreffen des Fahrzeuges schon behoben sein wird.

Im Sinne der Digitalisierung von Kommunen kommt damit schnell der Begriff der *Smart City* auf. In diesem Zusammenhang wird regelmäßig auch auf den Verkehrssektor verwiesen (vgl. Soike und Libbe 2018, S. 11; Herzner und Schmidpeter 2022, S. 70). So sind führen Meier und Portmann Lösungsansätze an, die „in Echtzeit flexibel die aktuelle Situation“ (Meier und Portmann 2016, S. 261) am Beispiel von Staus berücksichtigen können. Schaaf und Wilke (2015) konstruieren ein noch umfangreicheres Beispiel, in dem als Folge eines Verkehrsunfalls beispielsweise Rettungskräfte automatisch alarmiert und zur Einsatzstelle geschickt werden und Linienbusse, die durch den Einsatz von Echtzeitdaten selbstständig planmäßige Anschlüsse über die entstehende Verspätung informieren können (vgl. Schaaf und Wilke 2015, S. 563). Alle regelmäßigen ÖV-Nutzenden wissen aus Erfahrung, dass solche Showcase-Beispiele von der Realität der meisten Verkehrsbetriebe und deren Umfeld weit divergieren. Smart City-Lösungen setzen erwartungsgemäß die Aufnahme und Verteilung einer entsprechenden Meldung über ein Ereignis mit einem sichergestellten Wahrheitsgrad voraus. Falschmeldungen könnten insbesondere in Bezug auf das Beispiel mit den Rettungskräften drastische Folgen haben. Ferner ist es für ein flächendeckend funktionierendes System eine hinreichend große Ausstattung mit aktueller Sensorik erforderlich, um notwendige Datenmengen sammeln und in adäquater Latenzzeit verarbeiten zu können (vgl. Meier und Portmann 2016, S. 266). Inwiefern Daten aus vorhandenen Smart City-Plattformen für den Einsatz als Störungsmelder in einem ITCS dienen kann, hängt also maßgeblich vom Umsetzungsgrad entsprechender Systeme ab. Dieser wurde 2018 vom Deutschen Institut für Urbanistik für die 200 Städte mit dem höchsten Bevölkerungsgrad in Deutschland umfangreich erhoben.

Die folgende Grafik zeigt den Umsetzungsgrad verschiedener Smart City-Projekte in diesen Städten:

**Abbildung 10:** Umsetzungsgrad von Smart City Projekten in Deutschlands 200 größten Städten

(Quelle: Soike und Libbe 2018, S. 6)

Es ist zu erkennen, dass gut zwei Drittel aller betrachteten Städte mit Stand 2018 keine Umsetzung von Smart City-Projekten forciert haben. Vom verbleibenden Drittel sind wiederrum nur die Hälfte von umfangreicherer Natur und spiegeln konkrete Ansätze zur intermodalen Einbindung in kommunale Dienste vor (vgl. Soike und Libbe 2018, S. 7). Die Stadt Pforzheim belegt dabei immerhin den 63. Platz (vgl. Statistisches Bundesamt 2020; zitiert nach de.statista.com) und bietet nach aktuellem Stand sogar öffentliche Smart City-Projekte für die Bürgerschaft an. Bezug zu Verkehrsstörungen hat jedoch nach aktuellem Stand (2022) keines dieser Projekte. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Mehrheit der deutschen Städte bislang keine Bestrebungen zum Ausbau von Smart City-Projekten zeigt und sich die aktiven Städte in der Hauptsache auf Großstädte reduzieren lassen (vgl. Soike und Libbe 2018, S. 8). Beachtet man zusätzlich noch die fehlende, gesellschaftlich durchgesetzte Definition des Begriffes der Smart City (vgl. Herzner und Schmidpeter 2022, S. 67), erschwert dies die Beurteilung des Umsetzungsgrades in deutschen Städten zusätzlich. Smart City-Daten scheiden daher als alleinige Quelle für Störungsinformationen in einem ITCS aus und können bestenfalls als zusätzliche Datenquelle angesehen werden. Die Konzentration auf Großstädte verhindern außerdem eine flächendeckende Nutzung in einem ITCS, welches auch Regionalbusse überwachen soll. Ob in den verteilten Daten Informationen zum zu Grunde liegenden Ereignis oder alternativ direkt zur voraussichtlichen Störungsdauer enthalten sind, hängt von der konkreten Implementierung einer Smart City-Plattform ab. Es bleibt offen, inwieweit sich weitere Smart City-Projekte in naher Zukunft etablieren und welchen Informationsgehalt diese mitbringen werden.

Ohne die direkte Initiative einer Kommune kommt hingegen das deduktive Monitoring aus. Nach diesem Prinzip ermittelt der Anbieter Google Daten zur aktuellen Verkehrssituation. Hierbei werden anonymisierte Standortdaten von Android-Mobilgeräten ausgewertet und auf das Verkehrsaufkommen umgelegt (vgl. Exner 2012, S. 25). Google stellt diese Daten gegen Entgelt auch über Programmschnittstellen (API) zur Verfügung.

Eine Alternative zum Abgriff von Daten Dritter aus Smart City-Systemen oder Datenbrokern bieten viele ITCS bereits in Form sogenannter *kodierter Meldungen* an (vgl. DELFI 2020, S. 122). Unter diesem zunächst undurchsichtigen Begriff verstehen sich vordefinierte Textnachrichten, welche das Fahrpersonal an die Leitstelle zum Austausch von Informationen senden kann. Der Inhalt dieser Nachrichten kann in jedem System von der Administration festgelegt werden, sodass nahezu alle Formen von Nachrichten ausgetauscht werden können. Gängige Beispiele sind in der folgenden Abbildung zu sehen:

[Bild]

Anstatt in solch einem Fall eine Sprechfunk- oder Telefonverbindung zur Leitstelle herzustellen, genügt es beim Eintreten eines entsprechenden Ereignisses eine entsprechende Meldung abzusetzen, um die Leitstelle über einen bestimmten Zustand zu informieren. Dem Leitstellenpersonal wird die Meldung dann zusammen mit Informationen zur Linie, Verspätungslage und Standort und anderen betrieblich relevanten Daten angezeigt. Es stellt sich also die Frage, wie diese Informationen aus erster Hand gewinnbringend als Datenquelle für eine automatische Anordnung von Umleitungen eingesetzt werden können.

Es sind zumindest folgende Gesichtspunkte in Betracht zu ziehen:

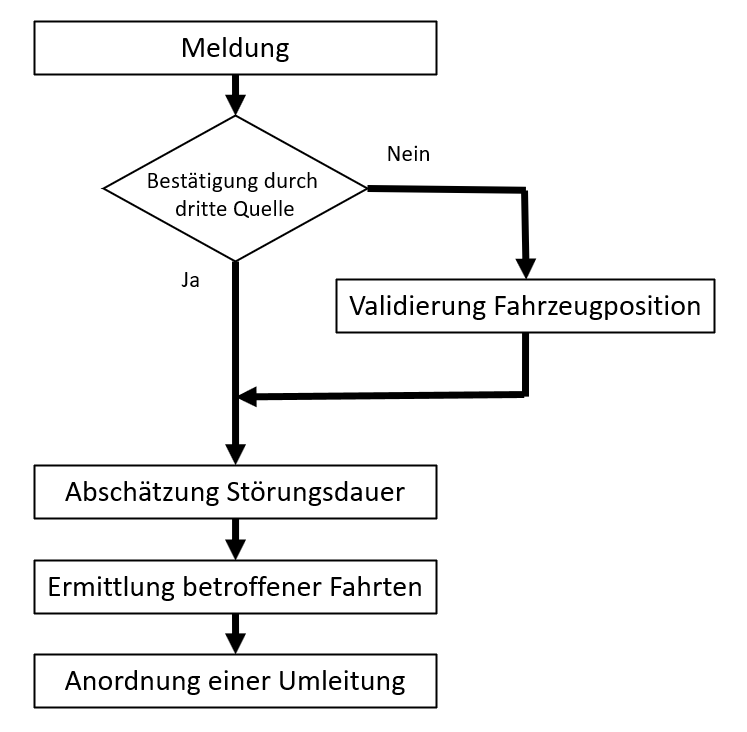
* **Richtigkeit:** Meldungen können auch versehentlich abgesetzt werden. Gründe hierfür können von einer ein Versehen, eine fehlerhafte Unterweisung oder aber auch eine Fehlbedingung aufgrund von Sprachbarrieren des Fahrpersonals sein. In jedem Fall muss also die Richtigkeit der Meldung sichergestellt werden, um darauf basierend weitere Entscheidungen zu treffen.
* **Genauigkeit** Es müssen so viele Ereignisse wie möglich als Meldung hinterlegt werden, um möglichst viele Details zur Störung herleiten zu können. Zeitgleich darf das Fahrpersonal aber auch nicht mit Informationen überfrachtet werden, da andernfalls die Richtigkeit und Qualität der Meldungen leiden könnte. Für die richtige Bedienung sind Einfachheit, Verständlichkeit und Intuitivität essenziell.
* **Dauer:** Die Dauer der Störung oder zumindest eine Prognose der Dauer ist nötig, um festzulegen, welche Fahrten von der Störung betroffen sein werden. Ebenso ist es nötig, ein eventuell früheres Störungsende erkennen zu können, um den Regelbetrieb gegebenenfalls wieder früher herstellen zu können. Auf die Notwendigkeit zusätzlicher Handlungen des Fahrpersonals sollte hierbei verzichtet werden, da die Erkennung eines früheren Störungsendes sonst im Zweifel bei Unterlassen dieser Handlung nicht möglich ist.

Eine mögliche Umsetzungskonzeption soll in Bezug zum Stadt-Szenario aus Kapitel 3.1 wir nachfolgend vorgestellt. Hierzu seien folgende Annahmen getroffen:

Die erste Fahrt, welche von Westen kommend in den gesperrten Abschnitt einfährt, kommt wenige Fahrzeuge hinter der Unfallstelle zum Stehen. Nachdem das Fahrpersonal die Situation überblickt hat, setzt es eine entsprechende Meldung vom Typ „Polizeieinsatz“ ab. Die Folgefahrt nähert sich im zeitlichen Abstand von 10min von hinten an.

Nach dem Eintreffen der Meldung geht das ITCS schrittweise folgendermaßen vor:

1. Zunächst werden – falls verfügbar – weitere Quellen hinsichtlich einer ähnlichen Störungsmeldung bezogen auf Ort und Zeit durchsucht. Gibt es an dieser Stelle bereits signifikante Übereinstimmungen, ermittelt das ITCS die voraussichtlich betroffenen Fahrten und ordnet für diese eine geeignete Umleitung an.
2. Sind hingegen keine weiteren Datenquellen verfügbar, überwacht das ITCS zunächst die Position des Fahrzeuges, von dem die Meldung abgesetzt wurde. Da von einer Streckensperrung ausgegangen wird, darf sich die Position des Fahrzeuges im Überwachungszeitraum von beispielsweise einer Minute nicht mehr signifikant verändern. Ist diese Bedingung erfüllt, ermittelt das ITCS die voraussichtlich betroffenen Fahrten und ordnet für diese eine geeignete Umleitung an.

Die folgende Abbildung zeigt die Validierung einer Meldung als Flussdiagramm:

**Abbildung 11:** Validierung einer systemseitigen Meldung als Flussdiagramm

Nachdem entweder die statistisch betrachtet zu erwartende Störungsdauer erreicht ist oder alternativ eine Positionsänderung des ersten Fahrzeuges zu verzeichnen ist, geht das ITCS folgendermaßen vor:

1. Das erste betroffene Fahrzeug wird erneut hinsichtlich der GPS-Position überwacht. Ist hier noch immer keine signifikante Positionsänderung zu verzeichnen, wird auch für die folgenden Fahrten eine Umleitung angeordnet.
2. Kann hingegen eine Fortbewegung des Fahrzeuges festgestellt werden, wird die Umleitung für Fahrzeuge, die sich bereits auf der Umleitungsstrecke befinden, beibehalten und für alle anderen Fahrten zurückgenommen. Eine gesonderte Handlung des Fahrpersonals ist damit nicht erforderlich.

Bezüglich der Genauigkeit bietet es sich an, Störungsursachen aus der Vergangenheit zu analysieren und in Klassen einzuordnen. Oft kristallisieren sich dabei einige wenige Störungsursachen heraus, welche dann dem Fahrpersonal gezielt zur Auswahl angeboten werden können (vgl. Schranil 2013, S. 188). Die Störungsdauer lässt sich basierend auf statistischen Verfahren ebenfalls aus Störungsdaten aus der Vergangenheit abschätzen (vgl. Schranil 2013, S. 193). Einzige Voraussetzung hierzu ist, dass vergangene Störungen in ausreichendem Maß dokumentiert wurden. Für die Richtigkeit, Genauigkeit und Abschätzung der Dauer ist damit systemseitig gesorgt. Wurde eine Meldung aus dem ITCS selbst erfolgreich validiert, kann diese Störungsmeldung auch über Datendrehscheiben an weitere ITCS von anderen Verkehrsunternehmen kommuniziert werden. Hierzu eignet sich der SIXI-SX-Dienst. Mit Hilfe dieses Dienstes lassen sich innerhalb einer Störungsmeldung auch direkt Haltestellen oder Linien referenzieren (vgl. VDV-Schrift 736-2, S. 34), sodass die Informationen in einer Störungsmeldung übertragbar zwischen verschiedenen ITCS sind.

Ohne die Verfügbarkeit weiterer Datenquellen mit Detailinformationen, beispielsweise zu gesperrten Fahrtrichtungen, muss entweder grundsätzlich von einer Vollsperrung ausgegangen oder eine Fahrt pro Richtung eine entsprechende Meldung absetzen. Andernfalls würden Umleitungen für Fahrten angeordnet, die betrieblich betrachtet gar nicht umgeleitet werden müssen. Als weitere Datenquelle kann beispielsweise auch ein manuelles Eingreifen des Leitstellenpersonals angesehen werden. An dieser Stelle muss im Einzelfall ein betrieblich vertretbarer Trade-Off durch entsprechende Systemkonfiguration gefunden werden.

## Auswahl geeigneter RL-Algorithmen

In Kapitel 2 wurde der Begriff des Machine Learning bereits in die drei Kategorien überwachtes, unüberwachtes und bestärkendes Lernen - oder Reinforcement Learning - eingeordnet. Reinforcement Learning scheint für die Anwendung in dieser Arbeit besonders geeignet, da es weder einen gelabelten Eingangsdatensatz noch menschliches Vorwissen voraussetzt. Lediglich die Modellierung der Umgebung mit ihren wichtigsten Eigenschaften wird benötigt. Daher wird das Reinforcement Learning und die dem RL ungeordneten Algorithmen in diesem Kapitel einer tiefergreifenden Betrachtung unterzogen. Ziel ist es, zwei zur Implementierung im Prototyp und anschließendem Vergleich geeignete Algorithmen zu identifizieren.

Typisch für RL-Algorithmen ist, dass sie ihr Wissen selbstständig durch ein "Trial-and-Error" Verfahren in einer Simulation ihrer späteren Umgebung erarbeiten. Das Modell der Umgebung ähnelt dabei einem Markov-Entscheidungsprozess (vgl. Lüth 2019, S. 2). Für eine Umgebung mit einer überschaubaren Anzahl an Zuständen könnten die Ergebnisse des Trainingsprozesses einfach in einer Lookup-Table gespeichert und bei Bedarf abgerufen werden. Reelle Umgebungen können jedoch schnell eine unüberschaubare Anzahl an Zuständen annehmen, wie das folgende Beispiel verdeutlichen soll.

Im Beispieldatensatz in dieser Arbeit, welcher alle mit einem Linienbus befahrbaren Strecken im Einzugsgebiet zwischen der Gemeinde Engelsbrand und der Stadt Pforzheim enthält, sind insgesamt 1245 Wege vorhanden, auf denen mögliche Routen berechnet werden können. Die Anzahl der Wege sei fortan als bezeichnet. Ein Systemzustand wird einerseits durch die die Position eines Fahrzeuges auf einem der Wege und andererseits durch die Befahrbarkeit aller vorhandenen Wege ausgedrückt. Ein Fahrzeug kann sich je Zustand nur auf einem Weg befinden, es können jedoch mehrere Wege je Zustand in ihrer Befahrbarkeit eingeschränkt sein. Die Befahrbarkeit entspricht dabei einem binären Wert, der angibt, ob ein Weg befahrbar ist, oder nicht. Die Anzahl möglicher Zustände ergibt sich demnach angenähert aus:

Obwohl es sich um einen vergleichsweise kleinen Datensatz handelt, sind das immerhin dreimal so viele, theoretisch mögliche Zustände wie es Atome im gesamten Universum gibt! Eine Speicherung und zeitnahe Abfrage dieser Menge an Zuständen innerhalb einer Lookup-Table wäre zu ineffizient. Aus diesem Grund werden anstelle der Werte selbst die Parameter des gewählten RL-Algorithmus gespeichert und während dem Training angepasst, sodass nach dem Training eine mögliche Entscheidungsfindung in einer reellen Umgebung möglichst gut approximiert wird (vgl. Dammann o.D., S. 9). Die Approximation hat außerdem den positiven Nebeneffekt, dass das Ergebnis des Trainings allgemeingültig definiert bleibt und nicht nur fix auf bereits trainierte Zustände angewandt werden kann (vgl. Schmitz 2017, S. 18).

Literaturverzeichnis

Alaliyat, Saleh (2022): Video -based Fall Detection in Elderly’s Houses.

Böhm, Robin (2016): Aktionen autonomer Systeme als Elemente relationaler nebenläufiger Markov-Entscheidungsprozesse. Diplomarbeit. Universität Stuttgart, Stuttgart. Institut für Parallele und Verteilte Systeme. Online verfügbar unter https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/9652, zuletzt geprüft am 14.11.2022.

Brezina, Tadej; Emberger, Günter; Rollinger, Wolfgang (2012): Vom Beschwerde- zum Anregungsmanagement im Österreichischen öffentlichen Verkehr. Online verfügbar unter https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34231246/brezina-emberger-2012\_anregungsmanagement-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1668671995&Signature=DBnAREvXAnDgUHEoCOKurfqbkrq7bAri9Iuu3tJrb8wVptyn2a2WV8EhtbrPKyE3ES1YLBy5TUbvl2BvXzbHPT2B42AGGf6dF77CsQ9eJM9vJmE7AzKyH0RIZSuRTNuZacyvi-Jix~X2h8-Qzn0OAa5kk-9Ff66q6HYuiqRAc501ywUSy~gicq7au5rPkl0udvjb4jiAEJTgT69xwoUoLFyQoWI~KU2tw1azHEtkNXEQB0ekoGP0cpeSo9NHmKWGx5cNz72OatR0tYZBo2xGN~WMFWuMvPkywHiKUo2EqqvLPCggkop8bZrhXMzv4SWybMJv3QDpOhkgX9AcD2v63Q\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA, zuletzt geprüft am 17.11.2022.

Bundesministerium für Verkehr: Personenbeförderungsgesetz. PBefG. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/pbefg/index.html#BJNR002410961BJNE001802305, zuletzt geprüft am 18.11.2022.

Chan, Leong; Hogaboam, Liliya; Cao, Renzhi (2022): Applied Artificial Intelligence in Business. Cham: Springer International Publishing.

Dammann, Patrick (o.D.): Einführung in das Reinforcement Learning. Heidelberg Collaboratory for Image Processing (HCI). Heidelberg. Online verfügbar unter https://hci.iwr.uni-heidelberg.de/system/files/private/downloads/541645681/dammann\_reinfocement-learning-report.pdf, zuletzt geprüft am 24.11.2022.

DELFI (2020): Entwicklung von Instrumenten zur Umsetzung der delegierten Verordnung (EU) 2017/1926 (ÖV-Daten für NAP). Schlussbericht zum FE-Projekt: 70.0946. Verein zur Förderung einer durchgängigen elektronischen Fahrgastinformation – DELFI e.V. Frankfurt a.M. Online verfügbar unter https://fops.de/wp-content/uploads/2020/09/70.0946\_Schlussber.OeV-Daten-f.d.NAP\_.pdf, zuletzt geprüft am 24.11.2022.

Engfer, Andreas (2002): Fuzzy Logik. Ausarbeitung zur Vorlesung Ausarbeitung zur Vorlesung „Methoden der Künstlichen Intelligenz“. Ausarbeitung. Fachhochschule Furtwangen, Furtwangen. Fachbereich Wirtschaftsinformatik.

Exner, Jan-Philipp (2012): SURVEY BEFORE PLAN 2.0. Neue Ansätze von Raumsensorik und Monitaring für die Raumplanung. In: *PLANERIN* (5/12), S. 24–26.

Findl, Renate; Dahmen-Zimmer, Katharina; Kostka, Markus; Zimmer, Alf (2022): Nutzerorientierte Systementwicklung für den ÖPNV. Paper. Universität Regensburg, Regensburg. Lehrstuhl für Experimentelle und Angewandte Psychologie. Online verfügbar unter https://psydok.psycharchives.de/jspui/bitstream/20.500.11780/3433/1/findl.pdf, zuletzt geprüft am 17.11.2022.

Google (2022): GTFS-Static Überblick. Hg. v. Google. Online verfügbar unter https://developers.google.com/transit/gtfs?hl=de, zuletzt aktualisiert am 06.10.2022, zuletzt geprüft am 18.11.2022.

Herzner, Alexander; Schmidpeter, René (Hg.) (2022): CSR in Süddeutschland. Unternehmerischer Erfolg und Nachhaltigkeit im Einklang. Springer-Verlag GmbH. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler (Management-Reihe Corporate Social Responsibility). Online verfügbar unter http://www.springer.com/.

Josi, Damian (2020): Qualität von OpenStreetMap-Daten. Einführung und Arten der Qualitätsbeurteilung. Paper. Universität Bern, Bern. Institut für Wirtschaftsinformatik. Online verfügbar unter https://www.digitale-nachhaltigkeit.unibe.ch/unibe/portal/fak\_naturwis/a\_dept\_math/c\_iinfamath/abt\_digital/content/e90958/e490158/e900462/e977579/e977582/e980453/OpenData2020\_DamianJosi\_Vertiefungsartikel\_ger.pdf, zuletzt geprüft am 18.11.2022.

Krämer, Andreas (2022): exeo OpinionTRAIN. 9-Euro-Ticket: Blick zurück und nach vorne - Nutzerprofil, Nutzung und Bewertungen. exeo Strategic Consulting AG. Bonn, 08.09.2022. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/363417545\_exeo\_OpinionTRAIN\_IV\_9\_EUR\_Ticket\_Post\_I\_220907, zuletzt geprüft am 10.09.2022.

Liggieri, Kevin; Müller, Oliver (2019): Mensch-Maschine-Interaktion. Stuttgart: J.B. Metzler.

Lüth, Carsten (2019): A Review of: Human-Level Control through deep Reinforcement Learning. Seminararbeit. Universität Heidelberg, Heidelberg. Department of Computer Science. Online verfügbar unter https://hci.iwr.uni-heidelberg.de/system/files/private/downloads/213797145/report\_carsten\_lueth\_human\_level\_control.pdf, zuletzt geprüft am 13.11.2022.

Mainzer, Klaus (2019): Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen? Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Meier, Andreas; Portmann, Edy (2016): Smart City. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Nahrstedt, Harald (2012): Algorithmen für Ingenieure. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.

Niebler, Paul (2018): Datenbasiert Entscheiden. Ein Leitfaden Für Unternehmer und Entscheider. Unter Mitarbeit von Dominic Lindner. Wiesbaden: Gabler (Essentials Ser). Online verfügbar unter https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=5566817.

OSM-Highway (2022): Erklärung zum Schlüssel HIGHWAY. Hg. v. OpenStreetMap Community. Online verfügbar unter https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:highway, zuletzt aktualisiert am 26.10.2022, zuletzt geprüft am 18.11.2022.

OSM-PSV (2022): Erklärung zum Schlüssel PSV. Hg. v. OpenStreetMap Community. Online verfügbar unter https://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Key:psv?uselang=de, zuletzt aktualisiert am 29.08.2022, zuletzt geprüft am 18.11.2022.

Reinhardt, Winfried (2018): Öffentlicher Personennahverkehr. Technik – rechts- und betriebswirtschaftliche Grundlagen. 2., aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. Online verfügbar unter http://www.springer.com/.

Rimscha, Markus von (2008): Algorithmen kompakt und verständlich. Lösungsstrategien am Computer. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner (Programmiersprachen, Datenbanken und Softwareentwicklung).

Schaaf, Marc; Wilke, Gwendolin (2015): Ereignisverarbeitung zur Flexiblen Dynamischen Informationsverarbeitung in Smart Cities. In: *HMD* 52 (4), S. 562–571. DOI: 10.1365/s40702-015-0149-x.

Scherm, Jürgen; Hübener, Reinhard; Dobeschinsky, Harry; Kühne, Reinhart D. (2001): Opti\*Bus : Optimierungschancen für das Verkehrssystem Bus im ÖPNV ; Ergebnisse des Kongresses im Themenbereich Verkehr und Raumstruktur. Unter Mitarbeit von Universität Stuttgart.

Schmitz, Martin (2017): Ein Vergleich von Reinforcement Learning Algorithmen für dynamische und hochdimensionale Probleme. Bachelorarbeit. Universität Koblenz / Landau, Koblenz. Institute for Web Science and Technology. Online verfügbar unter https://west.uni-koblenz.de/assets/theses/vergleich-von-reinforcement-algorithmen.pdf, zuletzt geprüft am 13.11.2022.

Schranil, Steffen (2013): Prognose der Dauer von Störungen des Bahnbetriebs. ETH Zurich.

Searle, John R. (1980): Minds, brains, and programs. In: *Behav Brain Sci* 3 (3), S. 417–424. DOI: 10.1017/S0140525X00005756.

Simeonov, Georgi (2017): Ein interaktiver visueller Ansatz für das Map Matching von großen Bewegungsdatensätzen. Bachelorarbeit. Universität Stuttgart, Stuttgart. Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme. Online verfügbar unter https://www2.informatik.uni-stuttgart.de/bibliothek/ftp/medoc.ustuttgart\_fi/BCLR-2017-62/BCLR-2017-62.pdf, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

Soike, Roman; Libbe, Jens (2018): Smart Cities in Deutschland. Eine Bestandsaufnahme. Hg. v. Deutsches Institut für Urbanistik. Berlin (Difu-Papers). Online verfügbar unter https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/248050, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

Statistisches Bundesamt (2020): Einwohnerzahl der größten Städte in Deutschland am 31. Dezember 2020. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1353/umfrage/einwohnerzahlen-der-grossstaedte-deutschlands/, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

VDV-Schrift 736-2, 2019: VDV-Schrift 736-2. Online verfügbar unter https://www.vdv.de/736-2-sds.pdfx, zuletzt geprüft am 24.11.2022.

# Anhang

Ein Bild, das Karte enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Ein Bild, das Karte enthält.

Automatisch generierte Beschreibung