



Machbarkeitsstudie für den Einsatz des automatisierten Kleinbus e.GO Mover in der Stadt Norderstedt

Schlussbericht

06. September 2019



Impressum

Auftraggeber:



Stadt Norderstedt
Rathausallee 50
22846 Norderstedt

Auftragnehmer:



Büro autoBus
c/o Interlink GmbH
Wallstraße 58
10179 Berlin



e.GO Mobile AG
Campus-Boulevard 30
52074 Aachen, Germany

Bearbeitet durch:



Holger Michelmann
Julia Wolf
Markus Krüger
Linsey Stohr
Liss Böckler

Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	6
1 Ausgangslage und Aufgabenstellung.....	7
2 Grundlagenermittlung.....	8
2.1 Strukturen.....	8
2.1.1 Gesamtstädtische Einordnung.....	8
2.1.2 Stadtpark Norderstedt.....	9
2.1.3 Wohnsiedlung Grüne Heyde.....	9
2.2 Verkehrliche Lage.....	10
2.2.1 Gesamtstädtische Einordnung.....	10
2.2.2 Stadtpark Norderstedt.....	11
2.2.3 Wohnsiedlung Grüne Heyde.....	13
3 Status Autonomes Fahren im ÖV.....	14
3.1 Einführung.....	14
3.2 Automatisierungsstufen.....	15
3.3 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	16
3.3.1 Straßenverkehrsrecht.....	16
3.3.2 Personenbeförderungsrecht und Betriebsmodi.....	17
3.3.3 Verkehrssicherungspflicht.....	19
3.3.4 Fazit.....	19
3.4 Systembeschreibung und Funktionsweise.....	19
3.5 Stand der Technik in Entwicklung und Forschung.....	20
4 Fahrzeug.....	21
4.1 Fahrzeug e.GO Mover.....	21
4.2 Technische Mindestanforderungen.....	22
4.3 Auswahl möglicher Fahrzeugkonzepte.....	22
5 Infrastruktur.....	23
5.1 Definition.....	23
5.2 Abstellen und Laden, Instandhaltung und Reinigung.....	23

5.3	Haltestellen.....	24
5.4	Empfehlung	24
6	Personal.....	25
6.1	Anforderungen an die Begleiter.....	25
6.2	Schulungen	26
6.3	Perspektive eines fahrerlosen Betriebs.....	26
7	Entwicklung und Bewertung von Streckenvarianten	27
7.1	Variantenentwicklung	27
7.2	Stadtpark Norderstedt	27
7.2.1	Grobkonzept.....	27
7.2.2	Grundsatzentscheidung für den Streckenverlauf.....	29
7.2.3	Bewertung der Varianten	31
7.3	Wohnsiedlung Grüne Heyde	37
7.3.1	Grobkonzept.....	37
7.3.2	Grundlegende Überlegungen zur Strecke	38
7.3.3	Weitere Phasen	39
8	Betriebskonzept	40
8.1	Betriebsformen.....	40
8.2	Betreibermodell	40
8.3	Betriebszeiten, Fahrtenangebot und Fahrzeugbedarf	41
8.4	Personalbedarf	41
8.5	Abstellen und Laden.....	42
9	Weitere Schritte	42
9.1	Betriebsgenehmigungen	42
9.2	Handlungsbedarfe	44
10	Kostenabschätzung.....	45
10.1	Allgemeines zur Kostenschätzung.....	45
10.2	Investitionsaufwand Stadtpark Norderstedt.....	46
10.3	Betriebskosten Stadtpark Norderstedt	46
11	Finanzierungsmöglichkeiten und Organisation.....	47
11.1	Finanzierungsmöglichkeiten.....	47
11.2	Vertrieb und Tarif	49

11.3	Gesamtfinanzierung	49
11.4	Organisation	49
12	Zeitplan inkl. Meilensteine	51
13	Fazit	52
14	Bildnachweise	52
	Anlage	53

Inklusionsverweis

In diesem Dokument wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit die männliche Schreibweise verwendet. Sie bezieht sich jedoch auf Personen allen Geschlechts.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Norderstedt inkl. Kennzeichnung Stadtpark und Grüne Heyde	8
Abbildung 2: Geländeplan Stadtpark Norderstedt.....	9
Abbildung 3: Grüne Heyde Rahmenplan: Planzeichnung – VORENTWURF vom 06.08.2019	10
Abbildung 4: ÖPNV-Tagesnetz in Norderstedt – Buslinien (ohne Schulbusse).....	11
Abbildung 5: Verkehrliche Lage Stadtpark Norderstedt	12
Abbildung 6: Wohnsiedlung Grüne Heyde, Umgebungsplan.....	13
Abbildung 7: Grüne Heyde Rahmenplan: Planzeichnung – VORENTWURF vom 06.08.2019 inkl. Haltestellen	14
Abbildung 8: Sechs Level des automatisierten Fahrens gem. SAE International (2014).	15
Abbildung 9: Ankerpunkte.....	29
Abbildung 10: Streckenvariante 1	32
Abbildung 11: Streckenvariante 1a	33
Abbildung 12: Streckenvariante 2	34
Abbildung 13: Streckenvariante 3	35
Abbildung 14: Streckenvariante 4	36
Abbildung 15: Grüne Heyde Rahmenplan: Planzeichnung – VORENTWURF vom 06.08.2019 inkl. Streckenführung.....	38

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Fahrzeugarten und deren Anforderungen	17
Tabelle 2: Anforderungen an Fahrzeugbegleiter von hochautomatisierten Bussen	25
Tabelle 3: Aufgaben Fahrzeugbegleiter	26
Tabelle 4: Beschreibung und Bewertung der Ankerpunkte im Stadtpark Norderstedt.....	30
Tabelle 5: exemplarische Wegelänge und Fahrzeit Grüne Heyde, eigene Berechnung	39
Tabelle 6: Vor- und nachgelagerte Aufgaben beim Betrieb.....	41
Tabelle 7: Investitionsaufwand Stadtpark Norderstedt.....	46
Tabelle 8: Betriebskosten Stadtpark Norderstedt	47
Tabelle 9: Beispiel 1: Fördermittel für hochautomatisiert fahrende Kleinbusse	47
Tabelle 10: Beispiel 2: Fördermittel für hochautomatisiert fahrende Kleinbusse	48
Tabelle 11: Beispiel 2: Fördermittel für hochautomatisiert fahrende Kleinbusse	48
Tabelle 12: Mögliche Projektpartner und deren Rollen.....	50

1 AUSGANGSLAGE UND AUFGABENSTELLUNG

Autonom bzw. hochautomatisiert verkehrende Fahrzeuge sind verfügbar und werden weltweit in vielen Anwendungsfällen und unterschiedlichen Anwendungsumgebungen getestet und oftmals auch bereits im Regelbetrieb eingesetzt. Damit ergeben sich für die interessierten Gebietskörperschaften, Gewerbebetriebe, Parkbetreiber, Institutionen mit großen Liegenschaften und auch die im öffentlichen Personennahverkehr tätigen Verkehrsunternehmen neue Möglichkeiten in der Organisation, Konzeption und Durchführung von Verkehren.

Die Stadt Norderstedt möchte diesen Trend zum Anlass nehmen, Erfahrungen im Umgang mit autonom bzw. hochautomatisiert fahrenden Kleinbussen zu sammeln. Die Verfügbarkeit erster marktreifer automatisiert fahrender Klein- und Minibusse bietet jetzt die Chance, den Einsatz in geeigneten Umgebungen zu testen und aus dem Betrieb der Fahrzeuge Rückschlüsse sowohl auf weitere sinnvolle Einsatzfälle als auch auf mittelfristig mögliche Einflüsse dieser Technik auf die jeweiligen Akteure sowie Planung und Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen zu ziehen. Zu diesem Zweck hat die Stadt Norderstedt die e.GO Mobile AG beauftragt einen Shuttleverkehr zu initiieren.

Der hier vorliegende Bericht prüft den Einsatz vollautomatisiert fahrender Kleinbusse des Typs e.GO Mover auf dem Gelände des Stadtparks Norderstedt sowie in der neu entstehenden Wohnsiedlung Grüne Heyde. Das Fahrzeug oder die Fahrzeuge soll(en) die innere ÖPNV-Erschließung dieser beiden Gebiete ermöglichen und den beteiligten Akteuren weitere Erkenntnisse zum fahrerlosen Betrieb im ÖPNV erbringen. Für den e.GO Mover soll es einer der ersten Anwendungsfälle im Realbetrieb werden.

2 GRUNDLAGENERMITTLUNG

2.1 Strukturen

2.1.1 Gesamtstädtische Einordnung

Die Stadt Norderstedt liegt im Süden Schleswig-Holsteins, im Kreis Segeberg. Norderstedt hat ca. 80.000 Einwohner und eine Fläche von 5,81 km². Die Stadt grenzt nördlich an die Metropole Hamburg. Zudem sind die Landeshauptstadt Kiel sowie die Hansestadt Lübeck in knapp einer Stunde mit der Bahn und dem MIV (Motorisierter Individualverkehr) zu erreichen.

Die Lage der beiden hier zu untersuchenden Gebiete, des Stadtparks Norderstedt und des Wohnquartiers Grüne Heyde, ist der *Abbildung 1* zu entnehmen.

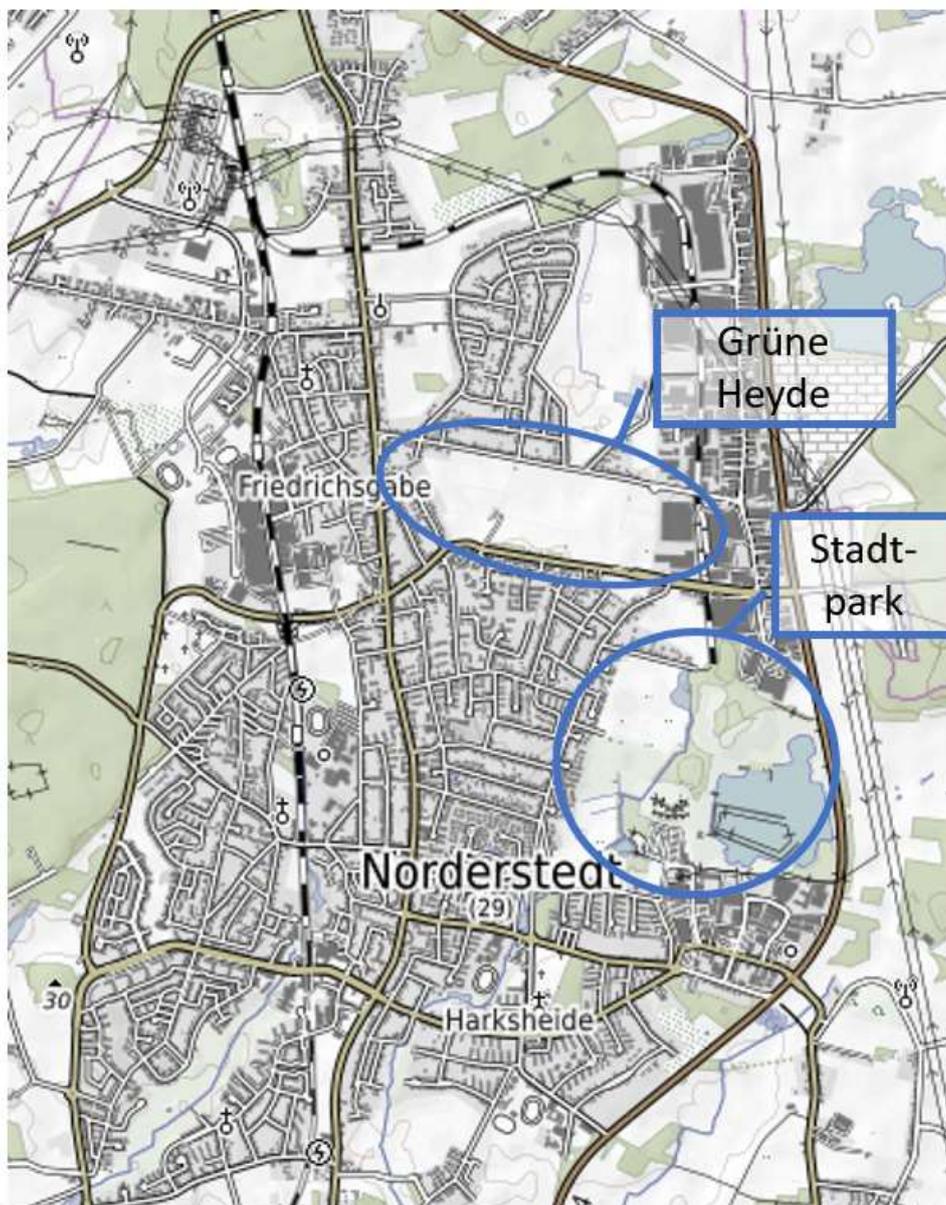


Abbildung 1: Norderstedt inkl. Kennzeichnung Stadtpark und Grüne Heyde; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

2.1.2 Stadtpark Norderstedt

Östlich der Innenstadt befindet sich der Stadtpark Norderstedt. Mit einer Gesamtfläche von 75 Hektar, besteht er aus den drei Bereichen Feld-, See- und Waldpark. Im Stadtpark gibt es zahlreiche Freizeitangebote wie eine Wasserskianlage, einen Kletterpark, ein Freibad und Restaurants. Der Stadtpark liegt direkt am Kulturwerk Norderstedt, in dem viele Veranstaltungen stattfinden. Er ist im Rahmen der Landesgartenschau 2011 zu einem Dreh- und Angelpunkt des Freizeitgeschehens in Norderstedt entwickelt worden und weist in den Sommermonaten eine hohe Nutzungsintensität auf. Der Stadtpark hat bis zu 600.000 Gäste jährlich. Er lockt viele Anwohner aber auch auswärtige Gäste allen Alters an.



Abbildung 2: Geländeplan Stadtpark Norderstedt; Quelle: Stadtpark Norderstedt GmbH

2.1.3 Wohnsiedlung Grüne Heyde

Die neu entstehende Wohnsiedlung Grüne Heyde befindet sich ebenfalls im östlichen Teil von Norderstedt und liegt unmittelbar nordwestlich des Stadtparks. Hier soll ein nachhaltiges Wohnquartier mit einer international anerkannten DGNB-Zertifizierung¹ entstehen. Die Gesamtfläche des Quartiers beträgt 47 Hektar und besteht nach aktuellem Planungsentwurf aus sieben Quartiersbereichen: der Sonnen Heyde, Mühlen Heyde, Norderheyde, Wilde Heyde, Heyde Wiese, Heyde Zentrum und Heyde

¹ Die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e. V. ist ein Verein, der es sich zur Aufgabe gemacht hat, nachhaltiges Bauen und das Betreiben einer nachhaltigen Umwelt zu fördern. „Ziel der DGNB ist es, die gebaute Umwelt zum Wohle aller so zu planen, zu betreiben und zu nutzen, dass die Interessen der nach uns kommenden Generationen nicht darunter leiden - dies so weit wie möglich ohne Einschränkung der Interessen der heutigen Generation.“ (Quelle: Stadt Norderstedt; unter: https://www.norderstedt.de/Leben-Wohnen/Wohnen/Stadtplanung/Rahmenplan/index.php?La=1&NavID=1917.10&object=tx_1917.2252.1&kat=&kuo=2&sub=0; abgerufen am: 08.04.2019).

Höfe. Als besonderes Element wird ein Zentrum mit einem Marktplatz als zentraler Ort des Geschehens im Quartier entwickelt.

Ideen und grundlegende Anforderungen an das neu entstehende Quartier Grüne Heyde wurden im Rahmen von Workshops mit Bürgern und Bürgerinnen, wie der Perspektivenwerkstatt im November 2015 oder das Bürgerforum „grüne heyde norderstedt“ im Februar 2016, gemeinsam erarbeitet. Im Rahmen der ersten Planungsetappen wurden bereits diverse Gutachten erstellt und erste konzeptionelle Grundlagen erarbeitet, wie zum Beispiel ein Grün- und Freiraumkonzept, ein Energiekonzept und ein Wasserkonzept.

Es werden voraussichtlich 1.300 Wohneinheiten geschaffen, die insgesamt Platz für etwa 3.000 Bewohner bieten sollen. Mittig, in dem Quartiersteil Wilde Hyde, sind nach derzeitigem Planungsentwurf die größten Gebäude mit drei bis vier Geschossen geplant.



Abbildung 3: Grüne Heyde Rahmenplan: Planzeichnung – VORENTWURF vom 06.08.2019; Quelle: Stadt Norderstedt

2.2 Verkehrliche Lage

2.2.1 Gesamtstädtische Einordnung

Elementar für die verkehrliche Groberschließung der Stadt Norderstedt sind die A7 (zwischen Hamburg und Kiel) und die Bundesstraße B432, welche auch eine innerstädtische Erschließungsfunktion im Süden und Osten der Stadt übernimmt.

Der Hamburger Verkehrsverbund (HVV) trägt die Verantwortung für alle öffentlichen Verkehrsträger in Norderstedt. Über 20 Buslinien sowie die Nachtbuslinien 616 und 626 werden durch die Verkehrsgesellschaft Norderstedt betrieben.

Die U-Bahn-Linie 1 und die AKN-Linie A2 sorgen für einen Anschluss nach Hamburg und Ulzburg Süd (bzw. Kaltenkirchen).

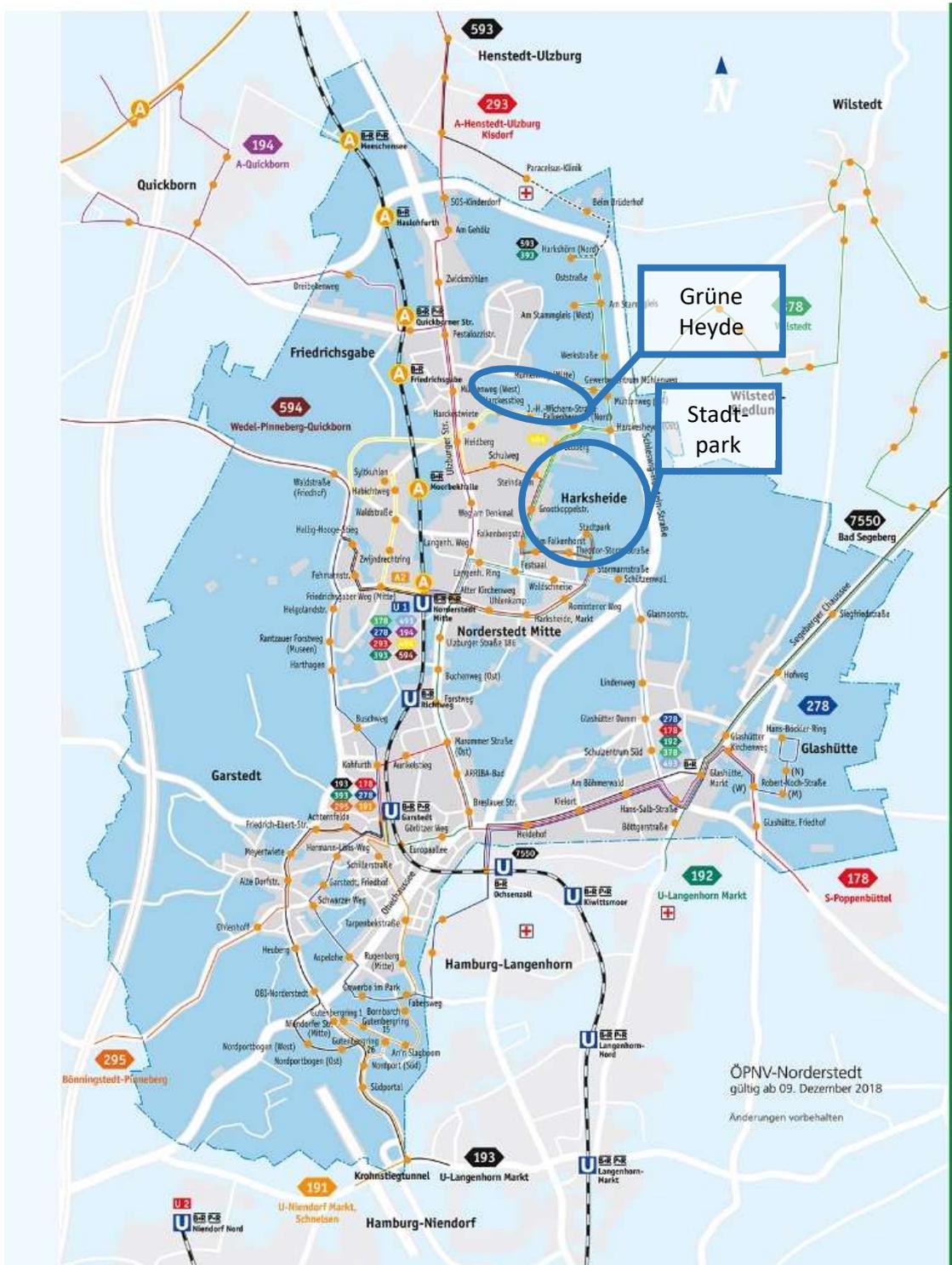


Abbildung 4: ÖPNV-Tagesnetz in Norderstedt – Buslinien (ohne Schulbusse); Quelle: Stadtwerke Norderstedt

2.2.2 Stadtpark Norderstedt

Der Stadtpark ist ca. 2,7 km von der U-Bahn- und AKN-Haltestelle Norderstedt Mitte entfernt. Das Gelände ist mit dem ÖPNV über die Buslinien 293 und 393 ab der Haltestelle Norderstedt, Stadtpark zu erreichen, die direkt am Kulturwerk und somit am südwestlichen Eingang liegt. Alternativ ist die

Haltestelle Harksheide - Grootkoppelstraße möglich, um über die Straße „Am Stadtpark“ den nord-westlichen Eingang zu nutzen. Diese Haltestelle befindet sich ca. 200 m außerhalb der Stadtparkgrenzen. Hier fahren ebenfalls die Linien 293 und 393 als auch 378, 578 und der Nachtbus 626.

Für den MIV stehen Parkplätze am Kulturwerk zur Verfügung. Elektrisch angetriebene Fahrzeuge können am Kulturwerk mittels zweier Ladesäulen aufgeladen werden. Dort kann der südwestliche Eingang zum Stadtpark genutzt werden. Der Stadtpark ist nicht für die Befahrung durch privaten MIV zugelassen, lediglich betriebseigene Golfcarts, Anlieferverkehr und der Gärtnerbetrieb dürfen den Stadtpark unter Berücksichtigung der Parkordnung befahren. Die westlich vom Stadtpark gelegenen Straßen bieten keinen Raum für das Abstellen von Fahrzeugen der Stadtparkbesucher. Fahrräder sind im gesamten Stadtpark erlaubt. Allerdings gilt gemäß Parkordnung auch für Fahrradfahrer Schrittgeschwindigkeit, für motorisierten Verkehr gibt es eine individuelle Genehmigung inkl. Geschwindigkeitsvorgaben. Abstellmöglichkeiten für Fahrräder gibt es am Strandbad, am Parkplatz am Kulturwerk sowie in der Nähe der Waldbühne. Zudem gibt es in der Nähe des Parkplatzes am Kulturwerk eine Station der Nextbike GmbH zur Ausleihe von Fahrrädern. Fußläufig ist das Gelände des Stadtparks von allen Richtungen aus erreichbar (siehe Abbildung 5).

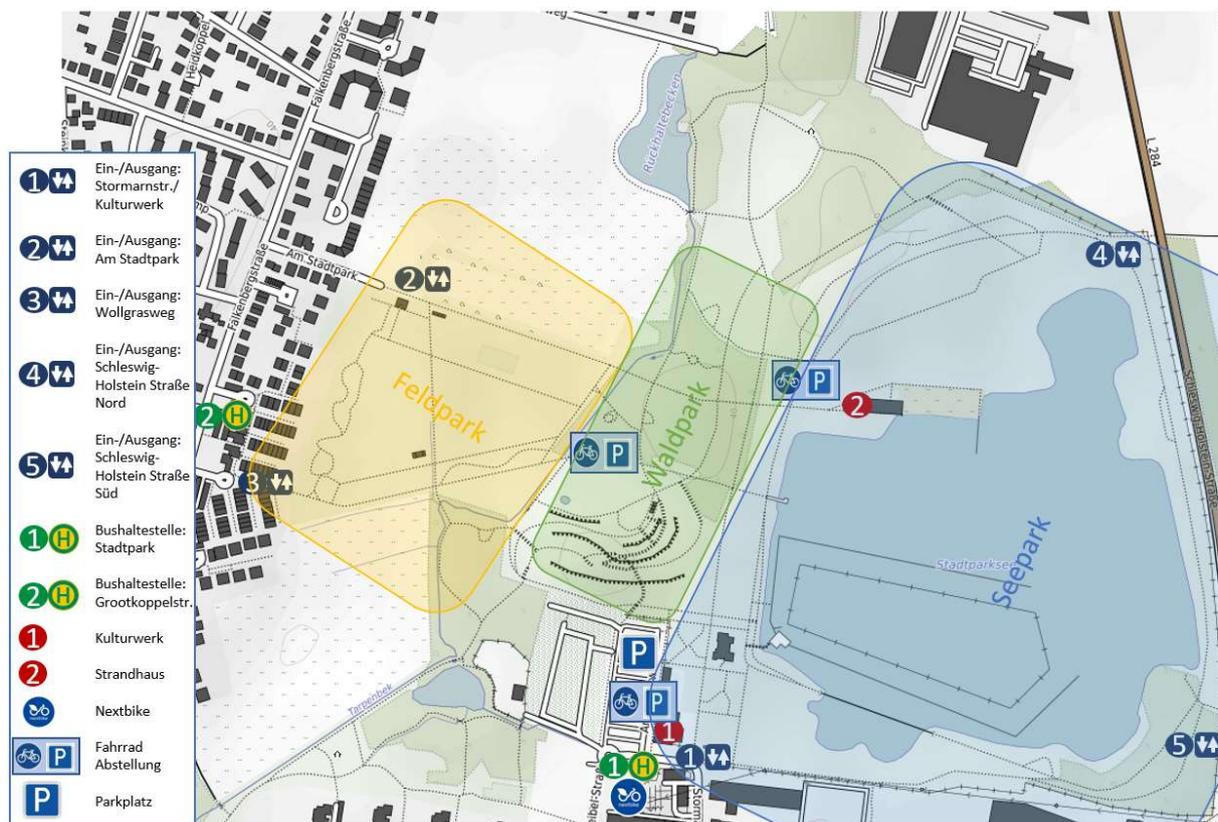


Abbildung 5: Verkehrliche Lage Stadtpark Norderstedt; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

2.2.3 Wohnsiedlung Grüne Heyde

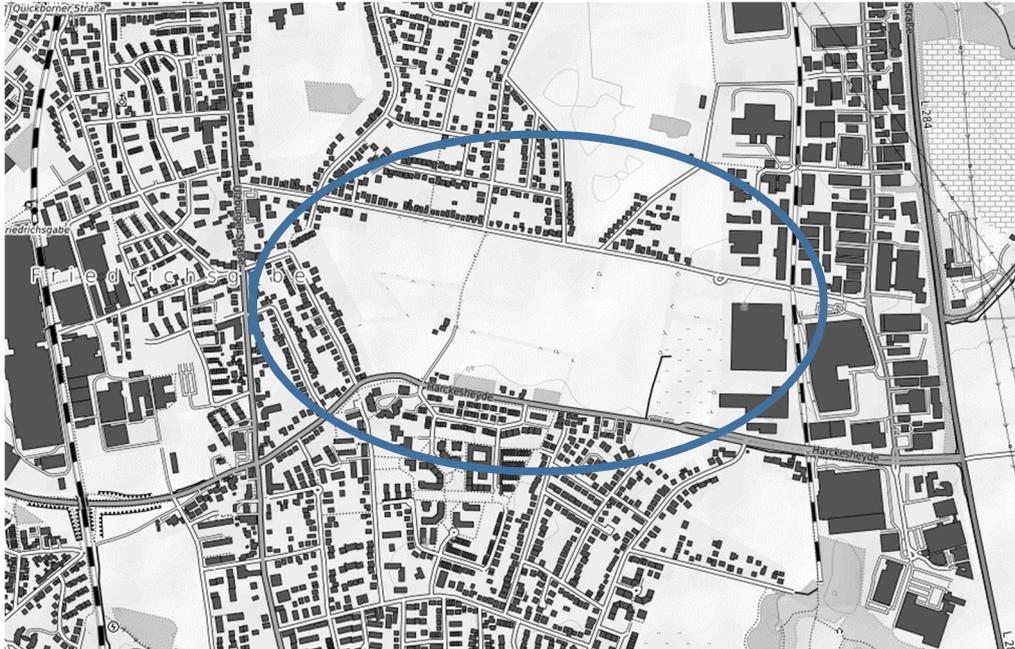


Abbildung 6: Wohnsiedlung Grüne Heyde, Umgebungsplan; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

Ein wesentliches Element bei der Planung der neuen Wohnsiedlung Grüne Heyde ist ein innovatives, nachhaltiges Mobilitätskonzept, das für saubere Luft sorgen soll. In den Planungen werden Angebote wie Car-Sharing, Infrastruktur für Rad- und Fußverkehr, ebenerdige Fahrradabstellanlagen, Fahrradverleihsysteme, Quartiersgaragen und autoarmes Wohnen integriert. Außerdem sollen Konflikte zwischen den unterschiedlichen Verkehrsmodi wie Rad-, Fuß- und MIV soweit möglich vermieden werden, was durch eine getrennte Führung erleichtert werden kann. Die Grüne Heyde wird nach derzeitigen Planungen eine Tempo-30-Zone oder gar eine verkehrsberuhigte Zone sein. Für die Harckesheyde, die südlich angrenzende Hauptverkehrsstraße, wird die Einrichtung einer Tempo-30-Zone geprüft.

In der gesamten Grünen Heyde herrscht Linienverkehrsverbot, was dazu führt, dass hochautomatisierte Kleinbusse die Anbindung der Wohneinheiten an die Bushaltestellen außerhalb des Quartiers sowie an die Mobilitätsstationen an den Quartiersgaragen, die sich am Quartiersrand befinden, sicherstellen sollen.

Der Planungsstand der Grünen Heyde ist derzeit relativ schematisch und noch nicht final abgestimmt, sodass die Planungsphase noch hinsichtlich des Wegeplans und der konkreten Ausgestaltung der Wege beeinflusst werden kann. Ideale Rahmenbedingungen für einen automatisierten Shuttle-Betrieb werden in Kapitel 7.3.2 *Grundlegende Überlegungen zur Strecke* aufgezeigt.

Zudem wird von Seiten der Stadtverwaltung eine Buslinie um das Quartier angeregt, sodass am Quartiersrand zwei zusätzliche Haltestellen eingerichtet werden können und eine Anbindung an die wesentlichen Knoten gegeben ist.



Abbildung 7: Grüne Heyde Rahmenplan: Planzeichnung – VORENTWURF vom 06.08.2019 inkl. Haltestellen; Quelle: Stadt Norderstedt, eigene Bearbeitung

3 STATUS AUTONOMES FAHREN IM ÖV

3.1 Einführung

Automatisiert fahrende Fahrzeuge besitzen je nach Automatisierungsgrad eine Vielzahl weitentwickelter technischer Systeme, um die Beförderung von Personen und den Transport von Gütern ohne menschliche Interventionen zu gewährleisten. Die technischen Voraussetzungen für die Prozesse des Autonomen Fahrens (AF) existieren grundsätzlich, die erforderliche Signal- und Prozessverarbeitung wird aktuell mit hoher Geschwindigkeit stetig weiterentwickelt. Damit gilt die Etablierung des Systems im Mischverkehr mit konventionellen Fahrzeugen in den kommenden zehn Jahren als sehr wahrscheinlich.

Dies stellt auch den Öffentlichen Personenverkehr (ÖV) vor neue Herausforderungen. In diesem Zusammenhang ist aber erwartbar, dass sich für den ÖV ein völlig neuer Angebotsbereich entwickelt. So bietet sich für die öffentlichen Verkehrssysteme mit dem hochautomatisierten bzw. autonomen Fahren perspektivisch eine neue Flexibilität in der Umsetzung von Angebotskonzepten insbesondere durch Bedarfsverkehre, der bisher unter dem hohen Kostenanteil des Fahrpersonals und geringer Nachfrage litt und durch neue Konzepte attraktiver gestaltet werden kann. Grundlage ist hier ein Angebot, welches ohne Fahrplan und ohne feste Route auskommt und beispielsweise über ein mobiles Endgerät der jeweilige Bedarf angemeldet und gebucht werden kann. Ein Algorithmus berechnet dabei die ideale Strecke, um mehrere Personen gemeinsam befördern zu können. Ganz wesentlich bei diesem Ansatz ist die Betrachtung der „letzten Meile“ bzw. „ersten Meile“, bei dem mit diesen Fahrzeugen Fahrgäste von bzw. zu einem bestehenden Verknüpfungspunkt (Bahnhof, Straßenbahn- oder Bushaltestelle, P&R-Platz) gebracht werden. Aktuell ist diese Betriebsform zwar technisch möglich, aber real

aus Gründen der Fahrzeugzulassung bzw. der Anforderungen an eine Betriebsgenehmigung noch nicht umsetzbar.

3.2 Automatisierungsstufen

Autonomes Fahren beschreibt bei exakter Auslegung nur die höchste Entwicklungsstufe verschiedener Automatisierungsgrade bei Fahrzeugen. Nachfolgend werden diese Automatisierungsstufen anhand der Definition der US-Amerikanische Society of Automotive Engineers (SAE International) erläutert.

Die SAE International unterscheidet sechs verschiedene Level der Automatisierung (siehe Abbildung 8). Die Level 1 bis 2 sind derzeit schon in vielen neueren Pkw Realität. Level 3 ist bereits vereinzelt in wenigen Fahrzeugmodellen vorzufinden.

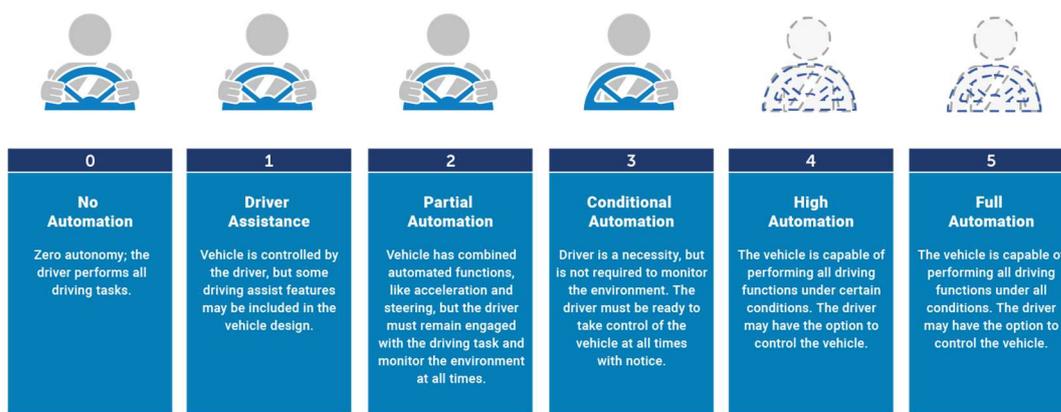


Abbildung 8: Sechs Level des automatisierten Fahrens gem. SAE International (2014).

Folgende Level werden unterschieden:

- Level 0 – keine Automatisierung: Fahrer tätigt alle Fahraufgaben und kontrolliert das Fahrzeug.
- Level 1 – Minimalautomatisierung: Fahrzeug wird durch Fahrer kontrolliert, aber Fahrassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung, z. B. ein Abstandsregeltempomat (ACC).
- Level 2 – Teilautomatisierung: Fahrzeug verfügt über kombinierte automatisierte Funktionen, also Assistenzsysteme wie automatisches Einparken, Spurhalten, Beschleunigung, Abbremsen. Diese werden unter Verwendung von Informationen über die Fahrumgebung geregelt. Der Fahrer bleibt dabei für die Fahrzeugführung verantwortlich und muss alle verbleibenden Aspekte der dynamischen Fahraufgabe erfüllen.
- Level 3 – Limitierte Automatisierung: Fahrer muss das System nicht kontinuierlich überwachen, sondern jederzeit bereit sein nach Aufforderung durch das System die Fahrzeugführung zu übernehmen.
- Level 4 – Hochautomatisierung: Fahrzeug ist fähig, alle Fahrfunktionen unter bestimmten Bedingungen zu übernehmen. Die Fahrzeugführung wird dauerhaft vom System übernommen. Falls die Fahraufgaben das System überfordern, wird der Fahrer zur Übernahme aufgefordert.
- Level 5 – Vollautomatisierung: Fahrzeug übernimmt alle Fahrfunktionen. Es wird kein Fahrer benötigt.

Derzeit gibt es in Europa noch keinen Anwendungsfall auf öffentlichen Straßen, bei dem automatisierte Kleinbusse ohne Begleitpersonal („Sicherheitsfahrer“, „Steward“ oder „Operator“) unterwegs sind. Das automatisierte System muss dauerhaft von einem Fahrzeugführer überwacht werden. Gemäß § 1b StVG besteht für die Begleitperson die Verpflichtung dazu, die Fahrzeugsteuerung unverzüglich

wieder zu übernehmen, wenn das System dazu auffordert oder wenn sie erkennt oder aufgrund offensichtlicher Umstände erkennen muss, dass die Voraussetzungen für eine bestimmungsgemäße Verwendung der hoch- oder vollautomatisierten Fahrfunktionen nicht mehr vorliegen. Die Fahrzeuge sind demnach teilautomatisiert und nur für genau definierte Strecken zugelassen. Vorgesehen ist jedoch, dass in einem erlernten Gebiet das Fahrzeug vollständig alle darin vorkommenden Situationen automatisch bewältigt. In diesem Fall kann es als vollautomatisiert bezeichnet werden. Erst wenn Start und Ziel nicht auf ein vorher gelerntes Umfeld beschränkt sind, kann vom autonomen Fahren gesprochen werden.

3.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

3.3.1 Straßenverkehrsrecht

Die Grundlagen des deutschen Straßenverkehrsrechts bildet das Straßenverkehrsgesetz (StVG). Neben dem Straßenverkehrsgesetz ist in diesem Zusammenhang die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) relevant. Diese wird zwar gegenwärtig abgebaut und in andere Verordnungen (Fahrerlaubnis-Verordnung, Fahrzeug-Zulassungsverordnung, Straßenverkehrs-Ordnung) überführt; derzeit regelt sie aber noch die formalen und technischen Voraussetzungen für die Zulassung von Fahrzeugen für den Verkehr auf öffentlichen Straßen, Wegen und Plätzen.

Das deutsche Straßenverkehrsrecht ist mit dem sogenannten Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr, einem internationalen Vertrag aus dem Jahr 1968 zur weltweiten Standardisierung grundlegender Verkehrsregeln, harmonisiert. Seit März 2016 erlaubt eine Ergänzung des Wiener Übereinkommens Systeme, mit denen ein Fahrzeug autonom fährt, sofern diese Systeme jederzeit vom Fahrzeugführer übersteuert oder ausgeschaltet werden können. Das deutsche Straßenverkehrsgesetz wurde 2017² in diesem Sinne angepasst und erklärt im § 1a Abs. 1 StVG, dass der Betrieb eines Kraftfahrzeugs mittels hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion zulässig ist. Fahrzeuge mit dieser Fahrfunktion sind gemäß § 1a Abs. 2 StVG solche, die die dort aufgeführten technischen Anforderungen erfüllen und deren Erfüllung vom Hersteller zugesichert wird.

Gegenwärtig ist noch unklar, ob der für die ggf. notwendige Übersteuerung oder Ausschaltung der Technik erforderliche Fahrzeugführer sich tatsächlich im Fahrzeug befinden muss („Steward“) oder durch eine Leitstelle ausgeführt werden könnte. Die gegenwärtige Praxis bei autonomen Busverkehren mit Begleitpersonen im Fahrzeug ist dieser Unklarheit einerseits und dem Informationsbedürfnis der Fahrgäste andererseits geschuldet, verbindlich vorgeschrieben ist sie aber nicht.

Bei der Wahl der Fahrzeuggröße und der Art der Fahrzeugzulassung ist unter Berücksichtigung der Verkehrsform gemäß Personenbeförderungsgesetz sowie der erlaubten Anzahl an Fahrgastplätzen (ggf. auch von Stehplätzen) die möglicherweise bestehende Gurtpflicht zu beachten und untersuchen.

Fahrzeugart	Verkehrsform gemäß PBefG	Fahrgastplätze	Stehplätze	Gurtpflicht
Personenkraftwagen	Linien-/Gelegenheitsverkehr	max. 8 erlaubt	verboten	ja

² Am 30. März 2017 stimmten die Fraktionen von CDU/CSU und SPD einem Entwurf der Bundesregierung zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes (18/11300) in der durch den Verkehrsausschuss geänderten Fassung (18/11776) zu.

Fahrzeugart	Verkehrsform gemäß PBefG	Fahrgastplätze	Stehplätze	Gurtpflicht
Kraftomnibus	Gelegenheitsverkehr	min. 9 erlaubt	verboten	ja
Kraftomnibus	Linienverkehr	min. 9 erlaubt	erlaubt	nein

Tabelle 1: Fahrzeugarten und deren Anforderungen

Ausnahmeregelungen können grundsätzlich nach § 70 StVZO durch die obersten Landesbehörden, das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur oder durch das Kraftfahrt-Bundesamt erteilt werden; ob und unter welchen Umständen ist im Detail mit allen Beteiligten zu klären.

Bisher gilt eine Grenze von 25 km/h, bis zu der die Fahrzeuge von deutschen Landesbehörden per Ausnahmeregelung zugelassen werden können. Es ist davon auszugehen, dass es hier angesichts der Weiterentwicklung der Technik und der Umsetzung automatisierter Fahrfunktionen in Straßenfahrzeugen Änderungen geben wird, sicher prognostizierbar ist dies jedoch nicht.

3.3.2 Personenbeförderungsrecht und Betriebsmodi

Das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) ist eine spezielle Ausprägung des Gewerberechts, das die entgeltliche oder geschäftsmäßige Beförderung von Personen regelt. Gemäß §1 Abs. 1 PBefG sind diese Beförderungen genehmigungspflichtig, wenn sie mit Kraftfahrzeugen erfolgen und keine Ausnahme nach §1 Abs. 2 PBefG vom Anwendungsbereich vorliegt³. Als Kraftfahrzeuge im Sinne des §4 Abs. 4 PBefG gelten Straßenfahrzeuge, die durch eigene Maschinenkraft bewegt werden, ohne an Schienen oder eine Fahrleitung gebunden zu sein. Für einen automatisierten Busverkehr ist das Personenbeförderungsgesetz damit einschlägig.

Da automatisierte Kleinbusse Beförderungskapazitäten von bis zu 15 Fahrgästen haben, sind sie entweder als Personenkraftwagen, Kraftomnibus oder sonstiges Fahrzeug zuzulassen. Dies ist u. a. abhängig vom zulässigen Gesamtgewicht des Systems.

Ein Linienverkehr nach §42 PBefG bedingt eine zwischen bestimmten Ausgangs- und Endpunkten eingerichtete regelmäßige Verkehrsverbindung, auf der Fahrgäste an bestimmten Haltestellen ein- und aussteigen können. Er setzt nicht voraus, dass ein Fahrplan mit bestimmten Abfahrts- und Ankunftszeiten besteht oder Zwischenhaltestellen eingerichtet sind.

Der hochautomatisierte Kleinbusverkehr ist gemäß folgenden Betriebsmodi möglich:

- a) Metro-Modus: fahrplangebundener Linienbetrieb mit Halt und Türöffnung an jeder Haltestelle

Auf Basis der einprogrammierten Strecken und der definierten Haltestellen ist ein Betrieb nach Fahrplan möglich. Bei der obligatorischen Bedienung von Haltestellen hält der Bus an jeder im Fahrplan aufgeführten Haltestelle und öffnet die Tür, unabhängig von tatsächlichen Ein- und Ausstiegswünschen. Grundsätzlich sind beliebig viele verschiedene Linienwege und Fahrzeitprofile möglich, so dass eine Anpassung an Verkehrsnachfrage, Betriebskonzept und Betriebsform mög

³ Weitere Ausnahmen definiert die Freistellungs-Verordnung (FrStllgV).

lich ist. Diese Betriebsform wird als „Metro-Modus“ bezeichnet.

- b) Bus-Modus: fahrplangebundener Linienbetrieb mit Halt und Türöffnung an Haltestellen nur bei Bedarf

Im Fall der bedarfsabhängigen Bedienung der Haltestellen hält der Bus nur bei einer Anmeldung des Bedarfs an und öffnet dann die Tür. Die Anmeldung des Bedarfs kann auf verschiedene Weise erfolgen, wie beispielsweise durch eine App⁴ oder per ortsfest installiertem Eingabegerät (z. B. Schalter, Knopf, ortsfestes Tablet) sowie durch Betätigen der Haltewunschtaaste im Fahrzeug.

- c) Taxi-Modus (Rufbus): fahrplanfreier Flächenbetrieb gemäß Bedarf mit Halt und Türöffnung an Haltestellen oder auf freier Strecke

Entsprechend der Betriebsform Rufbus oder auch flächenhafter Rufbus im klassischen ÖPNV kann auch der hochautomatisiert gesteuerte Bus eingesetzt werden. Auf Basis eines für diesen Bus freigegebenen Netzes aus Straßen und definierten Haltestellen (beispielsweise vor jeder Haustür) ist ein Betrieb ohne Fahrplan möglich. Dabei bündelt die hinterlegte Rufbus-Software Fahrtwünsche, damit sich möglichst viele Fahrtwünsche auf eine Fahrt konzentrieren.

Auch in dieser Betriebsform melden die Fahrgäste ihren Fahrtwunsch bei Bedarf über eine App an. Diese Betriebsform wird als „Taxi-Modus“ bezeichnet.

- d) Mischformen

Die beschriebenen Betriebsformen können zeitlich und räumlich differenziert eingesetzt werden.

Eine zeitliche Differenzierung kann sinnvoll sein, wenn in nachfragestarken Verkehrszeiten die Betriebsweise „Metro“ ohne Anmeldezwang sinnvoll ist, aber in Schwachverkehrszeiten die Betriebsweise „Taxi“ dem Bedarf besser entspricht.

Eine räumliche Differenzierung kann sinnvoll sein, wenn es einen nachfragestarken Streckenabschnitt gibt und abgelegene Streckenteile und abgelegene Haltestellen nur sporadisch angefahren werden müssen. In diesem Fall kann eine Fahrt auf verschiedenen Streckenabschnitten unterschiedliche Betriebsweisen aufweisen.

Die linienbasierten Metro- und Bus-Modi entsprechen den Kriterien des Linienverkehrs gemäß §42 PBefG und eine Genehmigung des automatisierten Kleinbusverkehrs zur Ausübung der Gewerbe-tätigkeit „Personenbeförderung“ als Linienverkehr ist daher unproblematisch.

Lediglich im fahrplanfreien Taxi-Modus mit einem Fahrgastwechsel an Haltestellen oder auf freier Strecke ergeben sich die gleichen Schwierigkeiten wie bei einem „konventionellen“ Rufbusverkehr im vollflexiblen Flächenbetrieb, da sie weder den Kriterien eines Linienverkehrs noch denen eines Gelegenheitsverkehrs entsprechen.

Im Fall einer Beförderung, die nicht alle Merkmale einer Verkehrsart oder Verkehrsform erfüllt, kann eine Genehmigung nach den Vorschriften des Personenbeförderungsgesetzes erteilt werden, denen die Beförderung am meisten entspricht. Insofern entscheidet die zuständige Genehmigungsbehörde

⁴ Perspektivisch wird eine Verknüpfung zwischen dem hochautomatisierten Bus und einer gängigen Rufbus-Software mit Anbindung an eine App die Anmeldung von Fahrtwünschen ermöglichen. Nutzer des Systems können ihren Fahrtwunsch anmelden und im Fall von kurzfristigen Fahrtwünschen den Standort des Fahrzeuges auf einer Karte erkennen.

im Rahmen ihres Beurteilungsspielraums, ob der automatisierte Betrieb im Taxi-Modus entweder als atypischer Linien- oder als atypischer Gelegenheitsverkehr mit Mietwagen- bzw. Mietomnibussen genehmigt werden kann.

3.3.3 Verkehrssicherungspflicht

Der Eigentümer bzw. Betreiber des Stadtparkgeländes ist dazu verpflichtet, der Verkehrssicherungspflicht und damit der Verhaltenspflicht zur Abwehr von Gefahrenquellen nachzukommen, da deren Unterlassen zu Schadensersatzansprüchen nach den §§ 823 ff. BGB führen kann. Diese Pflicht bezieht sich auch auf den Shuttle-Verkehr, indem die notwendigen und zumutbaren Vorkehrungen für einen gefahrlosen Betrieb seitens der Infrastruktur geschaffen werden müssen, um eine Schädigung Anderer möglichst zu verhindern. Wenn ein Betrieb mit den Shuttles durchgeführt werden soll, hat der Eigentümer bzw. der Betreiber des Geländes dafür zu sorgen, dass die Infrastruktur dafür geeignet ist und potenzielle Gefahren ausgeschlossen werden.

Insbesondere hierfür ist im Rahmen der nächsten Schritte die Durchführung einer Risikoanalyse zusammen mit der Umsetzung entsprechender Maßnahmen sinnvoll. Diese wird dann zum Gegenstand einer zur Absicherung gegenüber Genehmigungsbehörden oder der Versicherungen durchzuführenden Begutachtung durch eine Prüforganisation.

3.3.4 Fazit

Es sind zwei Schritte bei der Genehmigung von Verkehren mit automatisierten Fahrzeugen zu beachten: die Fahrzeuge müssen für den Betrieb zugelassen sein und der Betrieb der Fahrzeuge auf den vorgesehenen Strecken ist zu genehmigen. Die aktuell zur Verfügung stehenden Fahrzeuge sind in einigen Projekten im Frühjahr 2019 zugelassen worden (im Rahmen einer Einzelzulassung und auf Basis von entsprechenden Sachverständigengutachten). Der Einsatz in verschiedenen Umgebungen ist ebenfalls genehmigt worden (auf Basis von detaillierten strecken- und fahrzeugbezogenen Risikoanalysen). Diese beiden Schritte sind aktuell bei jedem Einsatz auf öffentlichen Straßen zu gehen. Auf privatem Gelände sind diese beiden Schritte nicht erforderlich, es empfiehlt sich hier aber eine rechtzeitige (informelle) Einbeziehung der den Einsatz im öffentlichen Straßenraum Genehmigenden.

3.4 Systembeschreibung und Funktionsweise

Die bereits heute verfügbaren automatisiert fahrenden Busse lassen sich als Bestandteil des ÖPNV planen und einsetzen, allerdings vor allem, um Erfahrungen mit der neuen Technologie zu sammeln. Hergestellt wurden bisher ausschließlich Klein- und Minibusse mit bis zu 15 Fahrgastplätzen, größere Fahrzeuge in Linienbusgröße befinden sich noch in Entwicklung. Noch gibt es die zwei Fahrmodi: manueller Fahrmodus und automatisierter Fahrmodus. Beim manuellen Fahrmodus fährt die Begleitperson das Shuttle mit einer Steuerungseinheit, beim e.GO Mover mit einem Lenkrad, um außerhalb der vordefinierten Strecke zu fahren oder um größeren Hindernissen auszuweichen.

Die Fahrzeuge fahren nur auf vorher einprogrammierten Strecken entlang eines Referenzpfades, der eine Länge von 3 bis maximal 5 km aufweisen sollte. Eine Vielzahl von Kameras und Sensoren arbeitet zum Beispiel mit Ultraschall, Laserscanner oder Radar. Die Umgebung wird mit diesen kontinuierlich erfasst, wodurch eine Orientierung in dem Straßenverkehr möglich ist. Ein Bordcomputer verarbeitet diese Daten und wandelt sie in Befehle um, die das Fahrzeug fahrerlos fahren lässt. Um in unbekanntem oder teilweise unbekanntem Umgebungen operieren zu können, benötigt das Fahrzeug folgende Komponenten des hochautomatisierten Systems:

Eine erste Komponente ist die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS), die eine Verbindung und Kommunikation des Systems mit dem Benutzer herstellt und sich im oder außerhalb des Fahrzeugs befinden kann. Diese Steuerung überträgt zum Beispiel Befehle aus der Nutzung des Systems über externe Bedieneinheiten (vom Smartphone bis zur Steuerungszentrale).

Darüber hinaus sind die Sensorsysteme als zweite Komponentengruppe für die Steuerung von maßgeblicher Bedeutung. Dabei werden verschiedene Sensorsysteme, wie Ultraschall-, Radar- und LiDAR-Sensoren, eingesetzt und durch optische Kameras, die der Erkennung von Spuren, Verkehrszeichen, Hindernissen etc. dienen ergänzt.

Als weitere Komponente sind die Lokalisierungsfunktionen des Fahrzeuges zu nennen, ohne die sich ein hochautomatisiertes Fahrzeug nicht orientieren könnte. Dies erfolgt über die Echtzeit-Lokalisierung über GPS auf Grundlagen von vorhandenem Kartenmaterial bzw. die kontinuierliche Aktualisierung von Karten aus fahrzeugexternen Quellen. Der Betrieb mit den aktuell verfügbaren (inkl. der für 2019 angekündigten) Fahrzeugen setzt allerdings noch das Einmessen und Anlernen der jeweiligen Strecke und das Programmieren der jeweiligen Fahrzeugfunktionen voraus.

Unabdingbar für einen reibungslosen Verlauf ist die Kommunikation und der Abgleich zwischen den verschiedenen Komponenten sowie zwischen einzelnen Teilkomponenten (z. B. Sensoren untereinander), damit sich das Fahrzeug auf den Straßen fahrerlos verhalten kann.

Eine große Rolle für die Entwickler spielt der Datenschutz, insbesondere bezüglich etwaiger Eingriffe in die Fahr- und Lenkbewegungen des Fahrzeugs. Bei den aktuell verfügbaren Systemen ist ein Eingriff von außen nicht möglich, nur der Einblick in das Fahrzeug per Video oder in die Fahrdaten ist möglich. Softwareupdates erfolgen kabelgebunden im Stillstand z. B. während der Betriebsruhe.

3.5 Stand der Technik in Entwicklung und Forschung

Die technischen Voraussetzungen für das hochautomatisierte und autonome Fahren sind grundsätzlich bereits vorhanden, gegenwärtig stellt die Signalverarbeitung und die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der Straßeninfrastruktur sowie den anderen Verkehrsteilnehmern die größte Herausforderung dar. Aktuell gibt es eine Reihe von Pilot- und Testprojekten, in denen autonomes bzw. hochautomatisiertes Fahren in realer Umgebung erprobt wird. Automatisierte Systeme sind im ÖV bereits heute – auch in Deutschland – verbreitet. So sind autonome Bahnsysteme auf eigenen Trassen seit Jahren erfolgreich im Einsatz, z. B. in Nürnberg (U-Bahn) und Düsseldorf (Flughafen). Aktuelle Projekte fokussieren im ÖV auf die Integration von Elementen der Automation auf gemischt genutzten Verkehrswegen, z. B. in Frankfurt am Main (Straßenbahn) und eine Reihe von Testprojekten im Busverkehr, sowohl mit großen Linienbussen (z. B. Konzept FutureBus von Mercedes in Amsterdam oder auch von Nobina und Scania in Stockholm) als auch mit Klein- und Minibussen. Der hochautomatisierte und autonome Betrieb der Fahrzeuge steht dabei noch vielen Hürden gegenüber. Eine davon bildet die Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge, die nach Herstellerangaben bei keinem der derzeit verfügbaren Modelle technisch mögliche 59 km/h im manuellen Betrieb überschreitet. Die mit diesen Fahrzeugen im hochautomatisierten Regelbetrieb erzielbaren Höchstgeschwindigkeiten im öffentlichen Raum liegen aktuell noch zwischen 6 und 25 km/h, eine Anhebung ist absehbar und wird sich parallel sowohl zur technischen Entwicklung als auch zu den gemachten Erfahrungen im Umgang mit diesen Systemen erhöhen. Zugelassen werden die Fahrzeuge für den Betrieb im hochautomatisierten Modus derzeit nur für eine Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h, in den aktuellen Testbetrieben in Deutschland werden aktuell maximal 18 km/h gefahren.

Ein Großteil der Einsätze konzentriert sich zunächst auf Privatgelände, zwischenzeitlich sind eine Reihe von Einsätzen im öffentlichen Raum hinzugekommen. Da es auf Seiten der Zulassung der Fahrzeuge noch keine rechtliche Grundlage für das hochautomatisierte und autonome Fahren gibt, kann die für einen universellen Einsatz der Fahrzeuge erforderliche Bauartzulassung (für das automatisierte Fahren) derzeit nicht erteilt werden. Aus diesem Grund bedarf es vorerst Einzelzulassungen der Fahrzeuge auf Basis einer der Fahrzeugklassen M (M1, M2, M3, nach 2007/46/EG) oder als Sonderfahrzeug.

Zukünftig werden die hochautomatisierten und autonomen Fahrzeuge mit Hilfe digitaler Anwendungen bedarfsabhängig und möglichst individuell verkehren können, um nachfragearme Gebiete mit Knotenpunkten oder starken Linien zu verbinden. Per Smartphone (oder per Knopf am Haltestellenmast) kann das Fahrzeug bzw. der Haltewunsch angefordert werden.

Pilotprojekte und Testbetriebe sind bereits international an verschiedenen Orten zu finden. Beispielsweise werden in Sion seit Juni 2016 von Postauto Schweiz zwei Minibusse auf einem sehr anspruchsvollen Rundkurs von etwa 1,5 km Länge durch die Altstadt im öffentlichen Raum eingesetzt. In Bad Birnbach fährt die DB seit Oktober 2017 abwechselnd mit zwei Fahrzeugen auf einer 700 m langen Strecke zwischen Ortszentrum und Therme. Das Berliner Projekt STIMULATE führt seit April 2018 auf zwei Campi der Charité – Universitätsmedizin Berlin (Mitte und Virchow-Klinikum) den Betrieb von zwei Verkehren mit je zwei Fahrzeugen durch. Das Büro autoBus unterstützte die BVG bei der Betriebsvorbereitung und Fahrzeugbeschaffung. Das NAF-Bus Projekt in Nordfriesland und Dithmarschen nimmt seit Juni 2018 mit insgesamt drei Klein- und Minibussen schrittweise den Betrieb im privaten und öffentlichen Verkehr auf (Betriebsstart auf einer Strecke im Öffentlichen Raum in Keitum auf Sylt war am 4. Mai 2019). Das Büro autoBus ist über die Interlink GmbH Projektpartner im NAF-Bus-Projekt und übernimmt u. a. bei allen drei Standorten die Umsetzungsbegleitung in Form von Streckenauswahl inkl. genehmigungsrelevanter Risikoanalyse, Fahrzeugbeschaffung und Betriebskonzeption.

4 FAHRZEUG

4.1 Fahrzeug e.GO Mover

Das in Norderstedt zum Einsatz kommende Fahrzeug e.GO Mover wird von dem deutschen Hersteller e.GO Moove GmbH in Aachen produziert. Das Fahrzeug ist ein Minibus mit 10 Sitzplätzen und 5 Stehplätzen. Es verfügt über ein 150 kW-Antriebssystem der ZF Friedrichshafen AG. Die Batteriekapazität fasst bis zu 60 kWh, was eine maximale mögliche Einsatzdauer von bis zu 8 h ermöglicht. Das Fahrzeug kann im manuellen Betrieb mit der Automatisierungsstufe 0 eingesetzt werden, aber verfügt auch über Assistenzfahrfunktionen des Levels 4 (nach SAE International 2014). Das Leergewicht beträgt 2.100 kg und das zulässige Gesamtgewicht 3.500 kg. Der Wendekreis für einen vollständigen Wendevorgang des Fahrzeugs umfasst 14 m. Die technische Höchstgeschwindigkeit liegt im manuellen Modus bei 60 km/h. Die Höchstgeschwindigkeit im hochautomatisierten Modus beträgt aufgrund der gesetzlichen Vorgaben max. 25 km/h und wird je nach Anwendungsumgebung individuell angepasst. Als Besonderheit des Fahrzeugs ist die Umrüstbarkeit der Aufbauten für Personenbeförderung und für Gütertransport zu nennen.

4.2 Technische Mindestanforderungen

Die hochautomatisierten Kleinbusse haben je nach Fahrzeugtyp und eingesetzter Software spezielle Anforderungen an Verkehr und Infrastruktur. Einfache, geordnete Verkehrsverhältnisse mit wenig potenziellen Störfaktoren sind sehr vorteilhaft für einen reibungslosen Betrieb, da die Fahrzeuge passiv fahren und auf jede potenzielle Störung reagieren.

Eine Anforderung an die Straßenbreiten ergibt sich aus der Sicherheitszone rund um das Fahrzeug. Diese kann je nach Anwendungsumgebung und Geschwindigkeit des Fahrzeugs sowie der umgebenden bzw. entgegenkommenden Fahrzeuge abweichen. Je nach Fahrzeugtyp müssen die Regel-Straßenbreiten eingehalten werden, schmalere Wege sind bei Inkaufnahme geringerer eigener Geschwindigkeiten möglich. Auch parkende Fahrzeuge am rechten Fahrbahnrand können aufgrund des Rechtsfahrgebotes zu langsamer Vorbeifahrt zwingen.

Straßen verfügen über technische Infrastruktur, beispielsweise Lichtsignalanlagen (LSA). Die Kommunikation zwischen den hochautomatisierten Fahrzeugen und diesen Infrastruktureinrichtungen (V2I und V2X) erfordert entsprechend passende Technik. Diese befindet sich jedoch noch im Entwicklungsstadium, bedarf zudem einer „On-Board-Unit“ im Fahrzeug sowie einer „Road-Site-Unit“ im Steuergerät der Lichtsignalanlagen (LSA) oder anderen Einrichtungen.

Aufgrund der gesetzlich limitierten Höchstgeschwindigkeit der automatisierten Fahrzeuge sind vorzugsweise Straßen mit niedrigeren zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auszuwählen, um die Akzeptanz bei allen Verkehrsteilnehmern so hoch wie möglich und das Gefährdungspotenzial so gering wie möglich zu halten.

Folgende Anforderungen an die Ausstattung und Fähigkeiten des Fahrzeugs sind bei der Anwendung in Norderstedt zu stellen:

- Das Fahrzeug soll ohne FCKW-Emissionen produziert werden. Das Fahrzeug und alle eingebauten Komponenten müssen sämtliche Umwelanforderungen erfüllen.
- Einstiegshilfen für einige Fahrgastgruppen sind sehr wichtig. Daher ist eine weitere technische Mindestanforderung an das Fahrzeug eine Rampe. Die Rampe kann automatisch oder manuell bedienbar sein.
- Betrieb wird von -10 bis +40° C zugesagt (es wird jedoch kein Betrieb im hochautomatisierten Modus bei Schnee und Eis gefordert).
- Lokalisierungsmöglichkeit auch über Fahrbahnmarkierungen möglich.
- Für die Einrichtung des hochautomatisierten Betriebes, muss das Fahrzeug eigenständig Hindernisse umfahren können. Außerdem muss sichergestellt werden, dass die Steuereinheit für den manuellen Betrieb im Innenraum vor Missbrauch geschützt ist.

4.3 Auswahl möglicher Fahrzeugkonzepte

Hersteller hochautomatisierter Fahrzeuge verfolgen die Entwicklung unterschiedlicher Fahrzeugkonzepte. Einige Fahrzeughersteller orientieren sich an der Größe eines Pkws. Diese sind wiederum für den Einsatz im ÖPNV nicht geeignet, da es zu wenig Sitzplätze gibt. Außerdem bieten diese Fahrzeugtypen keine ausreichende Stehhöhe sowie eine ungünstige Einstiegshöhe, besonders für die zu erwartende ältere Nutzergruppe. Hochautomatisierte Busse, ca. 20 Sitzplätze, sind für den geplanten Einsatz im Stadtpark und in der Grünen Heyde zu groß. Zudem sind die meisten Fahrzeuge beider Konzepte noch nicht marktfähig. Daher werden die beiden Fahrzeugkonzepte für den geplanten Einsatz nicht weiter betrachtet.

Angesichts des Entwicklungsstandes und der rechtlichen Grundlagen kann derzeit noch nicht von einem Markt gesprochen werden, die Zahl der Hersteller mit einsatzreifen und lieferbaren Kleinbussen für den ÖPNV mit sechs und mehr Sitzplätzen ist überschaubar. Das Fahrzeugkonzept eines Kleinbusses, ist für den geplanten Einsatzzweck notwendig. Kleinbusse bieten mehr als sechs Sitzplätze und weisen eine angenehme Steh- bzw. Einstiegshöhe auf. Zudem bieten sie Platz für Kinderwagen, Rollstühle oder Rollatoren. Ein weiterer Grund für den Einsatz dieser ist, dass aufgrund der Fahrzeuggröße die Kleinbusse innerhalb sowie außerhalb des Geländes abgestellt werden können und flexible einsetzbar sind.

Empfehlung

Der Einsatz im Stadtpark und in der Grünen Heyde erfordert jeweils mind. zwei Fahrzeuge, welche die erwartete steigende Nutzung des Angebots im Rahmen der Erschließung des Gebietes bewältigen können. Dies führt zu Fahrzeugen, die mehr als neun Personen befördern können bzw. dürfen. Hierfür werden mindestens nach Fahrzeugklasse M2 zugelassene Fahrzeuge erforderlich oder als Sonderfahrzeuge zugelassene Fahrzeuge. Eine weitere Anforderung besteht darin, dass für die ältere Nutzergruppe eine ausreichende Stehhöhe sowie eine geringe (bzw. barrierefreie) Einstiegshöhe erforderlich ist. Die Anforderungen werden mit dem e.GO Mover erfüllt.

5 INFRASTRUKTUR

5.1 Definition

Die Infrastruktur im Busverkehr beinhaltet alle stationären Einrichtungen, die für das Funktionieren eines reibungslosen Betriebes erforderlich sind. Dazu gehören neben dem Fahrweg die Haltestellen und die Einrichtungen, die für das Fahrzeug und dessen Betrieb erforderlich sind, z. B. die Ladeinfrastruktur. Neben diesen Maßnahmen ist im gesamten Bedienungsgebiet durch eine Beschilderung auf den hochautomatisierten Betrieb aufmerksam zu machen.

Der hier aufgeführte Infrastrukturbedarf bezieht sich auf bekannte Maßnahmen im derzeitigen Planungsstadium. Die entstehenden Kosten werden in Kapitel 10 grob abgeschätzt. Im späteren Verlauf der Bearbeitung werden die erforderlichen infrastrukturellen Maßnahmen entlang der Strecke detailliert erfasst, mit der Stadt Norderstedt und der Straßenverkehrsbehörde abgestimmt und geplant.

5.2 Abstellen und Laden, Instandhaltung und Reinigung

Für das Fahrzeug ist eine Abstellmöglichkeit mit Ladeinfrastruktur außerhalb der Betriebszeit erforderlich. Die Unterstellung sollte möglichst in unmittelbarer Nähe zur Streckenführung eingerichtet werden. Die Einrichtung soll vor Witterung und Vandalismus geschützt werden und möglichst automatisiert durch das Fahrzeug zugänglich sein (bspw. durch ein funkgesteuertes Tor).

Der e.GO Mover benötigt ganzjährig eine Unterstellung mit folgenden Anforderungen:

- Innentemperaturen zwischen 10°C und 30°C
- Mindesthöhe je nach Fahrzeugtyp mindestens 3 Meter, Mindestbreite 4 Meter und Mindestlänge 6 Meter, um Arbeiten am Fahrzeug an allen vier Seiten zu ermöglichen Stromanschluss: 22 kW AC – 3-phasig (Spannung: 400 V, Stromstärke 32A) oder IEC 62196 Typ 2 Stecker („Mennekes-Stecker“)

- Kleines Handlager (Besen, Tücher, Eimer, Ersatzleuchtmittel etc.) und sanitäre Anlagen

Darüber hinaus ist ein Waschplatz für das Fahrzeug vorzusehen, der sicherstellt, dass kein verunreinigtes Abwasser ins Grundwasser gelangt.

Im Falle eines Abstellortes, der sich nicht direkt an der Strecke einrichten lässt, sondern sich auf einem nahegelegenen Betriebshof o. ä. befindet, ist sicherzustellen, dass eine sinnvolle Möglichkeit für ein evtl. notwendiges Zwischenladen an der Strecke gefunden wird sowie ein kleines Handlager (für Reinigungsmittel) an der Strecke deponiert werden kann oder gar im Fahrzeug.

5.3 Haltestellen

Eine Haltestelle hat verschiedene Anforderungen zu erfüllen: Sie muss nah an Quelle oder Ziel der Fahrtwünsche liegen, baulich zum Fahrzeug und zur Nutzung des Umfelds passen und ordnungsrechtlich zulässig sein. Zudem sollte sie barrierefrei genutzt werden können.

Für die Festlegung von Haltestellen und Anforderungen an Haltestellen sind im PBefG klare Regeln enthalten. Es gibt Fälle, in denen die Anforderungen an die Gestaltung von Haltestellen für den Ausstieg oder sogar den Einstieg flexibel gehandhabt werden können. Haltestellen für den Einstieg sind im Fall von Anruf-Sammel-Taxen häufig nicht als Haltestellen nach §42 PBefG genehmigt und folglich nicht mit dem Zeichen 224 StVO gekennzeichnet. Haltestellen für den Ausstieg sind im Fall von klassischen Linienverkehren oftmals gar nicht nötig, wenn die Genehmigungsbehörde den Halt auf dem Fahrweg zwischen Haltestellen für den Ausstieg zulässt. Die erforderlichen Haltestellen in Norderstedt können in ihrem Flächenbedarf aufgrund der geringen Fahrzeuglänge (es reicht die Breite einer Fahrzeugtür sowie eine kleine Wartefläche, insgesamt ca. 2,50 x 1,80 m und eine Höhe von ca. 25 bis 30 cm) mit geringem Aufwand ausgestaltet werden.

Aufgrund der zu erwartenden hohen Nutzung von Senioren oder Familien, ist darauf zu achten, dass bei einem längerfristigen Regelbetrieb eine barrierefreie Zuwegung existiert oder hergestellt wird und ein barrierefreier Einstieg möglich ist. Rampen mit maximal 6 % Neigung zum Überwinden des Niveauunterschiedes zwischen Fahrbahn bzw. Gehweg und Haltestelle sind daher vorzusehen.

Die weitere Ausstattung der Haltestelle ist teils abhängig von der gewählten Betriebsform: Bei bedarfsgesteuertem Betrieb und auch im „Bus-Modus“ (Kapitel 3.3.2) bei Bedarfshalten an festgelegten Haltestellen wird dazu geraten, den Einstiegswunsch per Taste an der Haltestelle einzurichten. Alternativ kann auch eine Fahrgast-App zur Buchung von Fahrten mit angeboten werden oder in eine bestehende App integriert werden. Abhängig vom Komfortanspruch ist die Errichtung von Unterstellmöglichkeiten für die wartenden Fahrgäste nötig. In einer ersten Umsetzungsstufe wird jedoch die einfachste Betriebsweise in Form eines Linienbetriebs mit Halten an festgelegten Haltestellen empfohlen.

5.4 Empfehlung

Empfohlen wird die Nutzung vorhandener Bushaltestellen bzw. die Anlage von Haltestellen nach den gleichen Planungsparametern wie eine Bushaltestelle für einen konventionellen Verkehr. Auch wenn das hochautomatisierte Fahrzeug kürzer sein wird als ein konventioneller Bus, sollte wegen der anzustrebenden nicht nur testweisen Umsetzung des Verkehrs und der Betriebspflicht dann auch ein Anfahren durch einen Ersatzverkehr mit einem konventionellen Bus erlauben.

6 PERSONAL

6.1 Anforderungen an die Begleiter

Zum Führen eines Fahrzeugs sind je nach Fahrzeugklasse und Einsatzzweck unterschiedliche Qualifikationen erforderlich. Da die Genehmigung des Verkehrs nach jetzigem Stand auf Basis einer Ausnahmegenehmigung durchgeführt werden wird, hängt es von der Genehmigungsbehörde (Straßenverkehrsbehörde) ab, welche Qualifikation die erforderlichen Begleiter aufweisen müssen. Wir empfehlen, hierfür Mitarbeiter mit mindestens einem „kleinen Personenbeförderungsschein“ einzusetzen.

Günstig ist eine Affinität der Begleiter zur IT oder Technik, da ein entsprechend ungezwungener Umgang mit Innovationen vorausgesetzt werden kann. Grundsätzlich möglich ist es, für diese Tätigkeit Studenten auszubilden, nur ist der Akquisitionsaufwand hoch und die Zuverlässigkeit im Einsatz aufgrund von prioritären Lehrveranstaltungen oder Prüfungen eher als gering einzuschätzen. Hierfür muss eine stabile Rückfallebene in Form von „klassischen Busfahrern“ gegeben sein. Berücksichtigt werden muss gerade bei der Fahrerlaubnis, dass das eingesetzte Personal auch im Level 0 (also manuell) fahren darf, z. B. im Falle von manuell zu fahrenden Umleitungen mit Fahrgästen.

Die Anforderungen an die Begleiter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

MUSS-Anforderung	KANN-Anforderung
gültige Fahrerlaubnis der Klasse B (bei einem Gesamtgewicht des Systems bis zu 3.500 t) von mindestens 3 Jahren	gültiger P-Schein
fließend deutsche Sprache	weitere Sprachen
weitgehend sitzendes Arbeiten möglich	kommunikatives Talent
flexible Arbeitsinhalte möglich (von Reinigung bis Fahren)	handwerkliches bzw. technisches Geschick
Kenntnis des Geländes	
Disposition: Erfahrungen im Umgang mit PC	
Interesse an Neuem	
Schulungsbescheinigung des Fahrzeugherstellers auf das Fahrzeug	

Tabelle 2: Anforderungen an Fahrzeugbegleiter von hochautomatisierten Bussen

Die Aufgaben des Fahrpersonals umfassen in Tabelle 3 zusammengefassten Themenfelder wie Fahrbegleitung, Fahrgastinformation und Dokumentation.

Themenfeld	Aufgaben
Durchführung	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrten durchführen (manuell und automatisch) - Sichtkontrolle durchführen - Entscheidung über witterungsbedingte Betriebseinstellung und Betriebsaufnahme herbeiführen - Erkennen und Beseitigen von Hindernissen auf den Strecken

Themenfeld	Aufgaben
	- Unregelmäßigkeiten dokumentieren, Gründe beschreiben
Fahrzeug und Ladeeinrichtungen	- Prüfen der Fahrzeuge und Ladeeinrichtungen - Einsatz der Systeme, Ladevorgang beginnen und beenden - Grobreinigung (innen)/Pflege/Nachschau der Fahrzeuge - Außenreinigung der Fahrzeuge - Leichte Instandhaltungsarbeiten übernehmen - Instandhaltungsbedarf melden - Dokumentation
Kommunikation	- Erklären des Systems gegenüber Besuchern, Fahrgästen und anderen Verkehrsteilnehmern - Hilfe bei der Nutzung des Systems - Dokumentation
Dokumentation	- Täglicher Betriebsbericht - Fahrgastzählung (Summe, Ein-/Aussteiger) - Stromzähler ablesen - Erfahrungen beschreiben

Tabelle 3: Aufgaben Fahrzeugbegleiter

6.2 Schulungen

Für den Betrieb von hochautomatisierten Bussen sind vor Betriebsaufnahme Schulungen bzw. Einweisungen des Personals erforderlich:

- in die Technik und die Fahrzeuge,
- zu Fragen der Sicherheit und Verhalten in bestimmten Situationen,
- zum Projekt und
- zum Verhalten gegenüber Interessenten und Fahrgästen.

Diese Schulungen und Einweisungen werden weitgehend durch den Fahrzeughersteller durchgeführt. Hierfür ist maximal eine Woche einzuplanen. Es sind nur die Personen für das Führen des Fahrzeugs zugelassen, die die Schulung erfolgreich absolviert haben.

Nach Abnahme der Fahrzeuge beginnen die Funktionstests, die Schulungen sollten in zeitlicher Nähe dazu durchgeführt werden. Diese Schulungen sollten regelmäßig aktualisiert bzw. wiederholt werden, insbesondere nach dem Aufspielen von Software-Updates für die Fahrzeugsysteme, da sich hiermit ggf. das Verhalten der Fahrzeuge ändern kann, was wiederum Auswirkungen auf die Fahrzeugzulassung haben kann.

6.3 Perspektive eines fahrerlosen Betriebs

Die Fahrzeuge fahren mittel- bis langfristig ohne Personal an Bord. Als nächste Stufe werden Fahrzeugbegleiter eingesetzt werden, die sich nicht direkt im Fahrzeug befinden, sondern dieses bzw. mehrere gleichzeitig von einer Leitstelle aus überwachen und bei Störungen oder Anfragen/Vorfällen im Fahrzeug eingreifen.

Sollte langfristig der Busbetrieb in größeren Umfängen oder komplett auf hochautomatisierte Fahrzeuge umgestellt werden können, ist davon auszugehen, dass zwar auf Fahrpersonal weitgehend verzichtet werden kann, jedoch im Liniennetz unterwegs befindliche Betreuer eingesetzt werden müssen. In den Leitstellen selbst werden Mitarbeiter – nach Einschätzung sowohl von Betriebsleitsystementwicklern als auch von Verkehrsunternehmen – mit einem Personalschlüssel von 1:6 bis 1:10 (Leitstellenmitarbeiter zu Fahrzeugzahl) eingesetzt. Es empfiehlt sich, einen hochautomatisierten Betrieb bereits auf einer Linie in ein vorhandenes Betriebsleitsystem zu integrieren und dann je nach Ausbaugrad des hochautomatisierten Betriebs zu erweitern, um Erfahrungen zu generieren.

7 ENTWICKLUNG UND BEWERTUNG VON STRECKENVARIANTEN

7.1 Variantenentwicklung

Für beide hier zu bearbeitenden Einsatzgebiete (Stadtspark und Grüne Heyde) stehen jeweils mehrere Streckenvarianten zur Verfügung. Daher sind eine Entwicklung und Bewertung der einzelnen Varianten von großer Bedeutung.

Zunächst werden in der Erarbeitung der Strecken die wesentlichen Ankerpunkte in der jeweiligen Anwendungsumgebung festgelegt. Anschließend werden je nach Priorität der Ankerpunkte direkte oder indirekte, bzw. fußläufige, Verbindungen dieser entwickelt und bewertet. Die indirekte Anbindung stellt eine fußläufige Anbindung des Ankerpunktes dar.

7.2 Stadtspark Norderstedt

7.2.1 Grobkonzept

Das Gelände des Stadtsparks wird genutzt, um die Technik und deren Anwendung kennenzulernen und die damit befassten Mitarbeiter mit dieser vertraut zu machen. Die Kleinteiligkeit des Geländes und die damit verbundenen Anforderungen sollen dazu dienen, Grundlagen für die Übertragung auf den Einsatz in der Wohnsiedlung Grüne Heyde zu legen.

Derzeit gibt es keine Anbindung zum im Stadtspark liegenden Strandhaus, sowie vom Kulturhaus über das Strandhaus um den See herum, was für mobilitätseingeschränkte Personen eine nicht passierbare Strecke darstellt. Daher sollen auf der einen Seite die Verbindung von der Haltestelle Norderstedt „Stadtspark“, die direkt am Kulturwerk liegt, die Haltestelle Harksheide - Grootkoppelstraße an der Falkenbergstraße und der Zugang über die Straße „Am Stadtspark“ über das Strandbad untersucht werden und auf der anderen Seite eine Anbindung der Runde um den See über das Kulturwerk und das Strandhaus, sodass ein neues internes Mobilitätsangebot geschaffen werden kann.

Der Stadtspark unterliegt mit 600.000 Gästen jährlich einer überaus hohen Nutzungsintensität und an besonderen Tagen gar einer Übernutzung. Er ist ein geschlossenes und geschütztes Gelände mit eingeschränktem MIV und daher ein geeignetes Umfeld die Technologie der hochautomatisierten Shuttles zu testen, kennenzulernen und auch die Fahrgäste an das Angebot heranzuführen. Es verkehren auf dem Gelände Golfcarts, über die jeder ansässige Betrieb verfügt, Anlieferverkehr zu den Gastronomiebetrieben, welcher keiner zeitlichen Begrenzung unterliegt, Gärtner mit entsprechenden Gefährten, die jedoch nur außerhalb der Stoßzeiten im Park arbeiten (i. d. R. nur bis 9 Uhr). Der gesamte

motorisierte Verkehr unterliegt dem Regelwerk des Stadtparks (Parkordnung), welches Schritttempo vorgibt.

Es ist damit zu rechnen, dass ein Testbetrieb an Veranstaltungstagen auf der Hauptstrecke eingeschränkt werden muss oder an diesen Tagen auf weniger frequentierten Ausweichstrecken gefahren werden sollte. Dies wäre in der Umsetzung des Betriebskonzeptes zu berücksichtigen.

Im gesamten Stadtpark und im Stadtgebiet Norderstedts wird durch die Stadtwerke Norderstedt bzw. die Tochtergesellschaft wilhelm.tel GmbH freies WLAN zur Verfügung gestellt. Dieses WLAN kann auch innerhalb des Projektes für Kommunikationszwecke o. ä. genutzt werden.

Als wesentlicher Planungsparameter gilt die Prämisse der Stadt, dass der Stadtpark für einen funktionalen Test des/der hochautomatisierte/n Kleinbusse dienen soll, um die Technik und deren Anwendung kennenzulernen und Anwender in geschützter Umgebung mit dem System vertraut zu machen. Des Weiteren gibt es bisher kein Beförderungsangebot zwischen dem Strandhaus an die hochfrequentierten Ein- und Ausgänge, den Bushaltestellen in Stadtparknähe sowie der Attraktionen um den See was durch beide zu betrachtende Szenarien jeweils erfüllt werden würde.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit ein qualitativ ansprechendes Angebot aufzubauen, welches eine hochwertige Bedienqualität sicherstellt. Durch die Implementierung im Stadtpark Norderstedt ist zudem eine hohe öffentliche Sichtbarkeit in relativ geschützter Umgebung und mit dennoch komplexen Anforderungen gegeben.

Der nachfolgenden Karte können folgende Ankerpunkte (Orte hohen Interesses) inkl. möglicher Wegführung im Stadtpark Norderstedt entnommen werden:

1. Ein-/Ausgang: Stormarnstraße/Kulturwerk
2. Kulturwerk und Parkplatz
3. Bushaltestelle: Stadtpark
4. Strandhaus
5. Ein-/Ausgang: Am Stadtpark
6. Ein-/Ausgang: Wollgrasweg
7. Bushaltestelle: Grootkoppelstraße
8. Ein-/Ausgang: Schleswig-Holstein Straße Nord
9. Ein-/Ausgang: Schleswig-Holstein Straße Süd

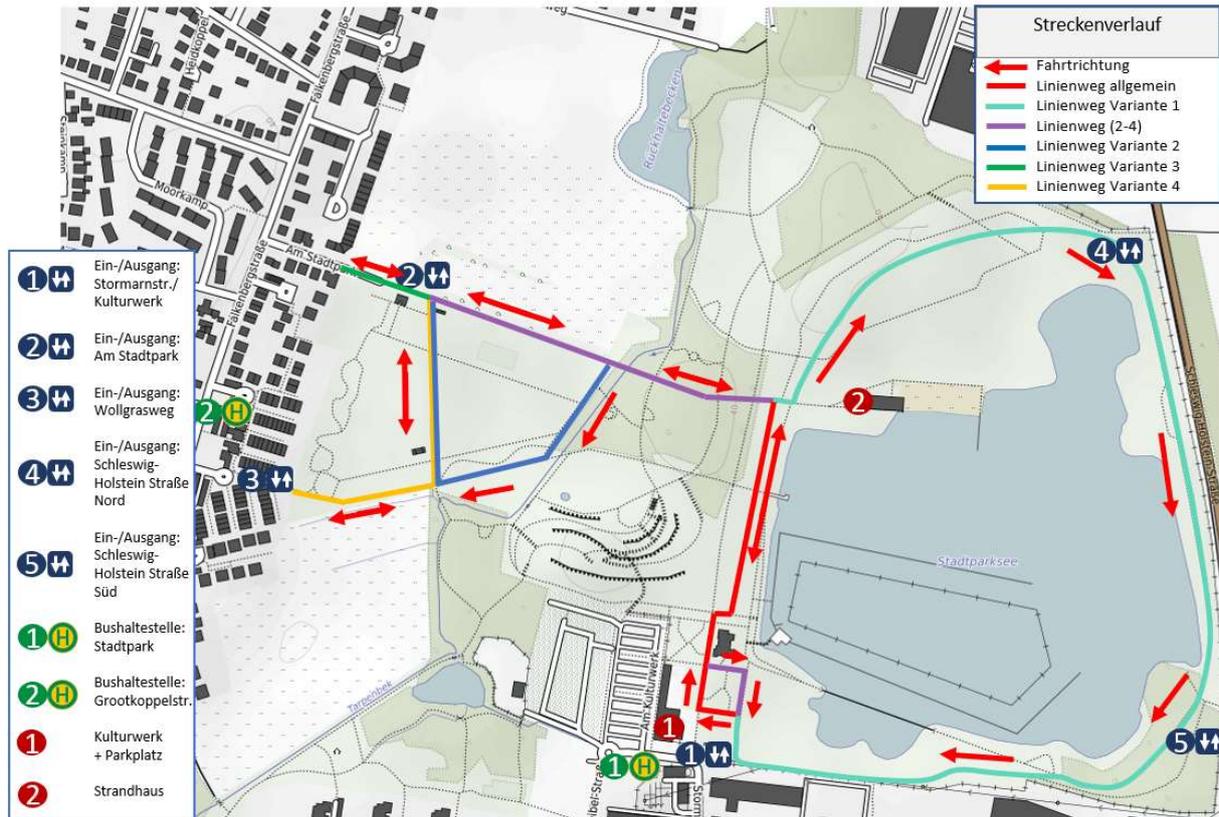


Abbildung 9: Ankerpunkte; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

7.2.2 Grundsatzentscheidung für den Streckenverlauf

Die Möglichkeiten im nordwestlichen Streckenverlauf sind vielfältig. Da der Betrieb im Stadtpark zunächst ein Testszenario im geschlossenen Raum darstellt, raten wir von der Anwendung eines umfangreichen Bewertungsverfahrens zur Streckenfindung in diesem Szenario ab. Im östlichen Teil stehen auf Grund der Infrastruktur (begrenzte Asphaltierung der Straße und nur einen Betonloop um den See) nur wenige Alternativen zur Verfügung. Die Eignung und Nutzung der Ankerpunkte wird folgend beschrieben und bewertet.

Ankerpunkte	Bewertung	Fazit
1. Ein-/Ausgang: Stormarnstraße/Kulturwerk	Sinnvolles Ende der Strecke; Hohes Aufkommen an potenziellen Fahrgästen; genug Platz für den Wendevorgang/Kehevorgang des Kleinbusses vorhanden; Haltestelle einrichten	Aufnehmen (Einrichtung einer Haltestelle)
2. Kulturwerk	Siehe Ankerpunkt 1; Servicebereich der Begleiter, Sanitärbereich, beschränkte Zufahrt; Empfehlung: fußläufige und nahe Anbindung durch im Stadtpark verbleibende Streckenführung, Zwischenladung	Aufnahme durch Ankerpunkt 1 erfolgt

Ankerpunkte	Bewertung	Fazit
3. Bushaltestelle: Stadtpark	Siehe Ankerpunkt 1; Sinnvolle Verbindung des ÖPNV-Angebotes Norderstedts und des Shuttle-Angebotes; Empfehlung fußläufige und nahe Anbindung durch im Stadtpark verbleibende Streckenführung	Aufnahme durch Ankerpunkt 1 erfolgt
4. Strandhaus	Hauptziel der Stadtparkgäste; Repräsentative Stelle der Streckenführung; Haltestelle einrichten	Aufnehmen (Einrichtung einer Haltestelle)
5. Ein-/Ausgang: Am Stadtpark	Sinnvolle Verbindung des Hauptbesucherstroms und der Hauptziele durch das Shuttle-Angebot; als Wendepunkt ungeeignet; Empfehlung: fußläufige und nahe Anbindung durch eine Route, die das Wenden am Ein-/Ausgang vermeidet	Aufnehmen (Einrichtung einer Haltestelle)
6. Ein-/Ausgang: Wollgrasweg	Sinnvolle Verbindung des Hauptbesucherstroms und der Hauptziele durch das Shuttle-Angebot; als Wendepunkt ungeeignet. Empfehlung: fußläufige und nahe Anbindung durch eine Route, die das Wenden am Ein-/Ausgang vermeidet	Aufnehmen (Einrichtung einer Haltestelle)
7. Bushaltestelle: Grootkoppelstraße	Sinnvolle Verbindung des ÖPNV-Angebotes Norderstedts und des Shuttle-Angebotes; Stadtpark müsste verlassen werden, daher Empfehlung der fußläufigen und nahen Anbindung im Stadtpark über Ein-/Ausgang Wollgrasweg	Aufnahme durch Ankerpunkt 6 erfolgt
8. Ein-/Ausgang: Schleswig-Holstein Straße Nord	Sinnvolle Verbindung des Besucherstroms zu den Hauptzielen des Seeparks durch das Shuttle-Angebot	Aufnahme (Einrichtung einer Haltestelle)
9. Ein-/Ausgang: Schleswig-Holstein Straße Süd	Sinnvolle Verbindung des Besucherstroms zu den Hauptzielen des Seeparks durch das Shuttle-Angebot	Aufnahme (Einrichtung einer Haltestelle)

Tabelle 4: Beschreibung und Bewertung der Ankerpunkte im Stadtpark Norderstedt

Empfohlen wird die Nutzung aller Ankerpunkte, aber durch unterschiedliche Routen und durch eine stufenweise Erweiterung bzw. Erhöhung des Komplexitätsgrades. Zunächst wird empfohlen die Ankerpunkte 1 - 4 und 8 – 9 miteinander zu verbinden und in einer nächsten Stufe die Punkte 1 - 7 miteinander zu verbinden. Viele Ankerpunkte werden wenn auch zumeist indirekt angebunden und sind damit fußläufig gut erreichbar, da dies den größten verkehrlichen Nutzen bringt. Die Verbindung der Ein-/Ausgänge mit ÖPNV-Anbindung sowie mit Hauptbesucherströmen über das Strandbad ist hierbei im Fokus.

7.2.3 Bewertung der Varianten

Im Groben sind die wesentlichen Ankerpunkte am Streckenverlauf eindeutig definiert- vom Kulturwerk über das Strandbad in den Feldpark oder/und vom Kulturwerk über das Strandbad um den See.

Variante 1

Der Abbildung 10 kann der Streckenverlauf mit der Einbindung der Ankerpunkte 1 - 4 und 8 - 9 auf direkte und indirekte Weise entnommen werden. Die Strecke verläuft ausschließlich im weniger stark frequentierten Seepark. Entlang der Strecke wird sowohl kurz der asphaltierte Weg durch den Stadtpark als auch der Weg mit wassergebundener Decke und Betonloop um den See genutzt. Zwischen Kulturwerk und Strandbad (am See entlang) wird bewusst die mittig liegende Fahrspur mit wassergebundener Decke gewählt (zweite Reihe), da diese nach Erfahrungen des Stadtparkbetreibers auch an stark frequentierten Tagen gut befahrbar zu sein scheint und die erste Reihe (Promenade) zu hoch durch Zuschauer der Wasserskianalage genutzt wird.

Die entscheidenden Punkte für die höchste Priorisierung dieser Streckenvariante sind, dass der verkehrliche Nutzen erfüllt wird, indem ein Angebot für die Besucher, vor allem die mobilitätseingeschränkten Personen, geschaffen wird, die Komplexität dieses Einsatzszenarios relativ gering und dennoch sinnvoll ist und keine Wendestelle asphaltiert werden muss, da ein Rundkurs gefahren werden kann. Bezüglich der Komplexität ist ein großer Vorteil dieser Streckenvariante, dass die Fahrbahn um den See zweigeteilt in die Wassergebundene Decke und den Betonloop ist, was für die Verkehrsteilnehmer eine optische Trennung des Verkehrs unterstützt und somit die Häufigkeit von Situationen in denen sich die Wegeführung kreuzt minimiert. Vorgeschlagen wird hier an der äußeren Kante des Betonloops eine Fahrbahnmarkierung aufzubringen, sodass die optische Trennung zwischen Fahrbahn des Shuttles und dem geschützten Geh- und Radweg hervorgehoben wird. Außerdem wird empfohlen den Fußgängern und Fahrradfahrern einen geschätzten Verkehrsraum zu bieten, indem der betonierte Loop als Mischfläche für Fußgänger und Radfahrer ausgewiesen wird und das Shuttle oder die Shuttle ausschließlich auf der wassergebundenen Decke fahren.

Auf Grund der geringeren Komplexität wird empfohlen diese Variante als erste Stufe einzuführen und nach einigen Testfahrten auf der Streckenvariante 1 auf die Streckenvariante 2 überzugehen oder diese ergänzend anzubieten, sodass weitere Verkehrsszenarien für den Einsatz in der Grüne Heyde erprobt werden können.

Die Strecken-/Umlauflänge beträgt 2,4 km mit einer Fahrzeit von 18 Minuten bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 km/h und 27 Minuten bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 6 km/h. Es wird empfohlen eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 km/h anzustreben, damit die Akzeptanz der Nutzer positiv beeinflusst wird. Bei diesem Umlauf wird empfohlen zwei Fahrzeuge einzusetzen, um einen engen Takt anzubieten.

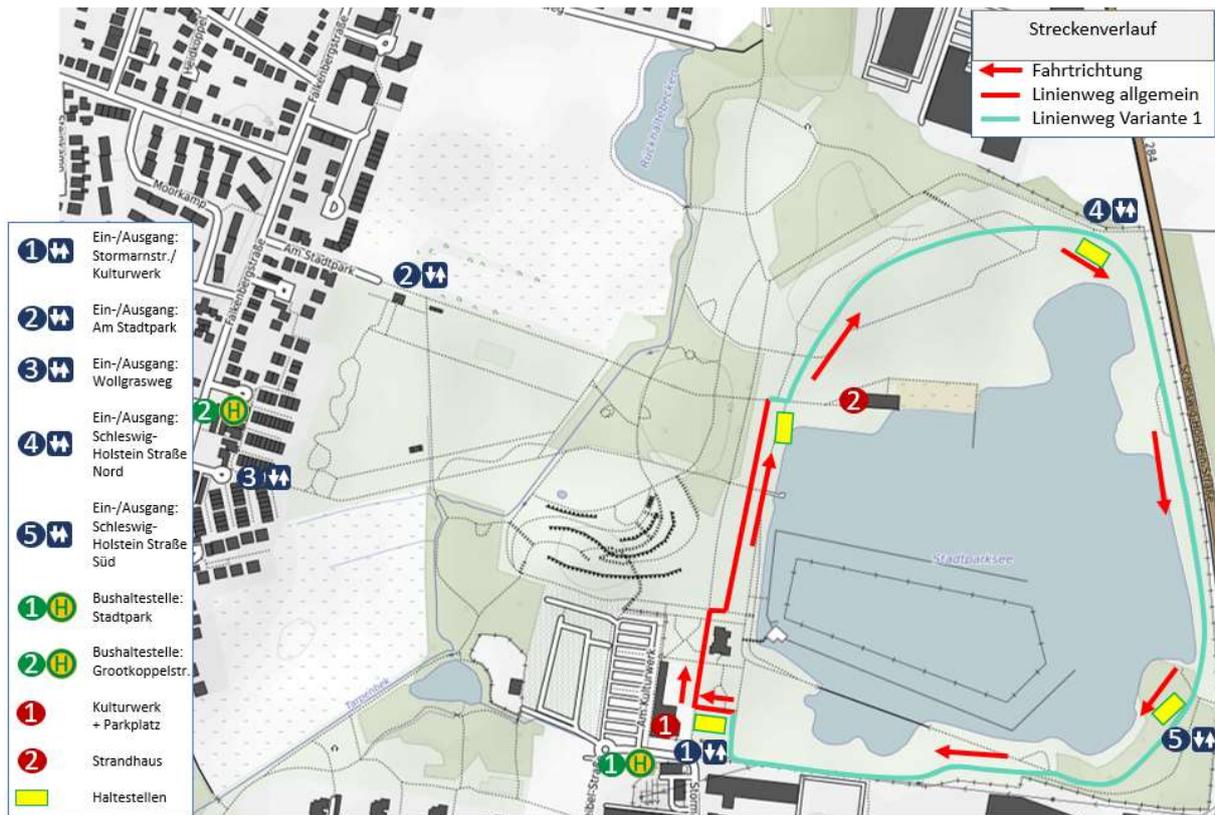


Abbildung 10: Streckenvariante 1; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

Variante 1a

Im Falle von Veranstaltungen wurde eine Alternativroute des Streckenverlaufs der Variante 1 entwickelt. Diese ist der Abbildung 11 zu entnehmen und bindet ebenfalls die Ankerpunkte 1 - 4 und 8 - 9 auf direkte und indirekte Weise an. Auch diese Strecke verläuft ausschließlich im weniger stark frequentierten Seepark. Entlang der Strecke wird sowohl kurz der asphaltierte Weg durch den Stadtpark als auch der Weg mit wassergebundener Decke und Betonloop um den See genutzt.

Die Strecken-/Umlauflänge beträgt 4 km mit einer Fahrzeit von 27 Minuten bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 km/h und 43 Minuten bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 6 km/h. Es wird empfohlen eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 km/h anzustreben, damit die Akzeptanz der Nutzer positiv beeinflusst wird. Auch bei diesem Umlauf wird empfohlen zwei Fahrzeuge einzusetzen, um einen engen Takt anzubieten.

Es wird empfohlen, diese Variante nur bei Veranstaltungen zu nutzen, da sie keine Verbindung zwischen Kulturwerk und Strandbad schafft, die an regulären Betriebstagen voraussichtlich stark nachgefragt sein wird sowie die Umlauflänge bzw. Fahrzeit durch die Befahrung in beiden Richtungen enorm gesteigert wird.

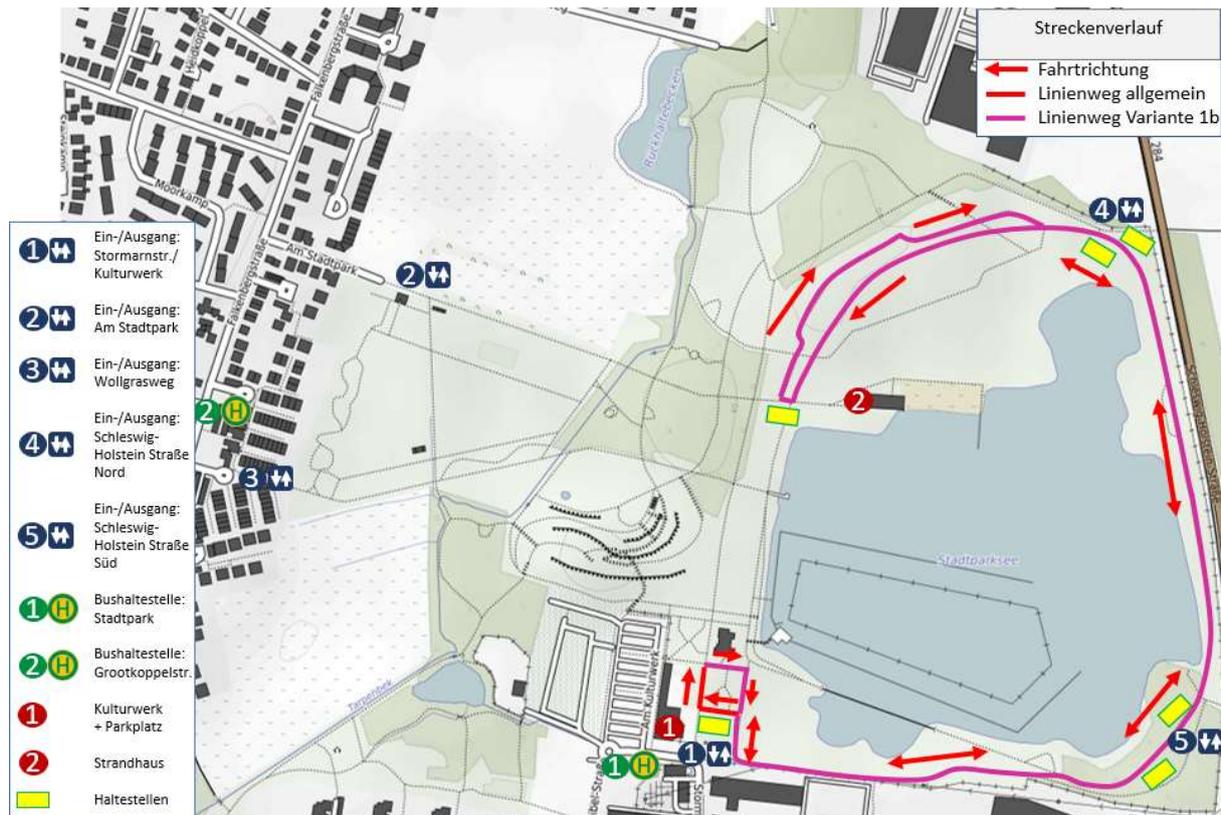


Abbildung 11: Streckenvariante 1a; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

Variante 2

Der Abbildung 12 kann der Streckenverlauf mit der Einbindung der Ankerpunkte 1 - 7 auf direkte und indirekte Weise entnommen werden. Die Strecke verläuft vom Seepark über den Waldpark in den Feldpark. Fast entlang der gesamten Strecke kann der asphaltierte 3 m breite Weg durch den Stadtpark genutzt werden, am See entlang wird bewusst die mittig liegende Fahrspur mit wassergebundener Decke gewählt (zweite Reihe), da diese nach Erfahrungen des Stadtparkbetreibers auch an stark frequentierten Tagen gut befahrbar zu sein scheint und die erste Reihe (Promenade) zu hoch durch Zuschauer der Wasserskianalage frequentiert ist.

Der entscheidende Punkt für die zweithöchste Priorisierung dieser Streckenvariante ist, dass keine Wendestelle asphaltiert werden muss, da zwei Rundkurse gefahren werden sowie die Ankerpunkte 1 - 8 eingebunden werden können, was zum maximalen verkehrlichen Nutzen führt. Die Fahrtrichtung des Rundkurses im Nordwesten des Stadtparks im Uhrzeigersinn umgeht auch das komplexe Links-Abbiegen am Bauernhof und Kiosk, kreuzt dennoch den sehr stark frequentierten Bereich am Bauernhof und stellt daher eine erhöhte Komplexität im Vergleich zu Streckenvariante 1 dar.

Der verkehrliche Nutzen wäre vergleichbar mit Variante 1, doch auf Grund der höheren Komplexität wird empfohlen diese Variante als zweite Stufe als Ergänzung oder Alternative einzuführen.

Die Strecken-/Umlauflänge beträgt 2,8 km mit einer Fahrzeit von 33 Minuten (Durchschnittsgeschwindigkeit 6 km/h). Bei diesem Umlauf wird empfohlen zwei Fahrzeuge einzusetzen, um einen engen Takt anzubieten.

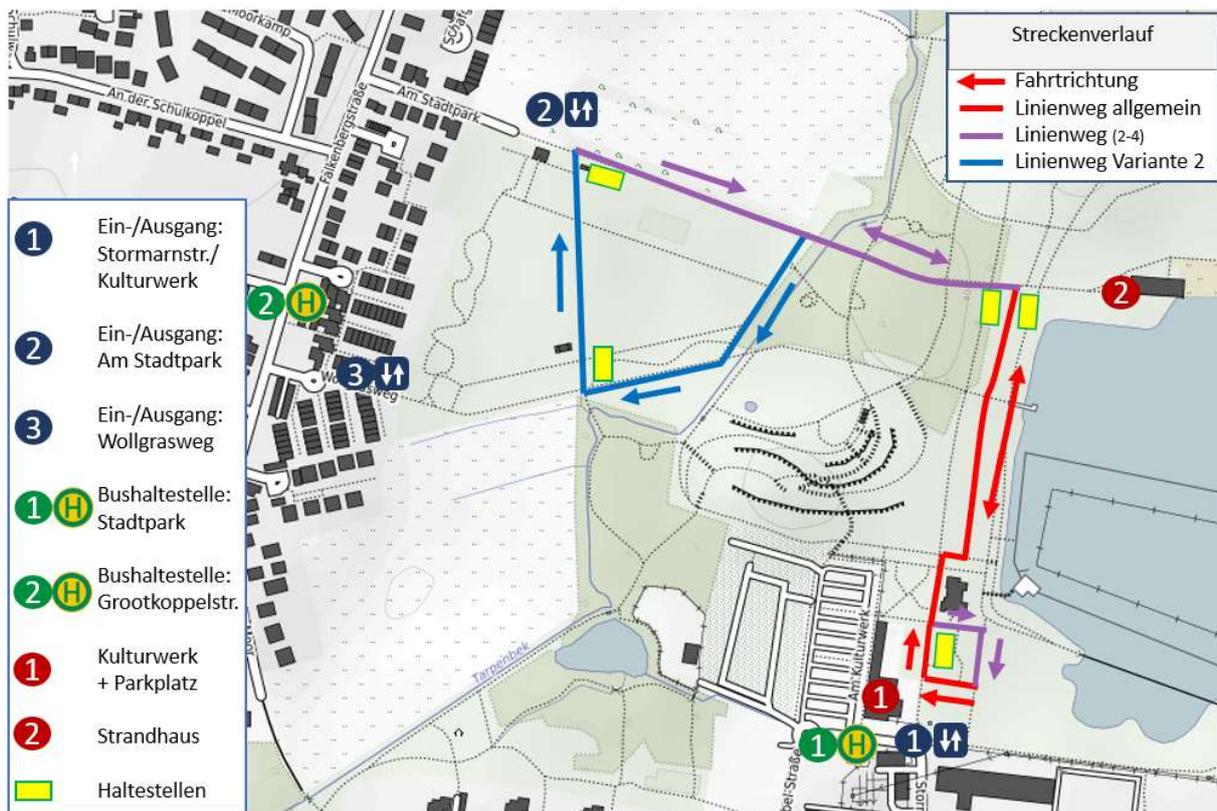


Abbildung 12: Streckenvariante 2; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

Variante 3

Der Abbildung 13 kann der Streckenverlauf der dritten Variante entnommen werden. Auch diese Strecke verläuft vom Seepark in den Feldpark, wobei jedoch die Ankerpunkte Ein-/Ausgang: Wollgrasweg sowie die Bushaltestelle: Grootkoppelstraße nicht berücksichtigt werden. Auch hier ist die gesamte Strecke asphaltiert und am See wird aus zuvor benannten Gründen in der zweiten Reihe gefahren. Da ein Wenden am nördlichsten Ein- und Ausgang im Stadtpark sowohl aufgrund der Straßenbreite als auch aufgrund der hoch frequentierten Nutzung am Bauernhof nicht möglich wäre, muss der Stadtpark zum Wenden verlassen werden. Der Bereich vom Stadtpark-Tor bis hinter den Betriebshof ist noch einmal mit Pollern vom öffentlichen Verkehrsraum abgetrennt und gilt somit ebenfalls als Raum mit eingeschränktem Verkehr (kein MIV). Vor dem derzeitigen Betriebshof gäbe es die Möglichkeit einen Wendehammer zu asphaltieren, sodass das Fahrzeug entsprechend kehren kann. Es würden Aufwand und Kosten für die Asphaltierung anfallen.

Der verkehrliche Nutzen wäre vergleichsweise zu den Varianten 1 und 2 geringer. Dennoch würden die wesentlichen Ankerpunkte 1 - 4 einbezogen. Die Strecken-/Umlauflänge beträgt 2,4 km mit einer Fahrzeit von ca. 29 Minuten (Durchschnittsgeschwindigkeit 6 km/h). Es wird empfohlen mit mind. einem Fahrzeug zu fahren, besser wären zwei.

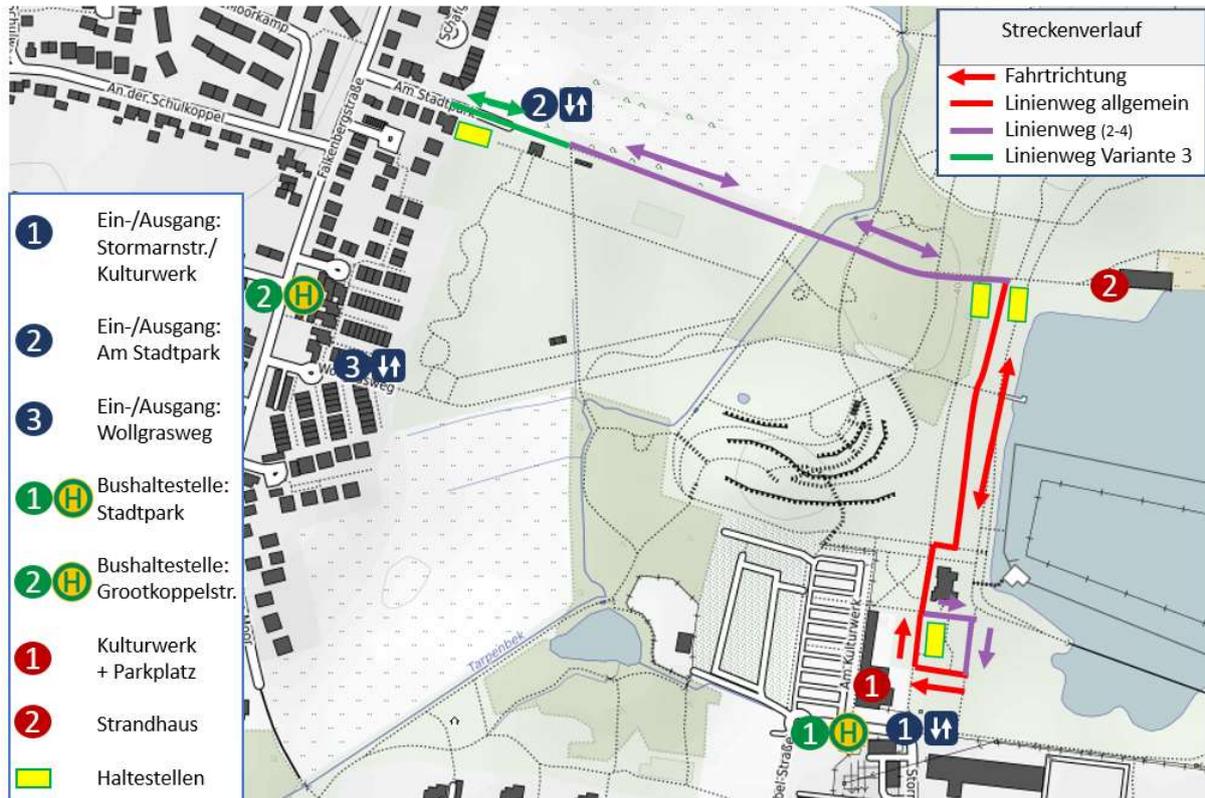


Abbildung 13: Streckenvariante 3; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

Variante 4

Streckenvariante vier, in Abbildung 14 dargestellt, ist die am geringsten priorisierte Variante. Sie verläuft ebenfalls vom Seepark in den Feldpark und bezieht die Ankerpunkte 1 - 8 ein, wobei jedoch am Ein-/Ausgang: Wollgrasweg gewendet werden müsste, aber dies dort bei derzeitigem Stand nicht möglich ist. Daher würden auch hier wieder infrastrukturelle Maßnahmen notwendig werden, welche sowohl finanzielle, personelle und materielle Ressourcen benötigt, als auch Veränderungen am Stadtpark selbst bedürfen. Neben dem nicht vorhandenen Wendepunkt birgt diese Routenführung den Nachteil, dass vor dem Bauernhof links abgebogen werden müsste und sowohl die freie Sicht der Sensoren bei einem Links-Abbiegevorgang voraussichtlich durch den Kiosk nicht gewährleistet werden kann, als auch eine extrem hoch frequentierte Nutzung durch Fußgänger auf der Kreuzung vorliegt und den Links-Abbiegevorgang ggf. negativ beeinflussen könnte. Auch hier würden infrastrukturelle Maßnahmen erforderlich und somit Aufwand sowie Kosten anfallen.

Der verkehrliche Nutzen wäre vergleichsweise zu den Varianten 1 und 2 ähnlich. Jedoch sind die infrastrukturellen Maßnahmen für einen Wendepunkt und der Aufwand für das Ermöglichen des Links-Abbiegens vergleichsweise hoch. Die Strecken-/Umlauflänge beträgt ca. 3,0 km, was bei Schrittgeschwindigkeit zu einem Umlauf von ca. 36 Minuten (Durchschnittsgeschwindigkeit 6 km/h) führt. Es wird empfohlen mit mind. zwei Fahrzeugen zu fahren, um ein ansprechendes Angebot für die Stadtparkbesucher zu schaffen.

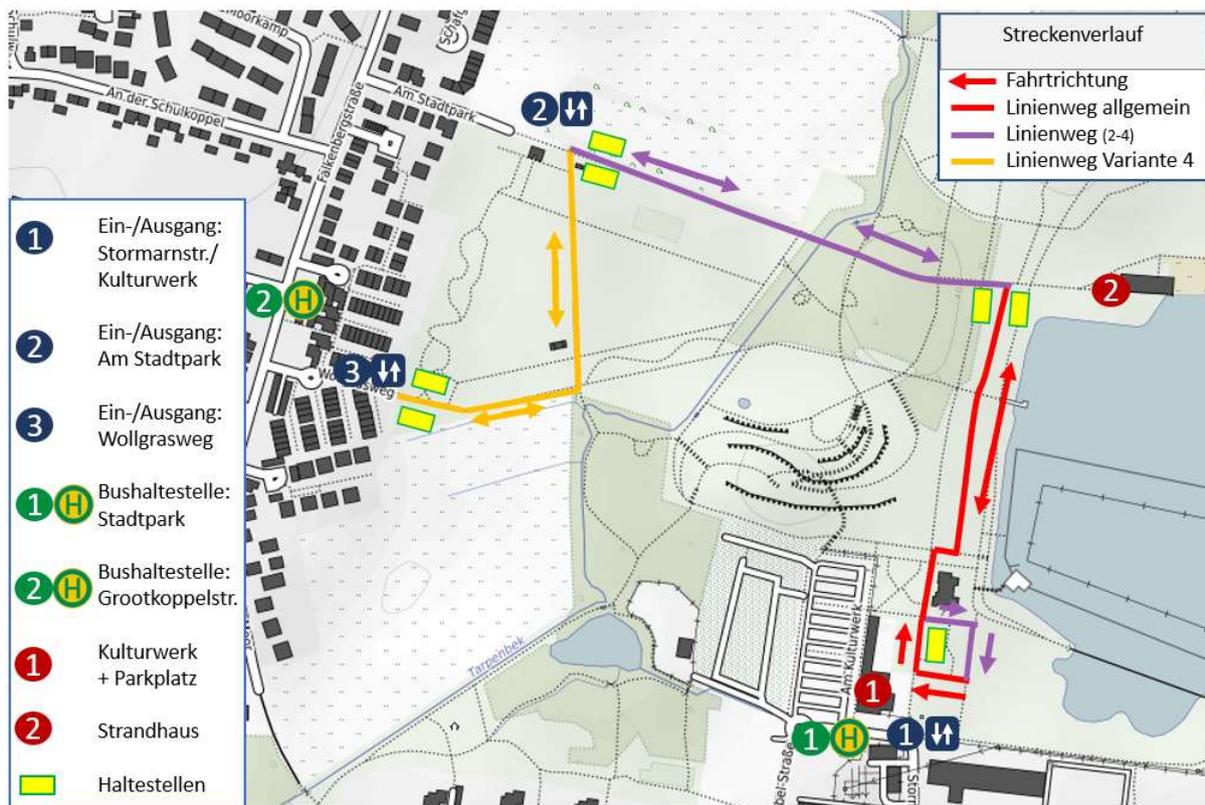


Abbildung 14: Streckenvariante 4; Quelle: OpenTopoMap, eigene Bearbeitung

Fazit

Streckenvariante 1 wird am höchsten priorisiert, da der verkehrlich Nutzen in Form des Rundkurses um den See gegeben ist, der Betrieb in dem weniger frequentierten Teil des Stadtparks wesentlich flüssiger erfolgen kann sowie möglicherweise die Attraktivität des hinteren Seeparks steigert. Des Weiteren entfällt die Notwendigkeit kostenintensiver Infrastruktureller Maßnahmen, wie beispielsweise einer extra zu asphaltierenden Wendestelle, wie in den Varianten 3 und 4.

Streckenvariante 2 wird als zweithöchste Strecke priorisiert. Der verkehrliche Nutzen ist durch den Anschluss an den ÖPNV etwas höher als in Streckenvariante 1, die Komplexität der Streckenführung jedoch ebenfalls, weshalb diese Streckenführung lediglich als Ergänzung/Folgevariante zur Vorzugsvariante gilt.

Streckenvariante 3 und 4 binden die geringste Anzahl von Ankerpunkten ein und weisen neben hohem infrastrukturellem Aufwand auch die höchsten Komplexitäten im Verkehr auf.

Die Umlauflänge in Variante 1 beträgt 2,4 km mit einer Fahrzeit von 18 Minuten (Durchschnittsgeschwindigkeit 10 km/h). Aufgrund der Umlauflänge wird der Einsatz zweier Fahrzeuge empfohlen, um die Taktfrequenz attraktiver gestalten zu können, eine höhere Akzeptanz zu erlangen und einen stärkeren verkehrlichen Nutzen zu erzielen.

Die Umlauflänge in Variante 2 beträgt 2,8 km mit einer Fahrzeit von 33 Minuten (Durchschnittsgeschwindigkeit 6 km/h). Auch hier werden aus oben benanntem Grund zwei Fahrzeuge empfohlen.

Eine stufenweise Einführung des Betriebes wird empfohlen, indem die Komplexität der Streckenvarianten erhöht wird. Um die Komplexität des späteren Einsatzes in der Grünen Heyde zu simulieren sollte das Angebot von Streckenvariante 1 zu einem späteren Zeitpunkt um die Streckenvariante 2 erweitert oder durch diese ersetzt werden.

Sofern aufgrund der hohen Frequentierung des Feldparks oder der Bereiche rund um Strandbad und Kulturwerk weitere Ausweichstrecken an ausgewählten Tagen notwendig sind, kann eine Ausweichstrecke nur unter folgenden Bedingungen hochautomatisiert befahren werden:

- Strecke muss eingemessen sein,
- Wegbreite von mind. 3 m muss gewährleistet sein,
- Strecke muss sich innerhalb des Stadtparks befinden,
- Strecke muss weniger andere Verkehrsteilnehmer vorweisen als die Hauptstrecke,
- Strecke sollte im besten Fall asphaltiert sein.

7.3 Wohnsiedlung Grüne Heyde

7.3.1 Grobkonzept

Als wesentlicher Planungsparameter gilt die Grundlage, dass die Grüne Heyde ein verkehrsaarmes Wohnquartier werden soll, in dem möglichst konfliktfreie Mobilität stattfinden kann. Nachdem die Tests im Stadtpark schon wichtige Erkenntnisse für den Einsatz des e.GO Mover im Realbetrieb gebracht haben, sollen mehrere Kleinbusse für die innere Quartierserschließung, als ÖPNV-Zubringer zu Haltestellen des konventionellen ÖPNVs außerhalb des Quartiers sowie als Zubringer zu den Quartiersgaragen inkl. Mobilitätsstationen dienen. Das wesentliche Ziel hierbei ist eine Erreichbarkeit und Erschließung zu den zentralen inneren Orten zu gewährleisten.

Da die Wege zum jetzigen Planungsstand noch nicht endgültig feststehen, sind hier noch keine Streckenvarianten zur Verbindung von zu definierenden Ankerpunkten eingetragen, sondern lediglich die zu befahrenden Wege gekennzeichnet.

Die Grüne Heyde wird nur ein stark reduziertes Befahren mit privaten motorisierten Fahrzeugen ermöglichen, der Rad- und Fußverkehrsanteil wird relativ höher anzusetzen sein. Im Quartier wird auch Verkehr zur Ver- und Entsorgung sowie in stark eingeschränktem Maße auch Lieferverkehr stattfinden. Letzterer wird jedoch hauptsächlich durch die Mobilitätsstationen mit Logistikhub am Rande der Siedlung organisiert. Das gesamte Wohnquartier wird nach derzeitigen Planungen mindestens als Tempo-30-Zone, wenn nicht gar als verkehrsberuhigter Bereich eingestuft werden.

In der gesamten Grünen Heyde wird durch die Stadtwerke Norderstedt bzw. die Tochtergesellschaft wilhelm.tel GmbH freies WLAN zur Verfügung gestellt. Dieses WLAN kann auch für den e.GO Mover für Kommunikationszwecke genutzt werden.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit, ein dem nachhaltigen Wohnquartier angemessenes Angebot aufzubauen, welches eine hochwertige Bedienqualität sicherstellt und den Anwohnern gleichzeitig Flexibilität ermöglicht. Durch die Implementierung in der Grünen Heyde wird die Innovativität und Nachhaltigkeit des neuartigen Wohnquartiers unterstrichen.

Der nachfolgenden Karte können die nachzeitigem Planungsstand wichtigsten Ankerpunkte inkl. der verbindenden Wege entnommen werden, die es den Anwohnern und Besuchern ermöglichen sollen aus jedem Quartiersteil an die jeweiligen Ankerpunkte zu kommen:

1. Quartiersgaragen Sonnenheyde
2. Quartiersgaragen Mühlenheyde
3. Quartiersgaragen Norderheyde
4. Quartiersgaragen Heyde Höfe
5. Quartiersgaragen Heyde Zentrum

6. Quartiersgaragen Heyde Wiesen
7. Bushaltestelle: Mühlenweg 1
8. Bushaltestelle: Mühlenweg 2
9. Bushaltestelle: Harckesheyde 1
10. Bushaltestelle: Harckesheyde 2



Abbildung 15: Grüne Heyde Rahmenplan: Planzeichnung – VORENTWURF vom 06.08.2019 inkl. Streckenführung; Quelle: Stadt Norderstedt, eigene Bearbeitung

7.3.2 Grundlegende Überlegungen zur Strecke

Die zu befahrenen Straßen in der Grünen Heyde sollten im Idealfall folgende Anforderungen erfüllen:

- Befestigte Straßen, z. B. durch Asphalt oder geschliffenes Pflaster (keine wassergebundene Decke)
- Ausgerundete Ecken bzw. einen kleinsten Wendekreis an Wendestellen und Kreuzungen von mindestens 14 m
- Wendemöglichkeit (in einem Zuge) bei allen Stichfahrten in Sackgassen, zu Garagen und zu Haltestellen
- Maximal zulässige Höchstgeschwindigkeit ≤ 30 km/h
- Kein Parkraum am Wegesrand (in Fahrtrichtung des Shuttles)
- Unterstellung und Lademöglichkeiten in jedem Quartiersteil, sodass das Fahrzeug keinen leeren Ein- und Aussetzweg hat
- Künstliche Fahrbahnverengungen nur an den nicht vom Shuttle befahrenen Fahrbahnseiten
- Ansteuerbare Infrastruktur, wie z. B. versenkbare Poller
- Eindeutige Kennzeichnung des durch das Shuttle zu befahrenden Weges (sowohl zur Identifizierung des Fahrtwegs durch das Shuttle als auch zur Information für die anderen Verkehrsteilnehmer)
- Einbahnstraßen oder Errichtung von Haltebuchten an strategisch bedeutsamen Stellen für entgegenkommende Fahrzeuge eingerichtet werden

Um eine schnelle und komfortable Anbindung aller Anwohner der Quartiersbereiche an die jeweiligen Ankerpunkte zu garantieren, wird empfohlen, in dem Quartiersteil Wilde Heyde (Mittig des Quartiers) eine weitere für das Shuttle befahrbare Straße oder im besten Falle einen Rundkurs einzurichten, da dort die höchste zu erwartenden Anwohnerzahl vorliegt. Um die Durchfahrtsmöglichkeit für den MIV zu verringern, könnten z. B. versenkbare und durch das Shuttle ansteuerbare Poller integriert werden.

Exemplarisch werden nach derzeitigem Planungsstand einige Verbindungen zwischen Ankerpunkten inkl. Weglänge und Fahrzeiten dargestellt, um die Weg-Zeitverhältnisse je Geschwindigkeit zu verdeutlichen:

Verbindung der Ankerpunkte	Weglänge (nur von A nach B, nicht Umlauf)	Fahrzeit* bei 6 km/h (Durchschnittsgeschwindigkeit)	Fahrzeit bei 15 km/h (Durchschnittsgeschwindigkeit)
Quartiersgaragen Sonnenheyde – Quartiersgaragen Heyde Höfe	1,47 km	16 Minuten	8 Minuten
Quartiersgaragen Heyde Wiese – Bushaltestelle Mühlenweg 2	1,10 km	13 Minuten	6 Minuten
Quartiersgaragen Norderheyde – Bushaltestelle Harckesheyde 2	0,80 km	10 Minuten	5 Minuten

Tabelle 5: Exemplarische Wegelänge und Fahrzeit Grüne Heyde, eigene Berechnung

*hinzu kommen 30 Sekunden pro Haltestelle

7.3.3 Weitere Phasen

Perspektivisch sieht die Stadt Norderstedt weitere Streckenführungen für den hochautomatisierten Kleinbusverkehr vor. Zu einem späteren Zeitpunkt, bei technischer Weiterentwicklung der Fahrzeugkomponenten und einem erfolgreichen Test im Stadtpark sowie der erfolgreichen Implementierung in der Grüne Heyde können folgende weitere Streckenführungen näher betrachtet werden:

1. Anbindung Wohnsiedlung Grüne Heyde an Versorgungseinrichtungen,
2. Anbindung Quickborner Straße an U-Norderstedt Mitte,
3. Weitere Anbindung und Erschließung der Wohngebiete Harkshörn und des Glashütter Damm.

8 BETRIEBSKONZEPT

8.1 Betriebsformen

Grundsätzlich lassen sich verschiedene Formen des Betriebes durchführen, die bereits in Kapitel 3.3.2 beschrieben wurden. Diese sind mit der Software und den technischen Möglichkeiten des e.GO Mover allesamt umsetzbar. In den meisten aktuellen Einsatzfällen von hochautomatisierten Shuttles wird im Linienverkehr zunächst mit obligatorischen oder mit bedarfsabhängigen Haltestellen gefahren. Im folgenden Schritt vorgesehen sind meist auch On-Demand-Betriebe.

Kein verfügbares System kann bzw. darf derzeit im öffentlichen Raum räumlich bedarfsorientiert fahren. Hierfür bedarf es zugelassener Korridore und einer entsprechenden Kommunikation zwischen Fahrzeug und Kunde. In der Anfangsphase soll der Betrieb an allen Standorten im „Metro-Modus“ abgewickelt werden, die Fahrzeuge halten dabei an jeder definierten Haltestelle und öffnen hier die Tür für einen Fahrgastwechsel, unabhängig vom tatsächlichen Bedarf. Fahr- und Haltezeiten für den Fahrplan müssen im Rahmen des Einmessens der Strecken angepasst werden. Im laufenden Betrieb kann so die tatsächliche Fahr- und Haltezeit ermittelt werden. Daher wird empfohlen, ein System aufzubauen, welches in der Anfangsphase im Stadtpark im Linienverkehr nach Fahrplan fährt, später aber, insbesondere in der Grünen Heyde, nach Bedarf/Taxi-Modus verkehrt, wenn die technologische und rechtliche Entwicklung weiter fortgeschritten ist. Hierbei ist besonders darauf zu achten frühzeitig Softwarekomponenten für die Fahrzeug-Kunde-Schnittstelle und einen möglichen bedarfsorientierten Betrieb zu bedenken und Entwickler in die Prozesse zu integrieren, sodass zu einem späteren Zeitpunkt die Abläufe reibungslos funktionieren.

8.2 Betreibermodell

Für den Betrieb der hochautomatisierten Shuttles ist ein Betreiber erforderlich, der die Fahrzeuge überwacht, pflegt und die Verantwortung für Zuverlässigkeit und Sicherheit übernimmt. Die Aufgaben können auf verschiedene Schultern verteilt werden, wenn dieses zweckdienlich ist.

Die komplette Verantwortung für die Betriebsdurchführung über die von der Stadt beschafften hochautomatisierten Shuttles kann einem externen Dienstleister übertragen werden, der die dafür erforderliche Qualifikation besitzt oder erfolgreich aufbaut:

1. Eigenschaften eines Verkehrsunternehmens
2. Beachtung BO Kraft und PBefG
3. erforderliche Begleiter sind als Mitarbeiter oder externe „Erfüllungsgehilfen“ einzusetzen

Denkbare Dienstleister für diese Aufgabe können Verkehrsunternehmen (Busunternehmen) oder andere Verkehrsdienstleister (z. B. Taxiunternehmer) sein. Vorhandene Busunternehmen können die Anforderungen, die sich aus dem PBefG ergeben, abdecken und haben lediglich das Know-how für die zusätzlichen Anforderungen, die für den hochautomatisierten bzw. autonomen Busverkehr zu erfüllen sind, aufzubauen.

Die von der Stadt bevorzugte Variante ist die entgeltliche Beauftragung eines Unternehmens zum Betrieb des Shuttle-Verkehres mit den von der Stadt beschafften Fahrzeugen, dass mit dem PBefG beauftragt ist und die Ansprüche daraus abdeckt.

Aufgrund des laufenden Verkehrsvertrages des Kreises Segeberg mit den Verkehrsbetrieben Hamburg Holstein (VHH) liegt es nahe, dass vorrangig mit der VHH über den Betrieb dieses Verkehrs gesprochen wird. Die VHH sammelt durch ein Testfeld in Lauenburg/Elbe bereits Erfahrungen mit automatisierten Bussystemen.

8.3 Betriebszeiten, Fahrtenangebot und Fahrzeugbedarf

Die Betriebszeiten im Stadtpark sollten sich an den Öffnungszeiten bzw. Hauptbesuchszeiten orientieren: Der Stadtpark Norderstedt ist an 365 Tagen im Jahr zwischen 5:00 und 22:00 Uhr geöffnet und nach den Erfahrungen des Betreibers befinden sich die Hauptbesuchszeiten zwischen 10:00 und 18:00 Uhr. Zu besonderen Veranstaltungen können die Öffnungszeiten sowie das wesentliche Aufkommen des Besucherstroms abweichen. Die reine Fahrzeit wird ergänzt durch vor- und nachgelagerte Aufgaben, die bei der Bemessung der Dienste für das Begleitpersonal und die Disposition zu berücksichtigen sind. Um den Betrieb mit einer Schicht abdecken zu können, wird die Betriebszeit auf sieben Stunden ausgelegt (z. B. 10:00 bis 17:00 oder 11:00 bis 18:00 Uhr).

Für die Zwischenladung ist eine Pause von ca. 15 Minuten vorzusehen (wiederum um das Ab- und Aufrüsten ergänzt). Der Abstand zwischen den Fahrten könnte durch die Betriebspause eventuell unattraktiv hoch werden. Aus diesem Grund könnte sich der Einsatz eines zweiten Fahrzeuges eignen. Für die Berechnung des Personalbedarfes wird jedoch von dem Einsatz nur eines Fahrzeuges ausgegangen.

Im Quartier Grüne Heyde ist ein zeitlich etwas längerer Betrieb vorzusehen, sollte der Stand der Entwicklung bereits Level 5 der Automatisierung erreicht haben. Tägliche Betriebszeiten von 05:00 bis 00:00 Uhr mit einer Betriebspause zum Reinigen und Laden werden empfohlen. Auch hier sollten mindestens zwei Fahrzeuge für den Personenverkehr vorgesehen werden.

8.4 Personalbedarf

Für die Berechnung des Personalbedarfes müssen vor- und nachgelagerte Aufgaben auf die reine Fahrzeit aufgeschlagen werden:

Vorgang	Tätigkeit	Dauer
Aufrüsten 1	Vorbereiten, Fahrzeugprüfung, Proberunde auf dem Gelände	00:30
Abrüsten 1	Fahrt zur Ladestation, Ladevorgang starten	00:10
Pause	Zwischenladung, Grobreinigung	00:15
Aufrüsten 2	Ladevorgang beenden, Fahrzeugprüfung, Fahrtaufnahme	00:15
Abrüsten 2	Fahrt zur Ladestation, Grobreinigung, Ladevorgang starten, Betriebsbericht ausfüllen	00:30

Tabelle 6: Vor- und nachgelagerte Aufgaben beim Betrieb

Für den Betrieb im Stadtpark ergeben sich bei dem Ansatz einer täglichen Betriebszeit von sieben Stunden an 365 Betriebstagen pro Jahr, inklusive der Ansätze für Vor- und Nachbereitungszeit von einer

Stunde, insgesamt 2.920 Stunden jährlich, was rechnerisch einem Bedarf von 1,7 Personalen (pro Fahrzeug) entspricht (Aufwand für Disposition und Betriebsleitung nicht berücksichtigt). Demnach besteht praktisch ein Bedarf nach mindestens zwei Mitarbeitern, bei Einsatz von zwei Fahrzeugen ist von vier Personen auszugehen, je nach Ausformung des konkreten Einsatzes. Dies wird in der Umsetzungsplanung zu konkretisieren sein.

Über die Begleiter hinaus ist es sinnvoll, eine Person als Projektkoordinator in einer Scharnierfunktion zwischen dem automatisierten Betrieb und dem sonstigen Betrieb des Betreibers vorzusehen. Diese Person kann und soll als Begleiter agieren, aber gleichzeitig auch übergeordnete und allgemeine Themen bearbeiten, von einem Arbeitszeitanteil von 50 % einer Vollzeitstelle ist mindestens in den ersten beiden Betriebsjahren auszugehen. Es sind u. a. folgende Aufgaben zu übernehmen:

- Auswahl und Schulung von Begleitern,
- Überwachung des operativen Betriebes und Sicherstellung des Betriebes,
- Überprüfung der Anwendung von Vorgaben z. B. der Straßenverkehrsbehörden,
- Mitwirkung bei Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit.

Mittelfristig sind zusätzlich auch Mitarbeiter der Leitstelle vorzusehen, nicht jedoch für den hier behandelten Betrieb im Stadtpark, sondern nur für den Fall eines substanziell größeren Betriebes mit hochautomatisierten Fahrzeugen. Hier sind jedoch zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Aussagen möglich. Für den Betrieb ist weder ein Arbeitsplatz noch spezielle Technik oder Software in der zentralen Leitstelle erforderlich.

Für den langfristig geplanten On-Demand-Betrieb in der Grünen Heyde ist frühzeitig eine Softwarelösung zu integrieren und ggf. eine Leitstelle einzurichten. Hierzu sollten jedoch an einem späteren Zeitpunkt detaillierte Betrachtungen durchgeführt werden.

8.5 Abstellen und Laden

Erste Gespräche ergaben, dass sowohl das Abstellen und Laden als auch Wartung, Reinigung und Instandsetzung auf einem Betriebshof in der Nähe des Stadtparks möglich sein werden sollen. Es ist im Anschluss an die Betreiber-Frage zu klären, ob die Fahrzeuge ggf. auf deren Betriebshof untergestellt werden können oder möglicherweise auf den neuen Betriebshof des Stadtparks mit untergebracht werden könnten.

In der Grünen Heyde können nach jetzigem Planungsstand voraussichtlich Unterstellung sowie Ladevorgang in jeder der Quartiersgaragen für je 1 - 2 Shuttle eingerichtet werden. Dies ist besonders im Hinblick auf einen hochautomatisierten fahrerlosen Betrieb die optimale Lösung, da so die Fahrzeuge die geringsten Ein- und Aussetzwege von und zu einem Kunden haben und somit schnelle Reaktionszeiten vorliegen und Leerfahrten vermieden werden.

9 WEITERE SCHRITTE

9.1 Betriebsgenehmigungen

Wie in den vorangegangenen Kapiteln erörtert, ist die Zulassung von Fahrzeugen in der StVZO geregelt. Für einen Betrieb im öffentlich zugänglichen Stadtpark wird voraussichtlich genauso eine Zulassung

erforderlich sein, wie für einen Betrieb auf den Wegen in der Grüne Heyde. Grob sind drei Schritte durchzuführen:

1. Zulassung des Fahrzeugs und Definition der Anforderungen für den Einsatz im öffentlichen Raum
2. Genehmigung zum Einsatz des zugelassenen Fahrzeugs auf der ausgewählten Strecke
3. Genehmigung nach Personenbeförderungsgesetz

Dieser Prozess lässt sich auf dieser Basis in die folgenden Schritte zerlegen:

1. Zulassung des Fahrzeugs und Definition der Anforderungen für den Einsatz im öffentlichen Raum (durch Gutachter [z. B. DEKRA, TÜV] und Prüfstelle des jeweiligen Bundeslandes)
 - i) Entscheidung zur Wahl eines Fahrzeugtyps (und der Bauart) treffen, damit ist auch klar, welcher Aufwand zur Zulassung noch ansteht
 - ii) Durchführen der üblichen Prüfroutinen zur Zulassung von Fahrzeugen der Bauarten M1 (Pkw) oder M2 (Kleinbus) oder von Sonderfahrzeugen, ggf. mit baulichen Anpassungen verbunden

Dieser Schritt wird durch den Hersteller übernommen und der e.GO Mover wird als ein zugelassenes M2 -Fahrzeug bereitgestellt, dass im manuellen Modus im öffentlichen Raum verkehren darf.

2. Genehmigung zum Einsatz des manuell zugelassenen Fahrzeugs im automatisierten Modus auf der ausgewählten Strecke (auf Basis von Gutachtenergebnissen [z. B. von DEKRA oder TÜV] und durch jeweiliges Straßenverkehrsamt)
 - i) Vorlage eines Betriebskonzeptes mit Darstellung von Fahrplan, Haltestellen, Fahrzeugeinsatz, Abstellort, Personaleinsatz, Betriebsführer
 - ii) Vorlage oder Erarbeitung einer Risikoanalyse (ist in einer „Light-Version“ in der Anlage des vorliegenden Berichts) für den Betrieb dieses Fahrzeugs auf der vorgesehenen Strecke
 - iii) Vorlage von Unterlagen, die zu den mit dem Betrieb des Fahrzeugs verbundenen Prozessen verbindliche Aussagen bzw. Vorgaben machen und die Gegenstand der Personalschulung sind

Dieser Schritt wird in Verantwortung des Kunden in Zusammenarbeit mit einer technischen Prüforganisation selbstständig angestoßen.

3. Genehmigung nach Personenbeförderungsgesetz
 - i) Festlegen des Betriebsführers
 - ii) Festlegen des Antragstellers für die PBefG-Genehmigung
 - iii) Antrag auf Erteilung einer Linienverkehrsgenehmigung nach PBefG mit Angaben zu Fahrplan, Strecke, Haltestellen, Fahrzeugen, Betriebsführer und anzuwendendem Tarif.

Dieser Schritt wird von dem jeweiligen Betreiber in Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden und der Stadt angestoßen.

Liegen diese drei Genehmigungen vor, kann aus formeller Sicht der Betrieb aufgenommen werden.

Im Stadtpark sollten zusätzlich dringend Absprachen mit dem BUND zum Amphibienschutz getroffen werden. Auch bzgl. der DGNB-Zertifizierung der Grünen Heyde und der damit einhergehenden Richtlinien zum Naturschutz sollten Absprachen zur Genehmigungsrelevanz einzelner Bestandteile getroffen werden.

9.2 Handlungsbedarfe

Der Betrieb eines hochautomatisiert fahrenden Shuttles von e.GO auf dem Gelände des Stadtparks ist möglich und sinnvoll gestaltbar. Für den Einsatz im Neubaugebiet Grüne Heyde erscheinen die Planungsparameter aktuell so gestaltbar, dass die Fahrzeuge auf dem Gelände fahren können. Für einen störungsfreien Betrieb muss das Zusammenspiel mit den anderen Nutzern des Stadtparks klar geregelt und in der Anfangsphase auch entsprechend überwacht werden.

Bei der Einführung sind folgende Schritte durchzuführen:

- Herbeiführen einer positiven Grundsatzentscheidung zum weiteren Vorgehen
- Klären der Finanzierung einer Umsetzung (Investition und Betrieb, Förderprogramm EU, Bund, Land)
- Klären des Zeitplanes zur Umsetzung
- Gespräche zwischen Stadt, der Straßenverkehrsbehörde, dem Aufgabenträger im Rahmen der Detaillierung des Projektes, insbesondere den Einsatz in der Grünen Heyde betreffend
- Abhängig vom Förderprogramm Aufsetzen eines Projektes (Skizze, Antrag, Projektbearbeitung)
- Beschreiben der Anforderungen an das System (Fahrzeug, Straßeninfrastruktur, Überwachung) im Detail als Vorlauf zur Genehmigung des hochautomatisierten Betriebes
- Detailplanung zur Umsetzung für Testbetrieb, Durchführen einer detaillierten Risikoanalyse
- Beschaffen der Fahrzeuge
- Klärung Zulassungsvoraussetzungen
- Klärung zur Durchführung der Wartung und Instandhaltung im Auftrag des Herstellers
- Klärung zum Genehmigungsinhaber und Betreiber
- Einholen von Ausnahmegenehmigungen für den Betrieb der Linie
- Formulieren und Schließen von vertraglichen Regelungen zur Nutzung der Wege im Stadtpark sowie zum Abstellen und Laden der Fahrzeuge
- Durchführen der Personalplanung, -beschaffung und Ausbildung von Begleitpersonal
- Entwicklung von Vermarktungsstrategien
- Bauliche und verkehrstechnische Umsetzungsvorbereitung
- Start des Testbetriebs und danach Einrichtung des Echtbetriebs
- Auswertung der ersten Erfahrungen nach Beginn des Betriebs

Je nach Anforderungen aus einer möglichen Projektförderung heraus wird eine wissenschaftliche Begleitung erforderlich sein, dann kommen noch hinzu:

- Wissenschaftliche Begleitung z. B. durch eine Hochschule
- Konzeption und Durchführung Evaluation
- Durchführung von Nutzerbefragungen und Akzeptanzuntersuchung

10 KOSTENABSCHÄTZUNG

10.1 Allgemeines zur Kostenschätzung

Die Kosten werden in Investitionsaufwendungen und in Betriebskosten unterschieden und sind Schätzungen auf Basis bisheriger Betriebserfahrungen und vorliegender Preise. Die hier dargestellten Zahlen basieren auf einem Preis- und Kenntnisstand April 2019. Die Betriebskosten enthalten alle Kostenpositionen, die bei einem Betrieb entstehen (Investitionen bzw. Mieten, Wartungsverträge, Instandhaltungsaufwendungen, Verwaltungsaufwand) und beziehen sich auf jeweils **ein Jahr**. Eventuell mögliche Förderungen z. B. von Bund oder/und Land sind nicht berücksichtigt, ebenso keine Aufwendungen für eine eventuell erforderliche Fahrzeugzulassung.

Nachfolgend werden die für die Einrichtung des Betriebes erforderlichen investiven Maßnahmen betrachtet, diese werden allerdings nur grob beschrieben, denn eine detaillierte Kostenkalkulation ist beim vorliegenden Planungsstand nicht seriös möglich und muss nach Abstimmung mit den zu Beteiligten in einer folgenden Bearbeitungsstufe konkretisiert werden. Dies sollte im Rahmen weiterer Detaillierungen geklärt werden. Gleiches gilt für die Anpassung vorhandener Lichtsignalanlagen oder anderer steuerbaren Anlagen, damit die Signale vom Fahrzeug eindeutig identifiziert werden können.

Grundsätzlich sind hier folgende Einrichtungen berücksichtigt:

- Herrichtung oder Umbau einer ggf. vorhandenen Unterstellmöglichkeit in möglichst unmittelbarer Nähe der Strecke,
- Haltestellenmaste (einfache Ausstattung),
- Haltestellenplattformen inkl. Anrampung,
- Verkehrsschilder mit Hinweisen auf den Verkehr,
- Herrichtung oder Umbau der Fahrbahnoberfläche.

Die Betriebskosten umfassen die Aufwendungen, die direkt mit der Durchführung des Betriebes zusammenhängen und laufend anfallen. Die Kosten werden für ein Fahrzeug als auch zwei Fahrzeuge dargestellt. Die Fahrzeuge werden betriebsfähig gemietet, die Miete ist entsprechend hier in den Betriebskosten enthalten.

Die meisten Positionen sind in der Miete bereits enthalten, gesondert für ein Fahrzeug aufgeführt werden jedoch:

- Strom,
- Überwachung (Leitstelle),
- Reinigung,
- Kosten für die Unterstellung.

Bei den Fahrzeugen wird unterstellt, dass diese der Stadt bzw. dem Betreiber durch die e.GO Mobile bereitgestellt werden. In den folgenden Berechnungen sind die Kosten auf Basis **eines** Fahrzeuges der Baureihe „e.GO Mover“ von der e.GO MOOVE GmbH zugrunde gelegt worden, dies muss aber im Rahmen einer Vorbereitung eines Betriebes bei dem Hersteller aktuell angefragt werden. Zugrunde gelegt wird zunächst die Bereitstellung von zwei Fahrzeugen.

Nicht berechnet und dargestellt sind Aufwendungen für Begleitpersonal auf den Fahrzeugen. Die heutige Rechtslage erfordert den jederzeit möglichen Eingriff in die Steuerung des Fahrzeugs. Dies wird bei den derzeitigen Betrieben durch die Mitfahrt von Begleitpersonal gelöst, das gleichzeitig Aufgaben

der Fahrgastinformation übernimmt. In vielen Fällen sind es Fahrer vom örtlich ohnehin tätigen Verkehrsunternehmen oder entsprechend geschulte Studenten (die auch gleich parallel eine Akzeptanzstudie erstellen könnten). Beschrieben wird zunächst der Aufwand für einen Regelbetrieb mit bereitgestellten Fahrzeugen.

10.2 Investitionsaufwand Stadtpark Norderstedt

Für den Einsatz im Stadtpark werden keine wesentlichen Investitionen außerhalb des Fahrzeugs erforderlich. Geringe Kosten werden für das Anfertigen und Aufstellen von Verkehrszeichen und Hinweisschilder entstehen, vereinzelt für das Auffüllen von nicht asphaltierten Eckausrundungen bei Einmündungen von Wegen, für die Haltestelleninfrastruktur, ggf. auch für Markierungsarbeiten sowie den Aufbau einer Ladeinfrastruktur (oder die Herrichtung einer vorhandenen Ladeinfrastruktur). Es wird eine Bereitstellungsdauer von 12 Monaten angenommen.

Investitionsaufwand Stadtpark Norderstedt ⁵		
Bereich	Maßnahme	Kostenschätzung
Haltestellen		ca. 2.000 €/Plattform
Ladeinfrastruktur Unterstellung		ca. 2.000 €/Wallbox
Ladekabel Kulturwerk (Zwischenladung)		200 €
Fahrweg	Ausrundung der Ecken durch Asphaltierung	3.000 €
Sonstiges (Beschilderung, Markierung)	Je nach Bedarf und zur Information der Fahrgäste	5.000 €
Summe	Annahme: Eine Wallbox, 4 Haltestellen (Streckenvariante 1)	20.000 €

Tabelle 7: Investitionsaufwand Stadtpark Norderstedt

10.3 Betriebskosten Stadtpark Norderstedt

Betriebskosten Stadtpark Norderstedt		
Bereich	Maßnahme	Kostenschätzung pro Jahr
Fahrzeug	12-monatige Bereitstellung eines Fahrzeugs inkl. Schulung, Inbetriebnahme, Flottenmanagement, Betreuung des Fahrzeugs, Wartung und Instandhaltung, Versicherung.	148.000 € (1 Fahrzeug, 12 Monate)
Unterstellung	je nach Betreibermodell ggf. Miete	1.200 €
Energiekosten		4.500 €
Personalkosten	Marketing, Betriebsleiter, Planer	6.000 €

⁵ Kosten für die Fahrzeugzulassung und Genehmigung inkl. technischer Prüforganisation sind nicht enthalten

Betriebskosten Stadtpark Norderstedt		
Bereich	Maßnahme	Kostenschätzung pro Jahr
	etc. (Begleiter nicht enthalten, Aufwand ist hinzuzurechnen!)	
Reinigung	Wöchentliche Fahrzeugreinigung inkl. Waschanlage	1.500 €
Summe	Jährlich für ein Fahrzeug	ca. 160 T€
Summe	Jährlich für zwei Fahrzeuge	ca. 310 T€

Tabelle 8: Betriebskosten Stadtpark Norderstedt

11 FINANZIERUNGSMÖGLICHKEITEN UND ORGANISATION

11.1 Finanzierungsmöglichkeiten

Aufgrund der aktuellen politischen Debatte zu Feinstaubbelastungen, Dieselfahrverboten, Fachkräftemangel und urbanen Siedlungsentwicklungen (steigende Grundstück- und Mietpreise etc.) ist es notwendig die Förderlandschaft permanent zu beobachten. Es werden immer wieder neue Fördertöpfe geöffnet oder bestehende ausgeweitet. Mit Stand April 2019 wird im Folgenden eine Aussage zu aktuellen Fördermöglichkeiten gegeben. Als gesichert ist anzumerken, dass es darüber hinaus in naher Zukunft weitere Förderungen geben wird.

Beschaffung oder Betrieb von hochautomatisiert fahrenden, elektrischen Fahrzeugen lassen sich, bei jeweils angepasster Schwerpunktsetzung z. B. mit folgenden Förderungen unterstützen:

Name	KMU-innovativ: Mensch-Technik-Interaktion (BMBF)
Fristen	<ul style="list-style-type: none"> • Projektskizzen jeweils bis 15.4. und 15.10. • Gültig bis 31.12.2025.
Förderart und -quote	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmen: bis zu 50 %; Eigenbeteiligung mind. 50 % (KMU 60 %) • Hochschulen: 100 %, plus 20 % Projektpauschale
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Laufzeit: max. 3 Jahre • Schwerpunkte: Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in den Schwerpunkten: Intelligente Mobilität, Digitale Gesellschaft, Gesundes Leben • Antragsteller: KMU, Mittelständische Unternehmen, Bei Verbundprojekten auch Hochschulen & außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Tabelle 9: Beispiel 1: Fördermittel für hochautomatisiert fahrende Kleinbusse

Name	IKT für Elektromobilität: intelligente Anwendungen für Mobilität, Logistik, Energie (BMWi)
Fristen	<ul style="list-style-type: none"> • Projektskizzen: 31.10.2019, 31.03.2020, 31.10.2020, 31.03.2021, 31.10.2021
Förderart und -quote	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmen: 25 % bis 50 %, für KMU ggf. höher • Forschungseinrichtungen: bis zu 100 % • Eigenbeteiligung mind. 10 %
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Laufzeit: i. d. R. 3 Jahre • Schwerpunkte: Vernetzte Mobilität und IKT; Themenbereiche: u. a. neue Mobilitätslösungen durch hochautomatisierte und autonome Fahrzeuge und entspr. Technologien; gewerbliche Logistik- und Lieferkonzepte; Mobilitätsversorgung in ländlichen Räumen • Antragsteller: Unternehmen, Forschungseinrichtungen

Tabelle 10: Beispiel 2: Fördermittel für hochautomatisiert fahrende Kleinbusse

Name	Förderfonds Metropolregion Hamburg (Metropolregion Hamburg)
Fristen	keine
Förderart und -quote	<ul style="list-style-type: none"> • 50 – 80 % • Bei Maßnahmen des Vereins „Projektbüro Metropolregion Hamburg“ e. V. 100 %
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Laufzeit: k. A. • Schwerpunkte: Handlungsansätze und Lösungen für regional bedeutende Themenstellungen; innerregionale Zusammenarbeit durch Überwindung institutioneller Grenzen; hoher inhaltlicher Mehrwert für die MRH; MRH nach innen und außen profilieren; Innovations- oder Pilotcharakter für die MRH; Stärkung der Alleinstellungsmerkmale der MRH; Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der MRH; Verbesserung der ÖPNV-Verknüpfungsmaßnahmen; Kooperationen und Netzwerke initiieren und stärken; Wirtschafts- und Sozialpartner aus der Region einbinden; finanzielle Beteiligung Dritter oder anderer öffentlichen Förderungen • Förderfähig sind z. B.: Kompetenzzentren; Innovative und vorbildliche Konzeptionen und Untersuchungen zum Themenfeld Klimawandel (z. B. Autonomes Fahren, E-Mobilität); • Antragsteller: Landkreise, Städte, Gemeinden, Ämter, Zweckverbände etc. → länderspezifisch über die Förderfonds der Länder geregelt

Tabelle 11: Beispiel 2: Fördermittel für hochautomatisiert fahrende Kleinbusse

11.2 Vertrieb und Tarif

Für die Anwendung in hochautomatisierten Fahrzeugen ist ein Fahrausweisvertrieb erforderlich, der unabhängig von anwesendem Personal ist. Das hierfür grundsätzlich geeignete System „Be-in/Be-out“ basiert auf berührungsloser Technik: steigt ein Fahrgast in das Fahrzeug ein, wird ein Chip auf der mitzuführenden Fahrkarte aktiviert und nach dem Aussteigen wieder deaktiviert. Eine Einführung dieses Systems in den HVV ist derzeit jedoch nicht geplant, erste Schritte wurden jedoch mit der Einführung der HVV-Card bereits bestritten.

Die Implementierung des hochautomatisierten Kleinbusses in Norderstedt kann aufgrund der hohen Investitions- und Anpassungskosten voraussichtlich nur sinnvoll im Rahmen eines geförderten Projektes erfolgen. In diesem Zusammenhang ist davon auszugehen, dass die Nutzung für den Fahrgast vorerst kostenlos sein wird. Im Rahmen der Umsetzungsvorbereitung werden Vorschläge unterbreitet, wie ein Vertrieb von Fahrkarten (E-Ticketing, Be-in/Be-out-Systeme o. ä.) erfolgen kann. Der Fahrzeughersteller e.GO MOOVE GmbH kann jede externe Hardware inkl. Schnittstelle in sein Fahrzeug verbauen.

11.3 Gesamtfinanzierung

Die Erlöse beschränken sich bei diesem Verkehr potenziell auf Einnahmen durch Fahrkartenverkauf. Weitere Einnahmen z. B. von Sponsoren für den Betrieb im Stadtpark oder im Rahmen von Umlagen (Wohngeld) der Eigentümer der Immobilien in der Grünen Heyde können hier nicht kalkuliert werden.

Zur Abschätzung der erzielbaren Größenordnung von Fahrgeldeinnahmen bei einem Betrieb mit zwei Fahrzeugen werden hier überschlägig einige Angaben gemacht:

- durchschnittliche Anzahl Nutzer einer Fahrt in einem Fahrzeug: 3
- bei Erheben von durchschnittlich 1,00 € pro Fahrt ergeben sich 3 € Einnahmen pro Fahrt
- es werden pro Stunde drei Fahrten je Fahrzeug durchgeführt, daraus entstehen $3 \text{ €} * 3 \text{ Fahrten} * 2 \text{ Fahrzeuge} * 17 \text{ Stunden} * 365 \text{ Tage/a} = \text{etwa } 110 \text{ T€}$
- ansetzbar wären etwa 100 T€ netto

Auch wenn der Ansatz von drei Fahrgästen pro Fahrt gering erscheint, ist dies bei der erwartbaren Fahrtlänge und mit Blick auf die gesamte Betriebszeit täglich doch ambitioniert. Dennoch soll diese Berechnung darstellen, dass ein kostendeckender Betrieb möglich sein sollte, sofern der Betrieb tatsächlich komplett fahrerlos durchgeführt werden können. Wenn eine Förderung in Anspruch genommen werden soll, empfiehlt es sich jedoch, auf den Verkauf von Fahrkarten zu verzichten. Relevant dürfte das Thema jedoch in der Grünen Heyde werden, hier ggf. aber auch als all-inclusive-Dienstleistung für die Bewohner der Grünen Heyde und eine Finanzierung über die laufenden Betriebskosten des Geländes, ggf. über das Wohngeld.

11.4 Organisation

Grundlegend wird empfohlen ein Projektteam aus verschiedenen Akteuren zusammenzustellen, die jeweils Kompetenzen und Verantwortung in den tangierten Bereichen aufweisen. In einem Förderprojekt ist dies sogar von fundamentaler Bedeutung und ist Entscheidungsgrund für oder gegen eine Finanzierung.

Eine Empfehlung der Zusammensetzung eines Projektteams für einen reibungslosen Ablauf wäre:

- Stadt Norderstedt
- Stadtpark Norderstedt
- Stadtplanung bzw. Zuständige der Grünen Heyde
- Betreiber mit Kompetenzen BOKraft und PBefG
- Projektleiter und Projektkoordinator
- Umsetzungsberatung -betreuung
- Hersteller
- Ggf. Softwareentwickler für den bedarfsgesteuerten Betrieb

Projektpartner	Rolle
Stadt Norderstedt	Auftraggeber, Mieter des Fahrzeugs
Stadtpark Norderstedt	Infrastrukturelle und betrieblich organisatorische Betreuung und Kommunikation im Stadtpark
Stadtplanung bzw. Zuständige der Grünen Heyde	Einbindung des Projektteams in die Planung des Quartiers Grüne Heyde sowie gemeinsame Planung des Einsatzes, infrastrukturelle Betreuung
Betreiber der mit Personenbeförderung betraut ist	Durchführung des Betriebes im Stadtpark und in der Grünen Heyde
Projektleiter und Projektkoordinator	Projektleitung, Koordination aller Projektbeteiligten und der Zielerreichung, Berichterstattung an den Fördermittelgeber
Umsetzungsberatung und -betreuung	Koordination der Inbetriebnahme, des Genehmigungsprozesses inkl. Erstellung der Unterlagen, der Koordination zwischen Beschaffer und Fahrzeughersteller (Vergabeprozess, Verhandlungen, etc.)
Hersteller	Bereitstellung der Fahrzeuge, fahrzeugseitige Inbetriebnahme (Einmessen etc.), Betreuung des Betriebes, Wartung, Instandhaltung, Überwachung des Betriebes etc.
Ggf. Softwareentwickler für den bedarfsgesteuerten Betrieb	Software für die den bedarfsgesteuerten Betrieb

Tabelle 12: Mögliche Projektpartner und deren Rollen

12 ZEITPLAN INKL. MEILENSTEINE

Norderstedt - Zeitplan Stadtpark

	2019			2020			2021			2022		
	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
Phase 1: Machbarkeitsstudie												
Phase 2: Umsetzungsplanung			1									
2100 Projektförderung												
2200 Lastenheft												
2300 Vergabeprozess												
2400 Informationshilfe und Abstimmungen												
2500 Genehmigungsunterlagen zum Amphibienschutz und Betrieb												
2600 Risikoanalyse im Detail												
2700 Projektmanagement												
Phase 3: Umsetzungsbeileitung												
3100 Genehmigung des Betriebs bzgl. Amphibienschutz und Betrieb												
3200 Fahrzeugabnahme												
3300 Inbetriebnahme und Aktualisierung Informationsmaterialien												
3400 Infrastrukturelle Maßnahmen und betriebliche Organisation												
3500 Projektmanagement												

Meilenstein 1

Meilenstein 2

Meilenstein 3

Herbeiführen einer positiven Grundsatzentscheidung zum weiteren Vorgehen

Erfolgreiches Klären der Finanzierung bzw. ggf. ergänzende Suche nach passendem Förderprogramm

Vergabe der Fahrzeuge/des Fahrzeugsvorbereitungen abgeschlossen

13 FAZIT

Die Umsetzung eines hochautomatisierten Shuttle-Betriebes erscheint sowohl im Stadtpark als auch in der Grünen Heyde als machbar. Die Implementierung eines Realbetriebes im Stadtpark sollte zeitnah erfolgen, um das System zu zeigen und die Nutzer und damit die Öffentlichkeit an ein solches neues System zu gewöhnen und an der Inbetriebnahme teilhaben zu lassen. In der Grünen Heyde können diese Erfahrungen genutzt werden, daher sollte der Shuttle-Betrieb hier gleich nach Bezug der Wohnungen als selbstverständlicher Teil der Grünen Heyde vermarktet werden. Ggf. bietet sich hier eine stufenweise Umsetzung je nach Baufertigstellung an. Die jeweils benötigten Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Betrieb wurden dargelegt und beschrieben. Nach der Umsetzung dieser Rahmenbedingungen ist die technische Umsetzbarkeit des Betriebes möglich.

Beide Einsatzorte werden nach ersten Betrachtungen als genehmigungsfähig eingestuft. Es ist darauf hinzuweisen, dass der Genehmigungsprozess aktuell noch nicht standardisiert ist und damit zu einem erhöhtem Zeitbedarf für Vorbereitung und Durchführung der Prüfung und Genehmigung erforderlich sein wird.

Wir empfehlen, die erforderlichen und in diesem Bericht beschriebenen weiteren inhaltlichen Schritte zu gehen, aber parallel auch nach Möglichkeiten der Förderung für die Umsetzung und den Betrieb eines solchen Systems zu gehen. Insbesondere der Einsatz in der Grünen Heyde dürfte ggf. mit dem Blickwinkel eines mit besonderen verkehrlichen Merkmalen versehenen Neubauquartiers und bei Betrachtung sowohl der Personenbeförderung als auch der kleinteiligen Logistik sehr interessant und grundsätzlich förderfähig sein und damit auch beispielgebend für ähnlich ausgebildete Neubauquartiere.

14 BILDNACHWEISE

e.GO Mover – e.GO Mobile AG: www.e-go-mobile.com

Anlage

Risikopunkt

Foto	Beschreibung
Stadtpark Norderstedt	
<p>Im Stadtpark soll insbesondere das Strandhaus an den Parkplatz sowie die Bushaltestelle <i>Stadtpark</i> und die Bushaltestelle <i>Grootkoppelstraße</i> angebunden werden. Alle beteiligten Akteure haben durch den Einsatz des hochautomatisierten Shuttles in einem Park, ohne weitere motorisierte Verkehrsteilnehmer (außer Lieferverkehr, Entsorgungs- und Gärtnerfahrzeuge), die Möglichkeit sich an die Technik, deren Anforderungen und Betriebsfunktionen zu gewöhnen sowie den Umgang zu erlernen. Das Auftreten von manuell zu regelnden Situationen kann minimiert werden. Eine Umsetzung kann aus technischer Sicht kurzfristig erfolgen.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Generell muss das Umfeld der Strecke mit Hinweisschildern versehen werden, die auf einen Verkehr mit einem hochautomatisierten Kleinbus hinweisen. • Die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Stadtpark ist Schrittgeschwindigkeit (7 km/h). Daher ergeben die Umgebungsgeschwindigkeit und die Maximalgeschwindigkeit des Kleinbusses keine Geschwindigkeitsdifferenz und stellen somit kein Risiko dar. • Im Stadtpark sind die Wege der gesamten angedachten Strecke (Variante 1 - 3) asphaltiert. • Die Straßenbreite der asphaltierten Straßen beträgt 3 m. Lediglich am Eingang an der Stormarnstraße gibt es einen kurzen Abschnitt mit ca. 4,5 m Straßenbreite bis hin zum Restaurant „Haus am See“. • Im gesamten Stadtpark muss mit entgegenkommenden Radfahrern und Fußgängern gerechnet werden. • Vereinzelt ist mit Wirtschaftsverkehr mit niedrigen Geschwindigkeiten zu rechnen. Das Fahrpersonal des Wirtschaftsverkehrs (relativ geschlossene Personengruppe) ist über den hochautomatisierten Verkehr im Stadtpark aufzuklären. • Die Fahrbahnbreite lässt an vielen Stellen kein Überholen/Passieren durch andere Verkehrsteilnehmer zu, weshalb empfohlen wird Ausweichbuchten für entgegenkommenden Verkehr anzulegen. Für überholende Radfahrer ist es ggf. ratsam Überholstreifen mit wassergebundener Strecke anzulegen. • An der gesamten Strecke gibt es Baumbewuchs, der in sehr dicht bewachsenen Bereichen ggf. zu Lokalisierungsverlusten führen kann. Dies kann jedoch durch weitere Lokalisierungssysteme ausgeglichen werden. 	
<p>Legende:</p> <ul style="list-style-type: none">  Linienweg generell  Ein-und Aussetzweg  Streckenvariante 1  Streckenvariante 2  Streckenvariante 3  Streckenvariante 4 	



Straße „Am Stadtpark“, Einfahrt derzeitiger Betriebshof Stadtpark Norderstedt, Ein-/Ausgang: Am Stadtpark

- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Gesamtsituation stellt kein Problem dar
- Verkehrliche Situation wird vom Shuttle erkannt
- Als Wendepunkt in Betracht gezogen für das hochautomatisierte Shuttle in Variante 3: Gesetzesregelung zum öffentlichen Raum prüfen; Asphaltarbeiten für einen Wendehammer notwendig



Feldpark, Ecke Bauernhof/Kiosk, Ein-/Ausgang: Am Stadtpark

- Das Shuttle gewährt kreuzenden Fußgängern, Radfahrern und Fahrzeugen die Vorfahrt
- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Gesamtsituation stellt kein Problem dar
- Verkehrliche Situation wird vom Shuttle erkannt
- Sofern in die Straße links abgebogen werden sollte (nur Variante 4) verdeckt der Kiosk die Sicht für die Sensoren auf hinter dem Kiosk befindliche Objekte



Feldpark/Waldpark

- Das Shuttle gewährt kreuzenden Fußgängern, Radfahrern und Fahrzeugen die Vorfahrt
- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Gesamtsituation stellt kein Problem dar
- Verkehrliche Situation wird vom Shuttle erkannt
- Aufgrund der Straßenbreite müssen andere Verkehrsteilnehmer an strategisch günstigen Stellen ggf. mit Hilfe einer noch anzulegenden Ausweichbucht dem Fahrzeug ausweichen



Seepark, Kreuzung vor Strandbad

- Das Shuttle gewährt kreuzenden Fußgängern, Radfahrern und Fahrzeugen die Vorfahrt
- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Gesamtsituation stellt kein Problem dar
- Verkehrliche Situation wird vom Shuttle erkannt



Seepark, Haus am See

- Das Shuttle gewährt kreuzenden Fußgängern, Radfahrern und Fahrzeugen die Vorfahrt
- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Erhöhte Aufmerksamkeit des Begleiters im Shuttle erforderlich
- Aufgrund der geringen zulässigen Höchstgeschwindigkeit stellt die Situation hier keine Gefahr dar
- Verkehrliche Situation wird vom Shuttle erkannt



Seepark, Wendekreis am Kulturwerk, Ein-/Ausgang: Stormarnstr./ Kulturwerk

- Beginn der Wendeschleife in Variante 2 - 4 am Kulturwerk durch einen Links-Abbiegevorgang, gefolgt von drei Rechts-Abbiegevorgängen
- Das Shuttle gewährt kreuzenden Fußgängern, Radfahrern und Fahrzeugen die Vorfahrt
- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Erhöhte Aufmerksamkeit des Begleiters im Shuttle erforderlich



Feldpark, Ein-/Ausgang: Wollgrasweg

- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Gesamtsituation stellt kein Problem dar
- Verkehrliche Situation wird vom Shuttle erkannt
- Als Wendepunkt in Betracht gezogen für das hochautomatisierte Shuttle in Variante 4: asphaltarbeiten für einen Wendehammer notwendig



Seepark, Looprunde

- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Gesamtsituation stellt kein Problem dar
- Verkehrliche Situation wird vom Shuttle erkannt
- Aufgrund der ausreichenden Straßenbreite müssen andere Verkehrsteilnehmer nicht ausweichen und können am Fahrbahnrand verkehren
- Getrennte Wegführung für Shuttle und Fußgänger als auch Fahrradfahrer (hier verdeutlicht durch eingefügte weiße Markierung)



Seepark, Kreuzung am Kletternest

- Andere Verkehrsteilnehmer werden erkannt
- Gesamtsituation stellt kein Problem dar
- Verkehrliche Situation wird vom Shuttle erkannt
- Aufgrund der Straßenbreite müssen andere Verkehrsteilnehmer an strategisch günstigen Stellen ggf. mit Hilfe einer noch anzulegenden Ausweichbucht dem Fahrzeug ausweichen
- Die wassergebundene Decke im Übergangsstück zwischen Betonloop und asphaltiertem Weg muss befestigt werden

Wohnsiedlung „Grüne Heyde“

In der Grünen Heyde sollen die im Stadtpark gesammelten Erfahrungen angewendet werden, um das neu entstehende Wohnquartier an den örtlichen ÖPNV anzubinden. Vorerst angedacht ist hierbei eine Anknüpfung an die Haltestelle „Mühlenweg“, wobei die Planungen für das Stadtquartier auch von einer Verlegung dieser Haltestellen einige Meter in Richtung Westen ausgehen. Das hochautomatisierte Shuttle wird im langsamen Mischverkehr mit wenig MIV, aber relativ viel Fuß- und Radverkehr unterwegs sein. Es wird ein kreuzungsfreier Verkehr der verschiedenen Teilnehmer geplant.

- Im Wohnquartier sind alle Wege derzeit noch wassergebundene Straßen bzw. noch nicht vorhanden, da vollständige Grünfläche.
- Im ganzen Wohnquartier muss tendenziell mit entgegenkommenden Radfahrern und Fußgängern gerechnet werden, auch wenn ein kreuzungsfreier Verkehr geplant ist.
- Sollten keine Einbahnstraßen angelegt werden ist zudem mit entgegenkommenden Fahrzeugen zu rechnen.
- Generell muss das Umfeld der Strecke mit Hinweisschildern versehen werden, die auf einen Verkehr mit einem hochautomatisierten Shuttle hinweisen.
- Mit widerrechtlich parkenden Fahrzeugen muss vermutlich gerechnet werden.



Grüne Heyde Bebauungsfläche

- Aktueller Stand der Bebauung der Grünen Heyde:
Wassergebundene Straßen und Wege sowie Grünflächen



Mühlenweg

- Wendepunkt für das hochautomatisierte Shuttle und Anbindung über Haltestelle am Mühlenweg (sofern diese verlegt wird) mit dem konventionellen ÖPNV Norderstedts
- Relativ viel Verkehr in einem verkehrsberuhigten Gebiet (durch Ausbuchtungen)
- Verkehrliche Situation wird erkannt
- Shuttle erkennt gesetzte Blinker anderer Verkehrsteilnehmer nicht