

# Automatisiertes und vernetztes Fahren im straßengebundenen ÖPNV

## Status und Erfahrungsbericht



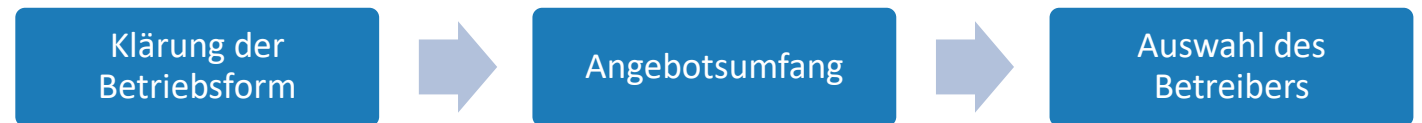
Holger Michelmann, Interlink GmbH und Büro autoBus

Leipzig, 27. November 2019

# Was machen wir?

## Tätigkeitsschwerpunkte

- Konzeption des Betriebes



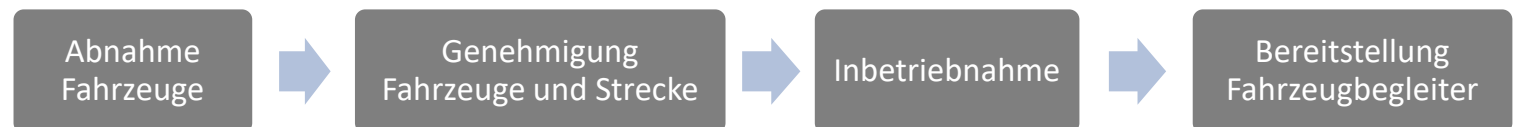
- Begleitung der Fahrzeugbeschaffung



- Betriebsvorbereitung



- Umsetzungsbegleitung



# Themen

**1 Status Fahrzeuge**

**2 Anwendungen und Erfahrungen**

**3 Lichttechnik?**

# Fahrzeuge 2019

Bereits verfügbar – zusammen weltweit etwa verkaufte 250 Fahrzeuge



EasyMile EZ 10 Gen. 2



EasyMile EZ 10 Gen. 3



NAVYA Autonom Shuttle Gen. 2

Quelle: Interlink GmbH

# Fahrzeuge 2020



EasyMile EZ 10 Gen 3



HFM Motionboard (Cloui) Gen 1



Westfield



Lohr i-Cristal



NAVYA Autonom Shuttle Gen 2



e.GO Mover - e.GO



Olli - Local Motors

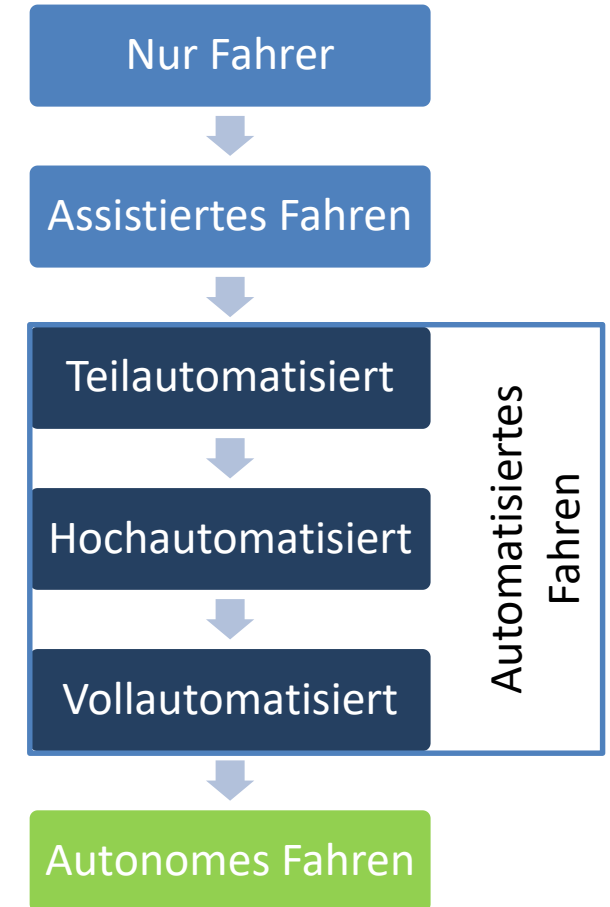
2getthere



IAV (HEAT)

# Fahrzeuge und Technik

- Derzeit verfügbare Fahrzeuge (für 5 bis 10 Fahrgäste) fahren **automatisiert**, nicht autonom
- Ausstattung teilweise mit **Fahrersitz und Lenkrad**
- **Referenzpfad/Fahrschlauch**: Fahrweg und markante Punkte der Umgebung werden aufgenommen, Fahrbefehle programmiert
- **Orientierung** der Fahrzeuge u. a. anhand von Lidar, Odometrie und GPS-Signal
- Reaktion auf **Umgebungsänderungen** entsprechend Programmierung und auf Basis von Lidar, Radar und Kameras
- Manuelle Eingriffe durch **Sicherheitsfahrer/in** bzw. rechtlich Fahrzeugführer/in, z. B. bei Abweichungen vom Sollzustand/Hindernissen
- **Sicherheitsorientierter**, langsamer Betrieb mit je nach örtlicher Situation derzeit max. 12 bis 25 km/h (gesetzlich beschränkt)
- Anpassen der **Umgebungsinfrastruktur** an die Möglichkeiten der Fahrzeuge meist notwendig



# Anwendungen und Erfahrungen, exemplarisch

**STIMULATE in Berlin (Charité)**

**NAF-Bus in Enge-Sande**

**NAF-Bus in Keitum/Sylt**

**NAF-Bus in Lunden/Lehe**

**TaBuLa in Lauenburg/Elbe**

013

**CHARITÉ**  
UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN

**EASY  
MILE**

BVG

# STIMULATE

STIMULATE: Stadtverträgliche  
Mobilität unter Nutzung  
elektrischer automatisierter  
Kleinbusse



# Anwendungen

## STIMULATE (Berlin)

Fahrzeuge im Einsatz seit 3/2018



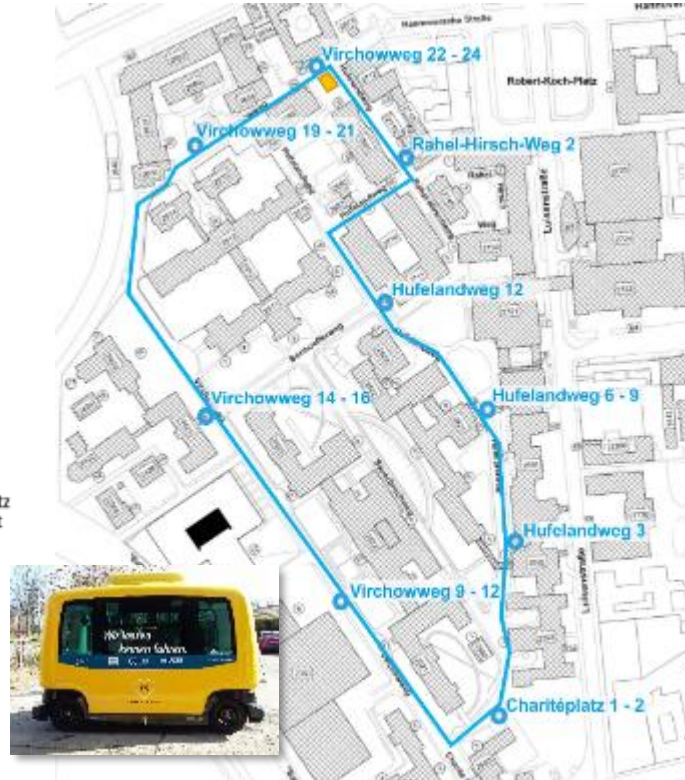
Gefördert durch:



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

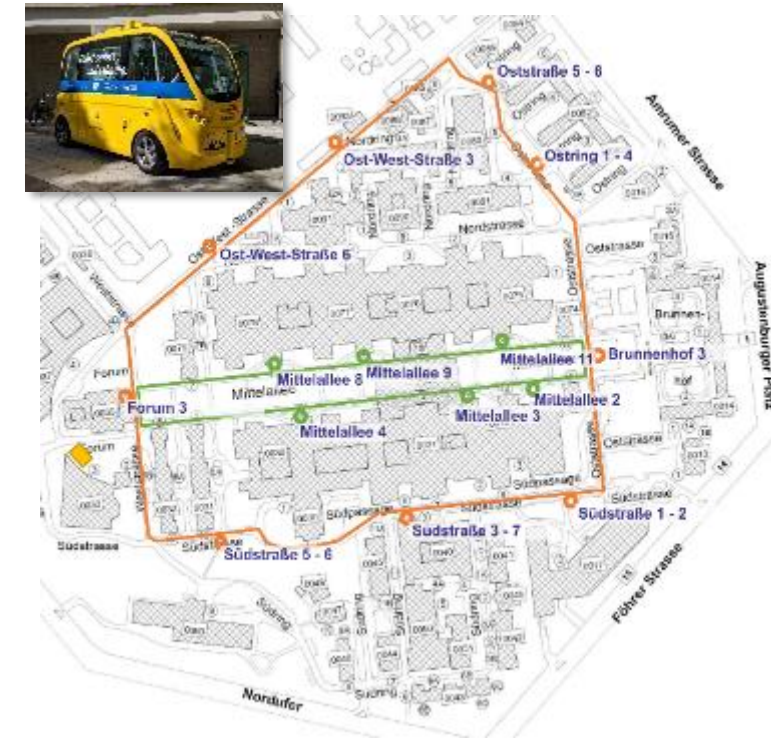
### Tätigkeiten Büro autoBus

- Auftraggeber: BVG
- Konzeption des Betriebes
- Begleitung der Fahrzeugbeschaffung
- Betriebsvorbereitung
- Umsetzungsbegleitung



### Campus Mitte

- 1,2 km
- 9 Haltestellen
- 2 Fahrzeuge (EasyMile)



### Virchow-Klinikum

- 1,2 + 1,6 km
- 9 + 10 Haltestellen
- 2 Fahrzeuge (NAVYA)



# NAF-BUS

Nachfragegesteuerter,  
autonom fahrender Bus

3

Teilprojekte



# NAF-BUS

NACHFRAGEGESTEUERTER-  
AUTONOM-FAHRENDER BUS

Keitum

Enge-  
Sande

Lunden-  
Lehe

Quelle: OpenStreetMap

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur



GreenTEC

Campus

Warten!  
Sie kommen  
im NAF-Bus!

HEITMANN  
VERKEHRSMITTELWERK  
www.heitmann-busverkef.de

 **NAF-BUS**  
NACHTRAGSSTEUERTE  
AUTONOM-FAHRENDE BUS

 **GreenTEC Campus**  
Busse & Energie Drive

 **SVG**  
Süddeutscher Verkehrsverband

 **BAHN Autokraft**

 **EurA**  
Europäische Union

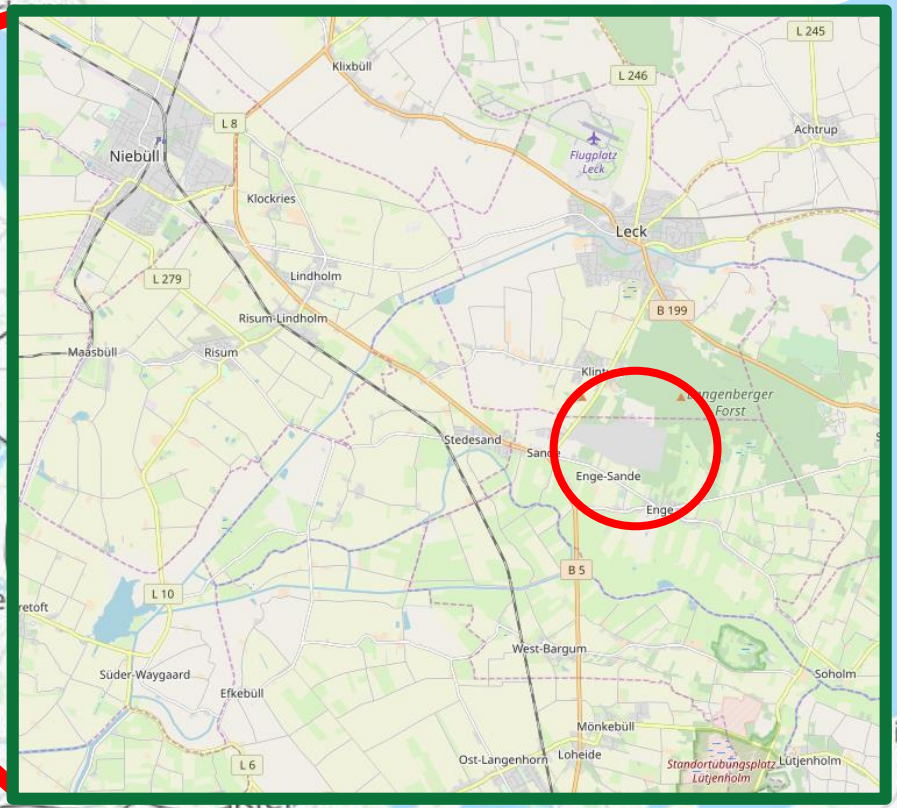
Erster NAF-Bus:  
**EMIL**



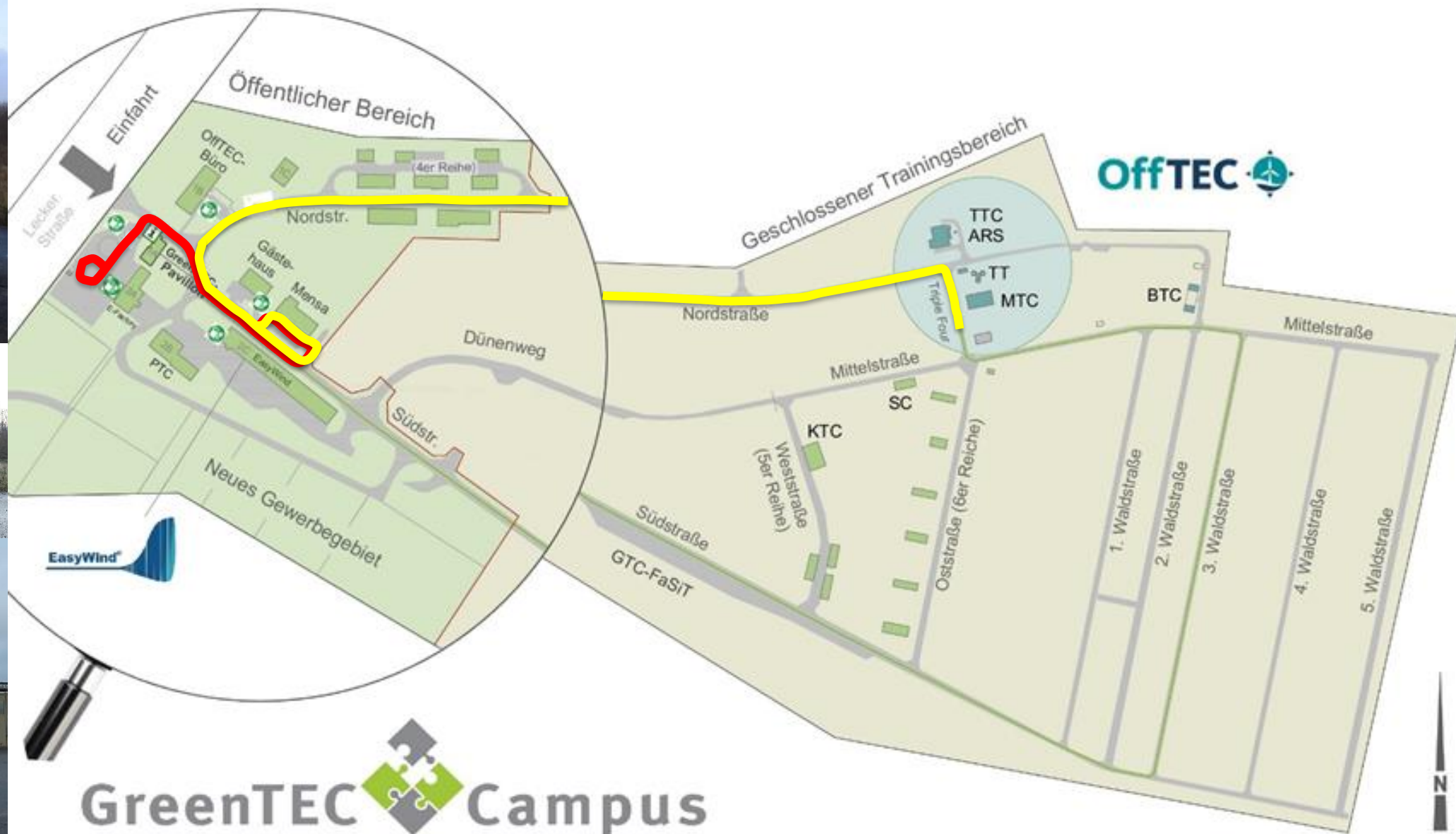
Keitum

Enge-Sande

Lunden-Lehe



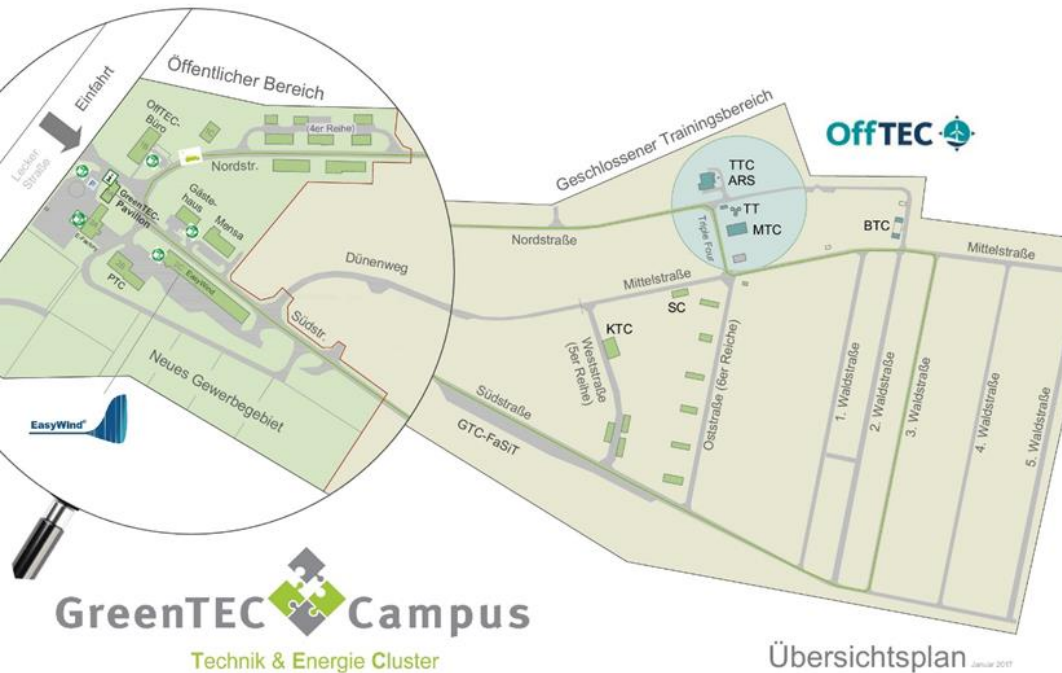
Quelle: OpenStreetMap



**GreenTEC**  **Campus**

Technik & Energie Cluster

Übersichtsplan Januar 2011



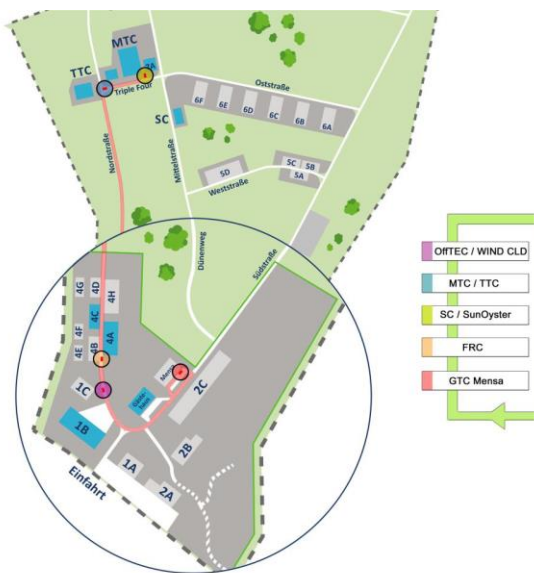
**Parkende Fahrzeuge**

**Lokalisierung**

**Autonomer Shuttle Service**

**Vorfahrt gewähren**

**Give Priority**



**Breite der Fahrbahn**

Quelle: GreenTEC Campus GmbH

# Zweiter NAF-Bus: AutoNom

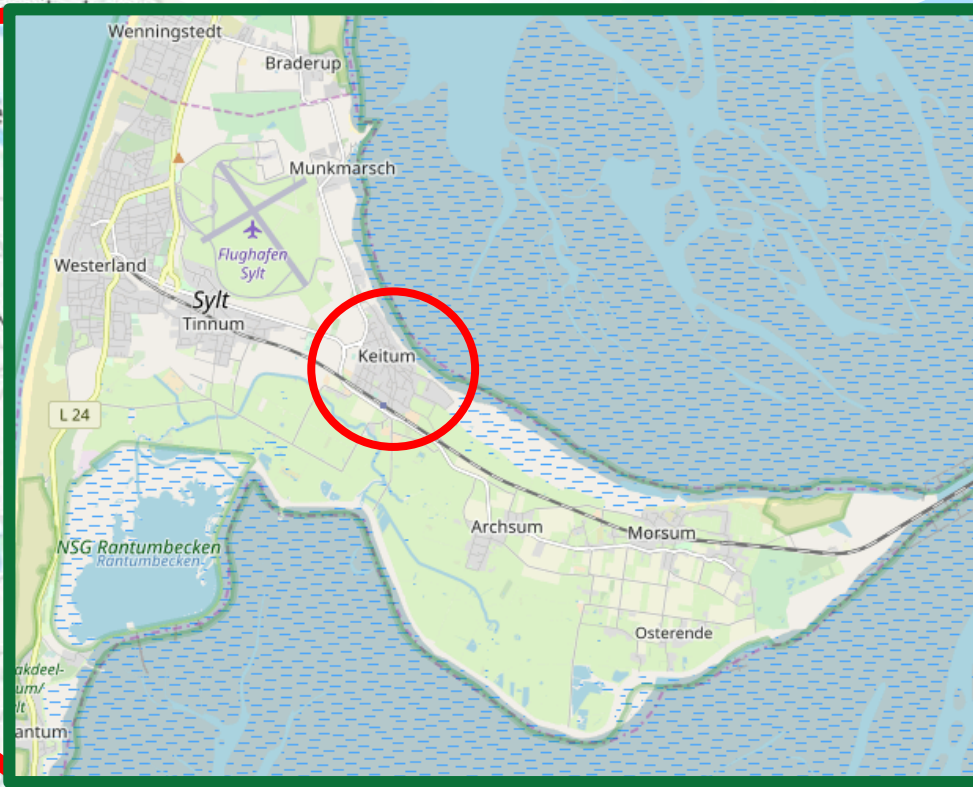




Keitum

Enge-Sande

Lunden-Lehe



Quelle: OpenStreetMap

Gefördert durch:  
 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur



Quelle: Sylter Verkehrsgesellschaft



Sylter Verkehrsgesellschaft

# Keitum

## Haltstellen

- 1** Keitum Parkplatz West
- 2** Keitum Mitte / Schnittis Eck
- 3** Gurtstig
- 4** Melnwai
- 5** Am Tipkenhoog
- 6** Heimatmuseum
- 7** Pröstwai

**A/L** Abstell- und Ladeplatz



Quelle: Interlink GmbH



**Pflanzenwuchs  
auf der Strecke**



**Breite der Fahrbahn**



**Parkende  
Fahrzeuge**

**Einzelbetriebserlaubnis  
§21, 70 StVZO**



# Lokalisierung



# Abstellung und Ladung



## Als würde man live im Mario-Kart mitfahren

Autos ohne Fahrer? Was wie Zukunft klingt, ist in Teilen Deutschlands schon Realität. Auf Sylt etwa fährt ein autonomer Bus im Linienverkehr – und bringt so manchen Fahrer zur Verzweiflung. Ein Realitätscheck.



Artur Rempfer ist einer der Operatoren, die den autonomen Bus in Keitum steuern dürfen.

Greift nur ein, wenn es wirklich sein muss. Artur Rempfer ist einer der Operatoren, die den autonomen Bus in Keitum steuern dürfen.

Nach 300 Metern ist erstmal Schluss. Ohne Vorwarnung und mit einem kräftigen Ruck kommt der Bus abrupt zum Stehen. „Er hat sein GPS-Signal verloren.“ Artur Rempfer strahlt Ruhe aus. Und Zuversicht. Sogenannter Operator ist er an diesem Frühjahrstag mit an Bord des autonom fahrenden Busses in Keitum.

Erst wenige Tage zuvor, Anfang Mai, hatte Schleswig-Holsteins Wirtschaftsminister Bernd Buchholz das schwarze Nummernschild getauscht. Und damit den Linienbetrieb offiziell eröffnet, in seinen Worten „das größte Projekt für autonomes Fahren im öffentlichen Verkehr in Deutschland“. Dienstags bis samstags fährt ein Kleinbus seither mit maximal zehn Passagieren seine 2,7 Kilometer lange Runde durch die engen und malerischen Straßen. Die Route ist knapp viermal so lang wie die bundesweit erste autonome Buslinie in Keitum.

07:23 03.06.2019  
Norddeutschland

## Keitum Autonom fahrender Bus auf Sylt wird gut angenommen

Wenige Wochen nach dem Start des Linienbetriebs für den autonom fahrenden Bus in Keitum zeigen sich die Verantwortlichen zufrieden. Die Auslastung betrage 80 bis 90 Prozent, sagte der Betriebsleiter der Sylter Verkehrsgesellschaft (SVG), Sven-Olaf Seddig. „Wir sind sehr zufrieden.“

Sylts autonomer Bus in Keitum wurde sehr positiv angenommen

Mit mehr als 9.000 Fahrgästen seit April spricht der Erfolg für sich

Keitum: Bei der Sylter Verkehrsgesellschaft (SVG) steht Innovation ganz vorne. Die SVG ist als einer von acht Projektpartnern des Kooperationsprojektes NAF-BUS (Nachfragegesteuerter Autonom-Fahrender Bus) einen weiteren Schritt Richtung Zukunft unterwegs.

Das NAF-BUS-Projekt wird durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen der Förderinitiative „Automatisiertes und vernetztes Fahren“ unterstützt und soll Ergebnisse hervorbringen, wie die Automatisierung des Straßenverkehrs in ländlichen Räumen funktionieren. Hierbei soll die Organisation des Straßenverkehrs, insbesondere die Informationstechnische und organisatorische Zusammenwirken mit personengeführten Fahrzeugen des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) erforscht werden. Das Projekt befasst sich darüber hinaus intensiv mit gesellschaftlichen Aspekten und erforscht das Nutzerverhalten sowie die Akzeptanz von Passagieren und anderen Verkehrsteilnehmern sowie die rechtlichen Aspekte autonomer Fahrzeuge im ÖPNV. Der Einsatz und die Erprobung des autonomen und elektrisch angetriebenen Busses auf Sylt ist ein wichtiger Teil des Projektes.



## Zwischenbilanz nach 5 Monaten Betrieb:

- Bisher rund 5.000 km gefahren
- Jeden Tag 80 bis 100 Fahrgäste, insgesamt bisher etwa 10.000 Fahrgäste befördert
- Keine nennenswerten Störungen oder Ausfälle

## In Westerland erschweren Ampeln und Kreuzungen so ein Projekt

Sylts Bürgermeister Nikolas Häckel lobte das „tolle Projekt“. Der Elektro-Bus werde beispielsweise von Touristen genutzt, die zum einen Rundfahrten durch Keitum damit machen und zum anderen mal autonomes Fahren erleben wollten, sagte Häckel der dpa. Ältere Keitumer Bürger nutzten den Bus, um damit zum Kaufmann zu fahren.

Häckel kann sich gut vorstellen, dass etwa in Westerland ebenfalls autonom fahrende Kleinbusse zum Einsatz kommen. Dies sei aber wegen der komplexeren Situationen dort - beispielsweise wegen der Ampeln und der größeren Anzahl an Kreuzungen - eher ein Blick in die Zukunft.

## Es ist die zweite öffentliche Strecke bundesweit

Nach Angaben der Projektverantwortlichen ist die Keitumer Strecke die zweite öffentliche Strecke bundesweit. Zudem wird in Enge-Sande auf dem nordfriesischen Festland im Rahmen des Projektes seit knapp einem Jahr ein autonom fahrender Bus erprobt. Ein weiterer Bus soll im Kreis Dithmarschen an

## EurA AG: Der fahrerlose E-Bus kommt! – Start des Betriebs eines autonom auf öffentlicher Straße fahrenden Busses auf Sylt

Dank der App auf dem Smartphone den Bus rufen – und der kommt auch noch, ohne dass ein Fahrer am Steuer sitzt! Diese Vision könnte in ländlichen Gebieten eine Ergänzung für den Öffentlichen Personen-Nahverkehr (ÖPNV) sein, der sich dort häufig aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr lohnt. Das vom Bundesverkehrsministerium (BMVI) geförderte Projekt „Nachfragegesteuerter Autonom Fahrender Bus“ – NAF-Bus – soll in Schleswig-Holstein die Realisierbarkeit testen.

NAF-Bus ist ein Forschungsprojekt aus dem Schleswig-Holsteiner Innovationsnetzwerk „Autonomes Fahren im ländlichen Raum“, zu dem Forscher der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) gehören. Geleitet wird das Projekt von der EurA AG durch ihre Niederlassung in Keitum. Die NAF-Bus-Linie verbindet Keitum mit dem Ortsteil Enge-Sande.





# Dritter NAF-Bus: Motionboard

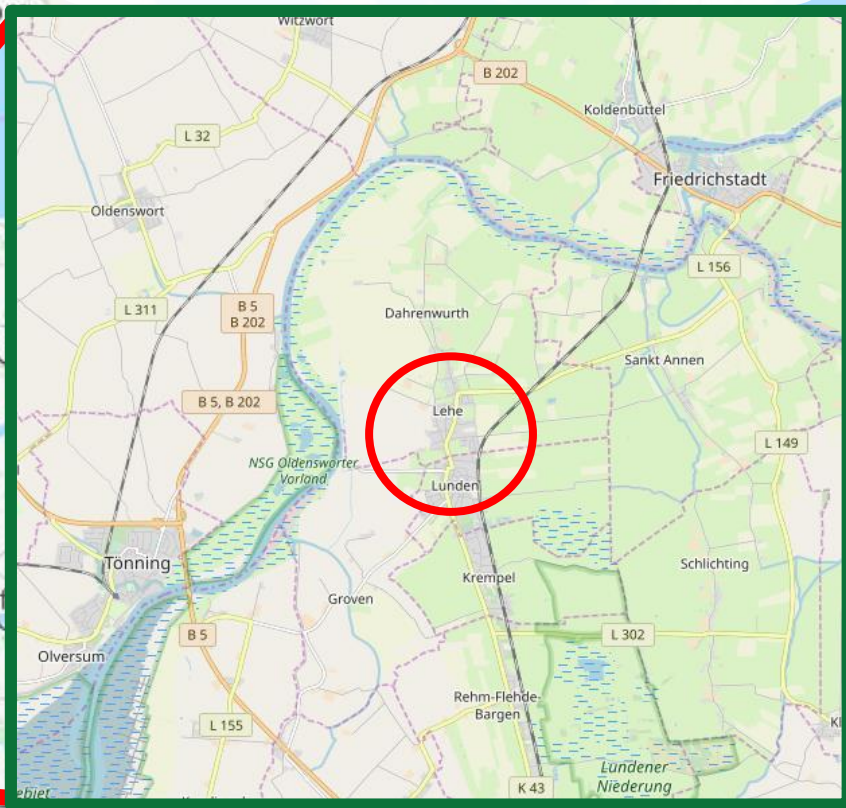




Keitum

Engesande

Lunden-Lehe



Gefördert durch:  
 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Quelle: OpenStreetMap

Braderup

Archsum

Wyk auf Föhr

Lehe

Lehe, Feuergerätehaus

Deichstr.

Deichstr.

Schulstr.

Schulstr.

Schulstr.

Peter-Swyn-Straße

Feldstr.

Lehe, Haase

Bergstr.

Lehe, Haase

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Peter-Swyn-Straße

Lunden

Lunden, Kirche

Wollersumer Str.

Schulstr.

Rosent.

Lunden, Amtsgebäude

Willastraße

Königsstr.

Philippstr.

Mittelstr.

An Gänsemarkt

Lunden, Am Gänsemarkt

Nordbahnhofstr.

Südbahnhofstr.

Lunden, Bahnhof

Schwarzer Weg



Autonom fahrender Bus



Ortsverbindungsstraße

Umgebungsgeschwindigkeit: 50 km/h

Quelle: OpenStreetMap







**Parkende  
Fahrzeuge**



**Links-  
abbiegen**



**Pflanzenwuchs  
auf der Strecke**



**Fußgänger  
LSA**



# TaBuLa

Testzentrum autonome Busse  
Lauenburg/Elbe



# TESTZENTRUM AUTONOME BUSSE LAUENBURG / ELBE



## SIEMENS

*Ingenuity for life*



Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

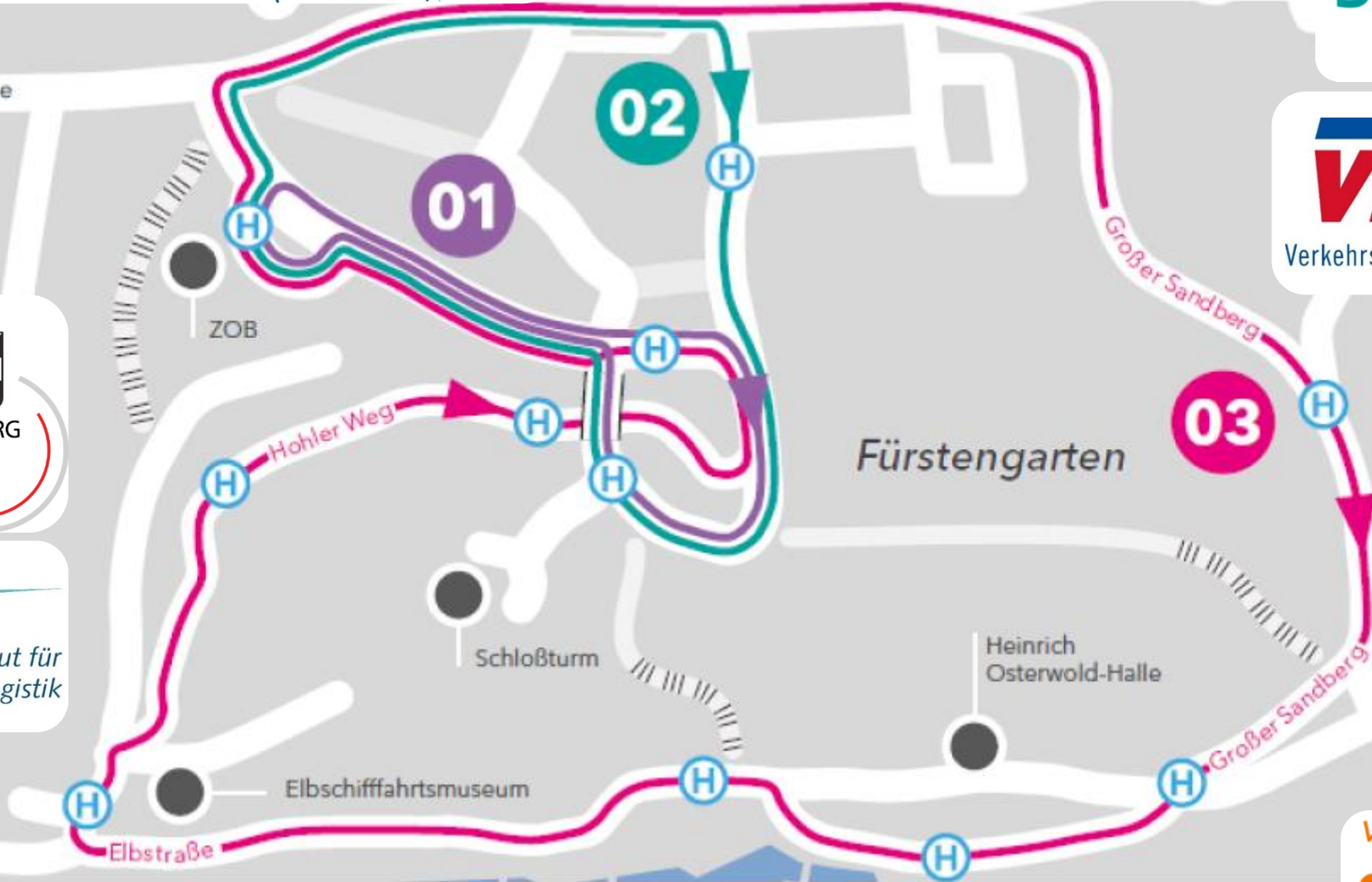


KREIS HERZOGTUM LAUENBURG

Institut für  
Verkehrsplanung und Logistik

# TUHH

Technische Universität Hamburg



## Büro autoBus



Versorgungsbetriebe



Quelle: TUHH und VHH

**Neigungen**



Quelle: Dorothee Meyer

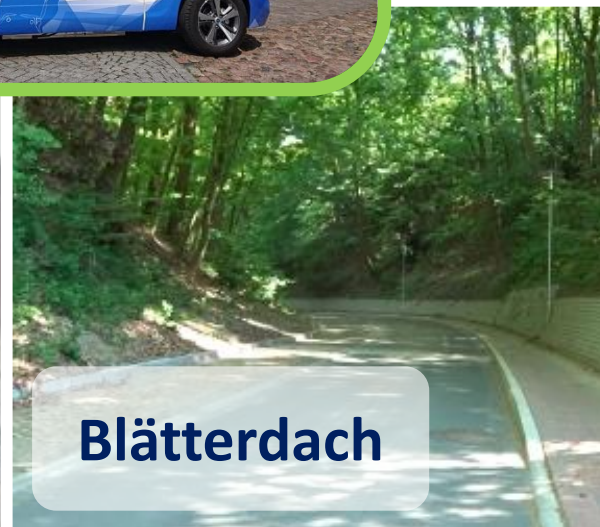
**Fahrbahnbelag**



Quelle: Interlink GmbH



**Blätterdach**



**Unterführung**





Aufrüsten der dritten Strecke mit Ortungshilfen



Einmessfahrten auf dritter Strecke

## Betriebsaufnahme auf den ersten beiden Strecken Mitte Oktober 2019



LSA mit Roadside Unit



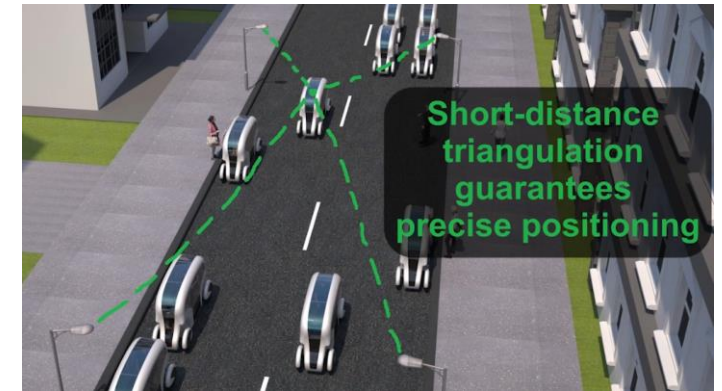
On-Board-Unit



Operator-Schulungen

# 3 Lichttechnik?

- **Redundanz der Systeme** an jedem Ort zu jedem Zeitpunkt erforderlich!
- Häufig keine Redundanz vorhanden bei:
  - Lokalisierung (z. B. fehlender Kontakt zu GPS-Satelliten)
  - Kommunikation V2I und V2X (z. B. fehlender zweiter Kanal bei LSA)
- Lichttechnik kann beides unterstützen:
  - Lokalisierung → zusammen mit ortsfester Infrastruktur
  - Kommunikation V2I (zur Infrastruktur) und V2X (zu anderen Fahrzeugen/Verkehrsteilnehmern)



Quelle: <http://www.flait.eu/#solution>

# Kontakt Büro autoBus

## Fahrplangesellschaft B&B mbH

Dipl.-Ing. Constantin Pitzen

Fahrplangesellschaft B&B mbH, Oelsnitz/Vogtland und Berlin

[www.fahrplangesellschaft.de](http://www.fahrplangesellschaft.de)

## Interlink GmbH

Dipl.-Ing. Holger Michelmann

Interlink GmbH, Berlin und Potsdam

T 0163-5793561

M [michelmann@interlink-verkehr.de](mailto:michelmann@interlink-verkehr.de), [hm@buero-autobus.de](mailto:hm@buero-autobus.de)

[www.interlink-verkehr.de](http://www.interlink-verkehr.de)

## Mobile Zeiten

Dipl.-Ing. Christoph Marquardt

MOBILE ZEITEN, Verkehrsplanung und -beratung, Oldenburg

[www.mobile-zeiten.net](http://www.mobile-zeiten.net)

