

LibroDuct®



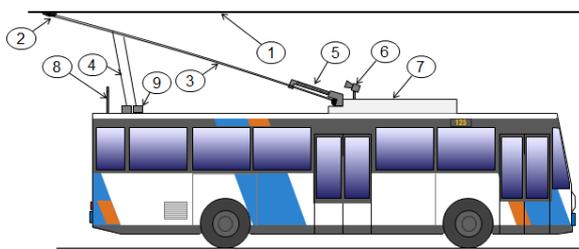
*Automatisches temporäres Andrahten
zum Nachladen der Batterien an einer Haltestelle*

Die Innovation zum vollautomatischen An- und Abdrahten für den Elektrobus

Die Ausgangslage

Elektromobilität ist die Herausforderung des 21. Jahrhunderts, obwohl es elektrische Züge, Straßenbahnen und Automobile schon seit über 100 Jahren gibt. Im ÖPNV-Bereich erlebten Trolleybusse (Obusse, Oberleitungsbusse) ab den 1930er Jahren eine Blüte. Richtig durchsetzen konnten sie sich gegen die Dieselsonkurrenz aber bis heute nicht, im Gegenteil: Seit 1950 und bis in die Gegenwart werden sie in vielen Städten weltweit wieder durch den Dieselbus ersetzt, in anderen allerdings auch neu eingeführt. In jüngster Zeit („postfossile Mobilität“) kommen zudem auch wieder Batteriebusse hinzu, die sich aber bisher ebenso wenig wie Brennstoffzellenbusse haben durchsetzen können.

Hybridbusse gelten lediglich als Übergangstechnologie.



1. Oberleitung
2. Schleifschuh
3. Stangenstromabnehmer
4. Fangseil
5. Anpressfeder
6. Stereooptische Videokamera
7. Dachaufbau
8. Verriegelungseinrichtung
9. Fangseilmotor

Das Problem

Das vielleicht wichtigste Problem, weshalb sich Trolleybusse trotz ihrer vielen Vorteile nicht gegen die Verbrennungsmotorkonkurrenz haben durchsetzen können (in Deutschland z. B. sind derzeit 23.000 Diesel-, aber noch nicht einmal 100 Obusse im Einsatz), liegt in ihrer geringeren Flexibilität. Durch die weitgehend feste Bindung an die Oberleitung ist zumindest ein manueller Eingriff, wenn nicht sogar ein Abschleppwagen nötig, um den Bus um ein kurzfristig aufgetauchtes Hindernis (z. B. eine Unfallstelle) herumleiten zu können. Änderungen der Straßenführung (z.B. bei Baustellen) erfordern ein aufwendiges Verlegen der Oberleitung und einen entsprechenden Vorlauf — oder Dieselbusse müssen die Linie übernehmen. Und auch eine zusätzliche Energiequelle an Bord, egal ob Batterie oder Hilfsdiesel, hilft hier höchstens teilweise.

Umgekehrt fehlt Batteriebussen die notwendige Reichweite, so dass sie auf Spezialanwendungen beschränkt sind, will man nicht exorbitante Kosten für entsprechend dimensionierte Batterien tragen, die zudem noch die Sitzplatzkapazität stark einschränken.

Kurzzeitig abgedrahtetes Umfahren eines temporären Hindernisses





*Begegnungsverkehr bei gemeinsamer Oberleitung:
einer der Busse drahtet kurz ab*

Die Lösung

Die Lösung für das Problem der fixen Bindung an den Verlauf der installierten Fahrleitungen besteht in der Möglichkeit, dass der Bus nach Bedarf, d. h. während der Fahrt, automatisch ab- und wieder andrahten kann, zumindest aber im Stand an einer beliebigen Stelle.

Damit kommen Trolley- und Batteriebus zusammen: Für den einen ist es die Möglichkeit, für (kurze) Strecken ohne Oberleitung auszukommen, der andere wird technisch-wirtschaftlich darstellbar durch die Option, beliebig „auf der Strecke“ (und sei es nur an Haltestellen) nachladen zu können, womit die benötigte Batteriekapazität drastisch reduziert werden kann.

LibroDuct kombiniert dazu herkömmliche Stangenstromabnehmer und Oberleitungssysteme mit einem international zum Patent angemeldeten Steuerungssystem, das sich verschiedene software-gestützte Verfahren zunutze macht und damit ein betriebssicheres An- und Abdrahten der Stangenstromabnehmer auch noch in voller Fahrt (mindestens bei 30 km/h) ermöglicht.

Während der abgedrahteten Fahrt bezieht der Bus seine Energie aus einem Sekundärenergiesystem (Batterie oder Superkondensator).



1. Bus kommt angedrahtet



2. Bus wird zum Abbiegen abgedrahtet



3. Beim Abbiegen fährt der Bus mit autonomer Energie



4. Automatisches wiederandrahten nach dem Abbiegen

Vorteile von LibroDuct

Durch die Verwendung von LibroDuct ergibt sich, verglichen mit herkömmlicher Trolley- oder Batteriebus-Technik, eine ganze Reihe von Vorteilen:

Flexibilität

Dadurch, dass der Bus jederzeit ab- und wieder andrahten kann, stellen Umfahrungen (z. B. um Unfall- oder Baustellen) oder sogar kurzfristige Änderungen der Route auf Strecken ohne Oberleitung kein Problem mehr dar. Auch muss nicht mehr die gesamte Route mit Oberleitung versehen sein, entsprechend der Autonomiezeit der sekundären Energieversorgung können historische Plätze (auf denen eine Oberleitung optisch stören würde), Tunnels, (niedrige) Unterführungen, Bahnübergänge etc. komplett abgedrahtet durchfahren werden. Oder es gibt nur im Bereich der Haltestellen eine Oberleitung, und der Bus fährt ansonsten über Batterie. Auch das Wenden stellt kein Problem mehr dar.

Die von **LibroDuct** benutzten Software-Verfahren sind:



- ✓ Stereo-optische Mustererkennung
- ✓ Adaptive Verfolgung eines sich „bewegenden“ Zieles
- ✓ GPS-basierte Standortbestimmung
- ✓ Selbstlernende Optimierung
- ✓ Digitale Car-to-Car- und Car-to-Master-Control-Center-Kommunikation



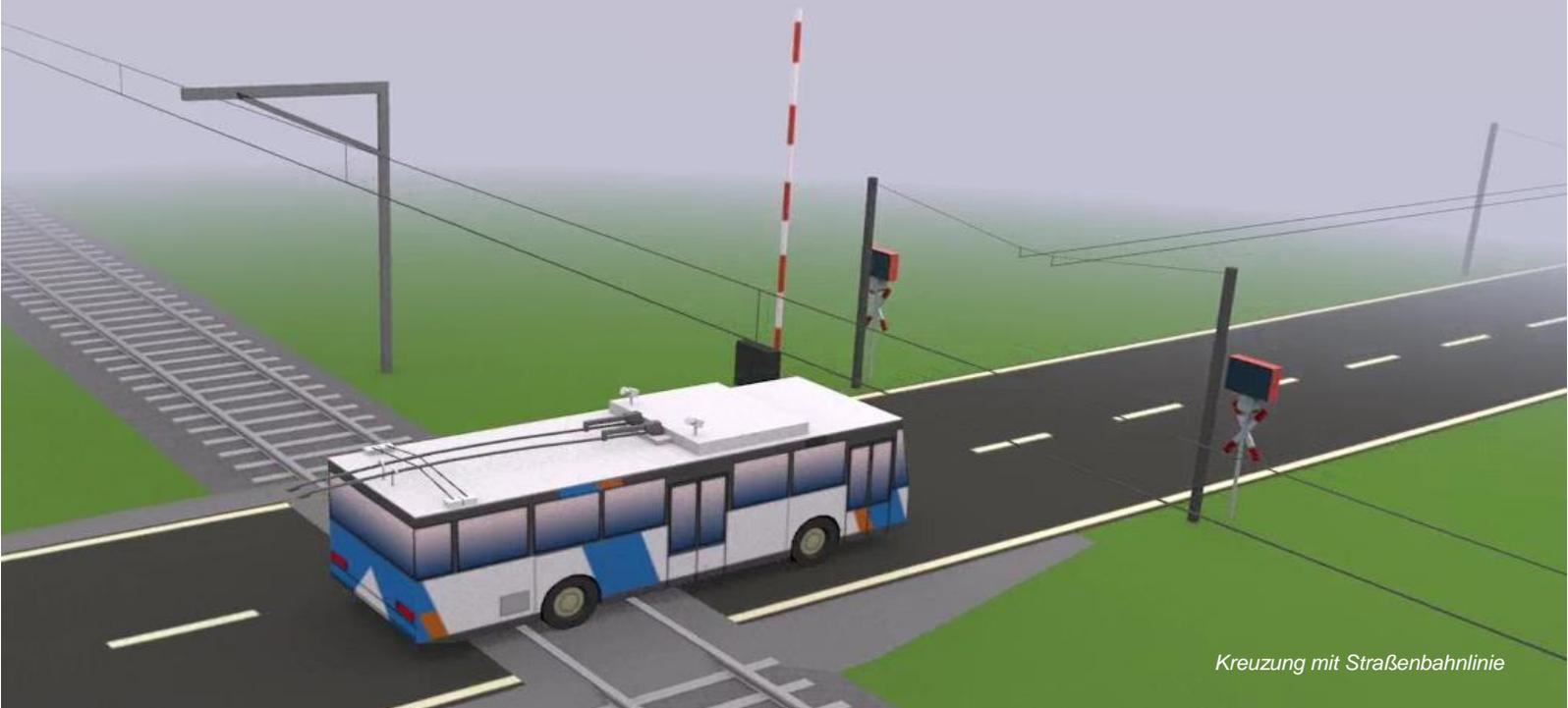
Kostenreduktion

Statt kosten- und wartungsintensive Luftweichen zu benutzen, drahtet der Bus nur kurz ab, um an der abbiegenden Oberleitung, die einfach neu beginnt, wieder anzudrahten.

Analog werden Kreuzungen mit querenden Bus-, aber auch Schienenfahrzeug-Oberleitungen realisiert: Das bzw. eines der Oberleitungspaare wird für den Bereich der Kreuzung unterbrochen, der diese Oberleitung benutzende Bus drahtet in dem Bereich kurz ab. Aufwendige Kreuzungskonstruktionen entfallen. In optisch oder technisch problematischen Passagen, aber auch über längere „energieneutrale“ Abschnitte (leichte Gefällestrassen) wird die Oberleitung eingespart. D. h. der Bus fährt nach automatischer Abdrahtung hier einfach autonom und drahtet erst am Beginn des folgenden Abschnitts an die dann wieder beginnende Oberleitung an. Damit wird nicht nur die Installation der Oberleitung eingespart, sondern es entfällt im Betrieb zusätzlich auch der entsprechende Verschleiß an Oberleitung und Stromabnehmer.

In Gegenverkehrspassagen kann man sich, wenn die Spuren nicht zu weit voneinander entfernt verlaufen, auf ein mittleres Oberleitungspaar beschränken. Bei der Begegnung von zwei Bussen verständigen sich diese untereinander, wer von beiden für die Begegnung kurz abdrahtet (Parallelstrassen und Überholung analog).

Bei Baustellen und längerfristigen Umleitungen braucht die Oberleitung nicht verlegt zu werden, stattdessen werden auch hier die entsprechenden Bereiche autonom durchfahren.



Erhöhung des Komforts

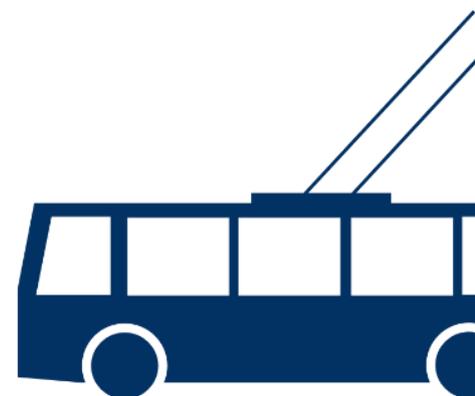
LibroDuct „weiß“ aus den mitgeführten Karten und Routenplänen, wo der Bus an- und wo er abgedrahtet verkehren soll. Entsprechende An- und Abdrahtvorgänge werden vollautomatisch eingeleitet und durchgeführt. Der Busfahrer kann sich wie bei einem herkömmlichen Bus voll auf Verkehr und Passagiere konzentrieren.

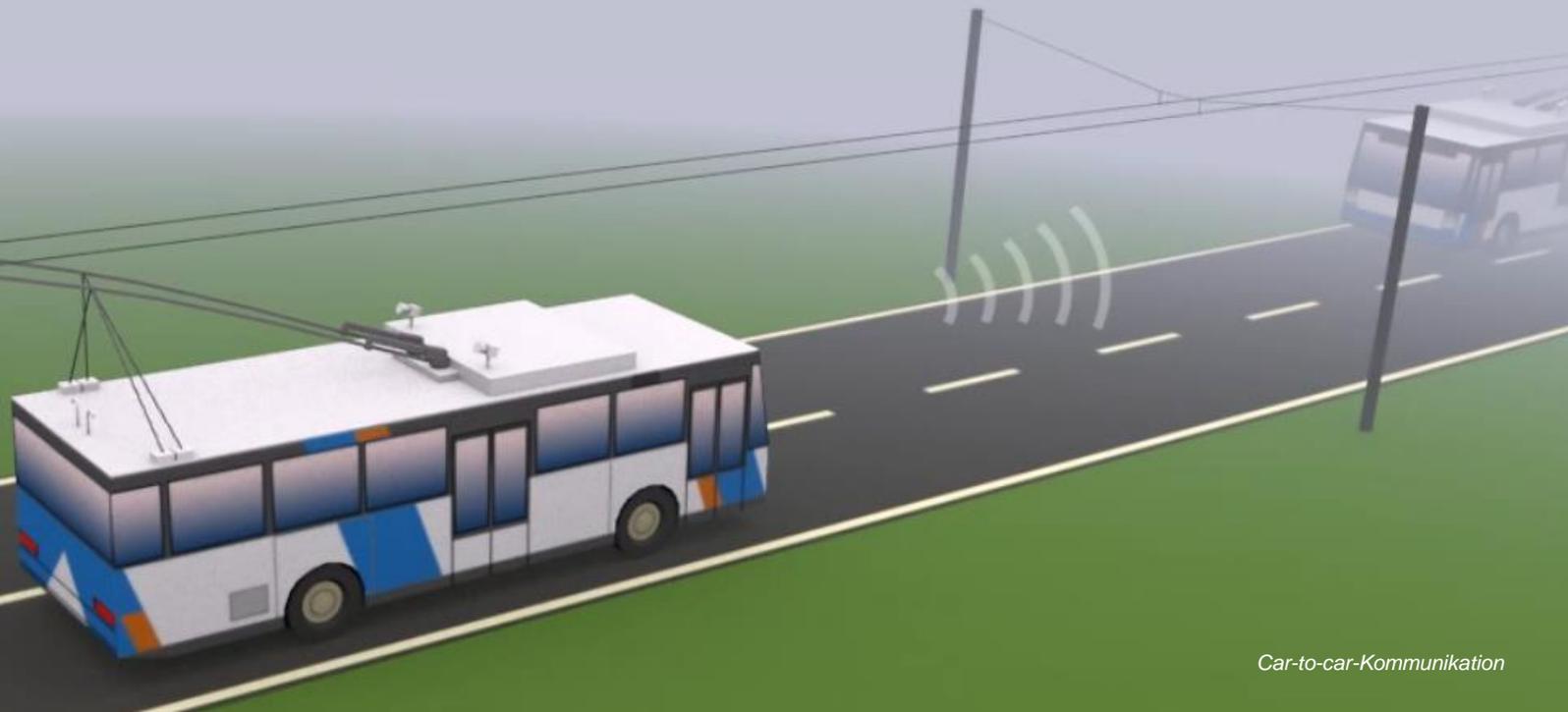
Auch die bei den Busfahrern unbeliebte Arbeit des manuellen An- und Abdrahtens beim Auf- und Abrüsten wird komplett von LibroDuct übernommen.

Erhöhung der Sicherheit

Keine Angst mehr vor Entgleisungen des Stromabnehmers: LibroDuct erkennt die Situation, „fängt“ den entgleisten Stromabnehmer (d. h. zieht ihn zurück) und drahtet ihn einfach automatisch wieder an. Der Bus muss dafür noch nicht einmal die Geschwindigkeit reduzieren.

Durch die stereo-optische Mustererkennung von LibroDuct können genauso auch Fremdkörper (auch die Stromabnehmer anderer Busse) an der „eigenen“ Oberleitung erkannt werden. Auch hier wird die Kollision durch einfaches Abdrahten vermieden.





Car-to-car-Kommunikation

Das Verfahren

Software statt Hardware

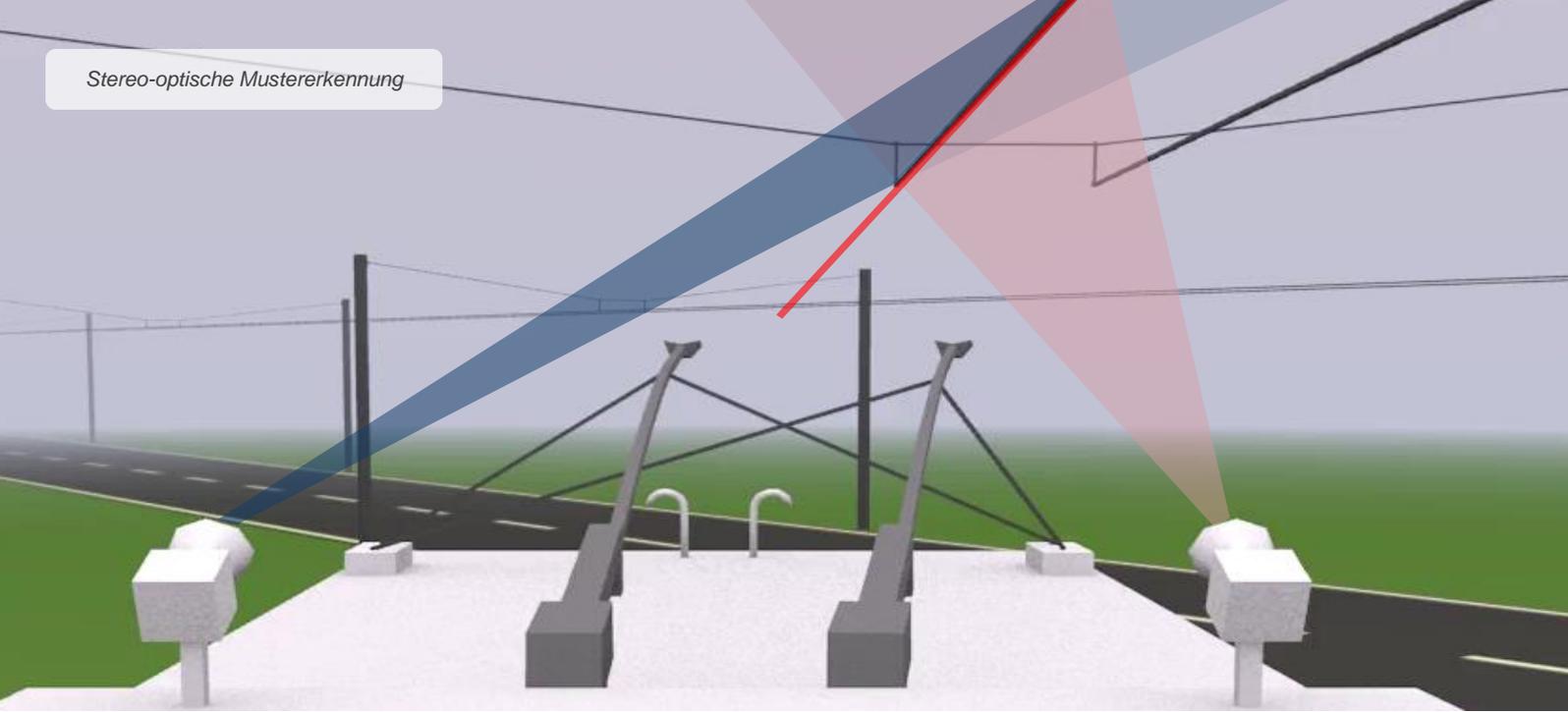
Anstelle störanfälliger mechanischer Sensoren erfolgt die Positionsbestimmung von Oberleitung und Stromabnehmer über stereo-optische Mustererkennung mittels Digitalkameras, nicht unähnlich denen, die z. B. zu Überwachungszwecken benutzt werden. Auf der Basis dieser Daten und mithilfe optischer Mustererkennung werden in einer „unteren“ Verarbeitungsebene die Befehle für die Positioniermechanik der Stromabnehmer erzeugt. In einer „oberen“ Ebene wird hingegen — natürlich auch per Software — ermittelt, ob überhaupt ab- oder angedrahtet werden soll. Dazu werden sowohl über ein GPS-Modul bezogene Positionsangaben, die mit einer in der Steuerung hinterlegten Routen-Karte verknüpft werden, wie auch über die o. g. Kameras bezogene Bilddaten herangezogen (um z. B. einen „fremden“ Stromabnehmer an der „eigenen“ Oberleitung oder ein sonstiges Hindernis zu erkennen).

Auch die Entgleisung eines Stromabnehmers kann über dieses Verfahren einfach erkannt und behoben werden.

Auf zusätzliche Streckeninfrastruktur — wie z. B. Trichter — wird hingegen vollständig verzichtet, darüber hinaus kann sogar Infrastruktur eingespart werden (z. B. Weichen, Kreuzungen).

Car-to-car-Kommunikation

Um sich mit anderen Bussen, die dieselbe Oberleitung benutzen, „abzusprechen“ (wer von beiden z. B. bei einer Überholung oder einer Begegnung bei nur einem Oberleitungspaar abdrahten soll), wird digitale Kommunikation (z. B. Bündelfunk oder digital short range communication gemäß ITS-G5) genutzt.



Zielverfolgung

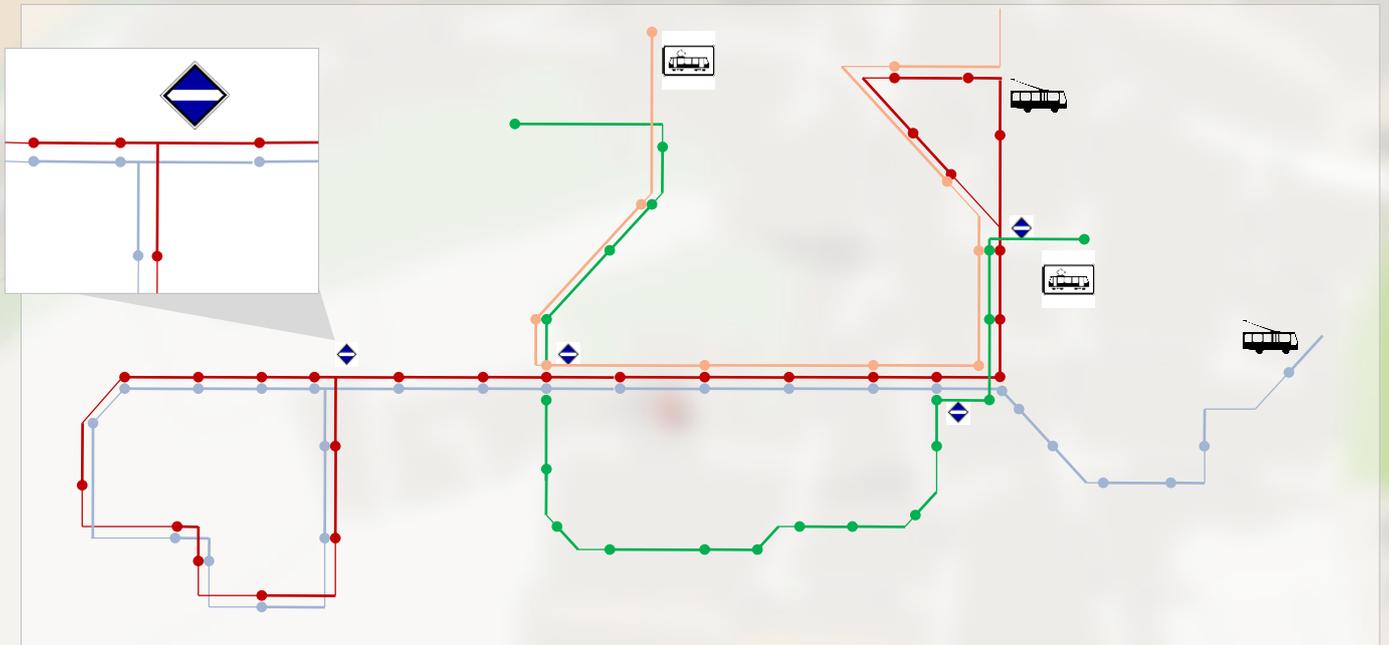
Beim Andrahten während der Fahrt stellt sich die zu erreichende Oberleitung aus der Sicht des Busses als ein sich bewegendes Ziel dar, an das der Stromabnehmer herangeführt werden muss, auch wenn in Wirklichkeit der Bus sich bewegt und die Oberleitung bis auf leichtes Schwanken ortsfest ist. Die aus Sicht des Busses wahrgenommene „Bewegung“ der Oberleitung (die Relativbewegung in Fahrtrichtung spielt hier keine Rolle) ist dabei jedoch vergleichsweise träge und damit zu einem guten Teil vorhersehbar. Entsprechend kann LibroDuct sich Verfahren der Verfolgung sich bewegnender „träger“ Ziele zunutze machen, um auch bei schlechten Sichtverhältnissen (Regen, Schnee, tiefstehende Sonne) sicher und kontinuierlich die Position der Oberleitung (und die der eigenen Stromabnehmer, die an die Oberleitung herangeführt werden müssen) bestimmen zu können.

Eingebaute Karte

Über sein GPS-Subsystem (und ggf. weitere Sensoren) „weiß“ LibroDuct jederzeit, wo sich der Bus befindet und in welche Richtung und mit welcher Geschwindigkeit er fährt. Diese Information wird mit der gespeicherten Streckenkarte verglichen, in der insbesondere vermerkt ist, wo Oberleitungen erwartet werden können, an die angedrahtet werden kann. Über die in der Karte hinterlegten weiteren Merkmale wie Steigung, Gefälle, Haltestelle, sonstige Brems- oder Anfahrbereiche (Ampeln) kann LibroDuct entscheiden, ob — zur Verschleißreduzierung — ggf. trotz vorhandener Oberleitung abgedrahtet gefahren werden soll.

Verbindung zur Zentrale

Updates für die Karte (mit Routeninformation) erhält LibroDuct über die digitale Funkschnittstelle automatisch von der Leitzentrale, so dass der Fahrer lediglich noch zu Fahrtbeginn die Kennung der Route eingeben muss. Alles Weitere erledigt LibroDuct. Umgekehrt kann LibroDuct über diese Schnittstelle auch Informationen über Sondersituationen (z. B. Hindernisse) für die Übermittlung an nachfolgende Busse an die Zentrale senden.



Vorausschauende Fahrweise

Mithilfe der Karte bzw. Statistiken aus vorausgegangenen Fahrten ist es für LibroDuct möglich, den Energieverbrauch bzw. die mögliche Energierückgewinnung auf der vor dem Bus liegenden Strecke zu prognostizieren. Diese Information benutzt LibroDuct dazu, Entnahme aus und Speicherung in den Energiespeicher zu optimieren, etwa bei der Entscheidung, ob der Energiespeicher aus der Oberleitung nachgeladen werden soll, was nicht sinnvoll ist, wenn z. B. als Nächstes eine Rekuperationsenergie liefernde Gefällestrecke ansteht, in der abgedröhrt gefahren werden soll.

Batteriebusse mit LibroDuct

Primär über Batterie betriebene Busse können das automatische Andrahten von LibroDuct dazu benutzen, um sich an den Nachladestationen (z.B. an Haltestellen oder am Routenende) einfach und sicher mit der Netzstromversorgung zu verbinden. Die ggf. vereinfachte Trolleybus-Technologie bietet dabei die Option, nicht nur im Stand, sondern, wo dies sich anbietet, auch während der Fahrt nachzuladen und damit signifikant bei der Dimensionierung der Batteriekapazität zu sparen. So wird auch diese Form der E-Mobilität wirtschaftlich!

