

## 10 Jahre Elektrobusse mit IPT® Charge in Italien zeigen: die Technologie ist ausgereift und wirtschaftlich – und etabliert damit Elektrobusse als Alternative

Mathias Wechlin (Conductix-Wampfler GmbH, Weil am Rhein), Juni 2012

Conductix-Wampfler senkt mit induktiver Ladetechnologie die Kosten von Elektrobussen im Linienverkehr. Statt die Busse über Nacht per Stecker zu laden, werden sie während ihres Betriebes mehrfach in jeweils nur minutenlangen Stopps automatisch nachgeladen. Der Vorteil: Die Betriebszeit des Busses verdreifacht sich. Es können bis zu 75 % kleinere Batterien eingesetzt werden, die das Fahrzeug leichter und in der Anschaffung günstiger machen. Die Technologie hat sich im Alltagsbetrieb in Italien über 10 Jahre bewährt.

### Der Autor



#### Mathias Wechlin

Der Global Product Manager für IPT® (Inductive Power Transfer), koordiniert eine Projektgruppe, die in Zusammenarbeit mit Fahrzeugpartnern die kabellose Energieübertragung von Elektrofahrzeugen erforscht und entwickelt. Neben der kabellosen Ladung für Elektro-

fahrzeuge, ist Herr Wechlin auch für kontinuierliche induktive Energieübertragungslösungen, die schon seit mehr als 10 Jahren im Industrieinsatz sind, verantwortlich.

### Einführung

Vor allem für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) ist der Elektrobuss das Verkehrsmittel der Zukunft, da er durch seine niedrigen Gesamtkosten über die Laufzeit den gasbetriebenen CNG-, den Hybridbussen und den reinen Dieselnissen wirtschaftlich überlegen ist. Der elektrische Antriebsstrang kann vor allem durch seine ausgezeichnete Energiebilanz überzeugen: Ein ganz aktueller Vergleich in den USA zeigt: Die ausgewählten Elektrobusse benötigen etwa 9.000 Dollar pro Jahr an Energiekosten, während ein vergleichbarer Dieselniss 50.000 Dollar pro Jahr für Treibstoff verschlingt. Spätestens im vierten Betriebsjahr amortisieren sich die heute noch höheren Anschaffungskosten eines Elektrobusses. Diese Erkenntnis wird in China schon nicht mehr hinterfragt, sondern in großem Stil umgesetzt – zum Beispiel in Wachstumsstädten wie Shenzhen.

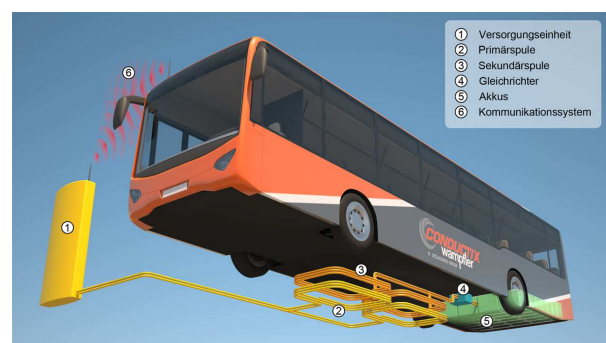
Nicht nur durch den richtigen Antriebsstrang, sondern auch durch die Ladetechnologie kann die Wirtschaftlichkeit einer Busflotte gesteigert werden. Durch das regelmäßige Zwischenladen mit IPT® Charge, einem berührungslosen Batterieladesystem von Conductix-Wampfler, können die Flottenbetreiber günstigere Busse mit kleineren Batterien anschaffen, deren Zellchemie durch häufigere, aber kleinere Ladungen geschont wird

und dadurch länger lebt<sup>1</sup>. Mit dem Betriebskonzept der Gelegenheitsladung muss deutlich weniger Gewicht bewegt werden und es werden keine Fahrten zu Batteriewechselstationen nötig. Dies schlägt sich in der Gesamtkostenbilanz und der Systemeffizienz positiv nieder. Dabei sind die wegfallenden Emissionsabgaben und geringere Wartungskosten, sowie die Steuervorteile noch nicht einmal berücksichtigt.

Conductix-Wampfler zeigt bereits seit langem, wie gut induktives Laden von Batterien im öffentlichen Nahverkehr funktioniert: Seit 2002 sind in Genua und Turin zusammen rund 30 Elektrobusse mit der IPT®-Technologie der Firma unterwegs.



Parkmarkierung für ein IPT-Chargesystem mit straßeneben verlegten Spulen in Turin



Systemlayout eines induktiv geladenen Busses mit li-near angeordneten Spulen

<sup>1</sup> vgl. Expertenaussagen in Begleitforschung kabelloses Laden, S. 134

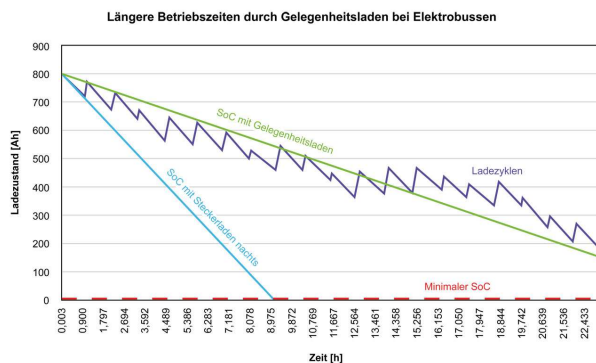
Die italienischen Verkehrsunternehmen AMT und GTT ziehen nach zehn Jahren eine positive Bilanz über die Anwendung im Alltagsbetrieb. Die Busse in Turin fahren zuverlässig 200 Kilometer am Tag, ohne dass sie länger zum Laden stehen bleiben oder in das Depot müssen.

Die Buslinien mit den IPT<sup>®</sup>-Ladesystemen haben sich aber nicht nur wirtschaftlich bewährt, sondern auch wegen ihrer Geräuscharmheit und Emissionsfreiheit. Da die Ladestationen nahezu unsichtbar integriert werden können, beeinträchtigen sie weder das Stadtbild, noch touristische Sehenswürdigkeiten. Sie verursachen weder Stolperunfälle, noch Kosten durch Vandalismus oder Nagetierschäden.

## Technologie und Fahrzeuge

Inductive Power Transfer - kurz IPT<sup>®</sup> - ist ein Energieübertragungssystem für elektrische Fahrzeuge, das durch magnetische Resonanzkopplung funktioniert. Das System besteht aus zwei Hauptkomponenten: einer Primärspule, die über einen Einspeisekonverter mit dem Stromnetz verbunden ist, und einer Abnehmerspule, die in den Unterboden des Fahrzeugs integriert ist. Die Technologie gewährleistet eine berührungslose, automatische und effiziente Stromübertragung.

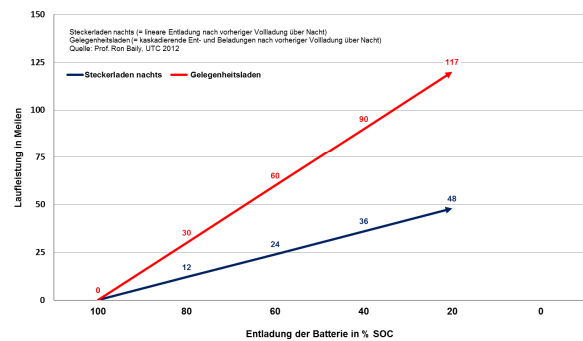
IPT<sup>®</sup> setzt bei Linienbussen auf kurzes, regelmäßiges Laden. Die Batterie wird über Nacht vollgeladen und tagsüber je nach Bedarf und Möglichkeit an entsprechend ausgewählten und ausgerüsteten Haltestellen, je nach Aufenthaltsdauer um in der Regel ca. 10 – 15 % zwischengeladen.



Die Computersimulation einer Buslinie in London zeigt: Regelmäßige Zwischenladungen sorgen für eine etwa dreifache Betriebszeit. Durch geschickte Auslegung des Energiespeichers und des Angebotes an Gelegenheitsladung können nahezu beliebige Betriebsszenarien abgebildet werden

Das Zwischenladen an Bushaltestellen, z.B. an Endpunkten, Bahnhöfen oder Knotenpunkten, sorgt für ausreichend Reichweite bis zur nächsten Ladestation, so dass die gespeicherte Energie auf ein Minimum reduziert werden kann. Die Batteriekapazität kann so ggf. um bis zu 75 % reduziert werden, was das Fahrzeug in der Anschaffung deutlich günstiger und leichter macht und den Passagierraum nicht einschränkt.

Vergleich Laufeistung nach Ladung (in Meilen):  
Steckerladen (nachts) vs. Gelegenheitsladen



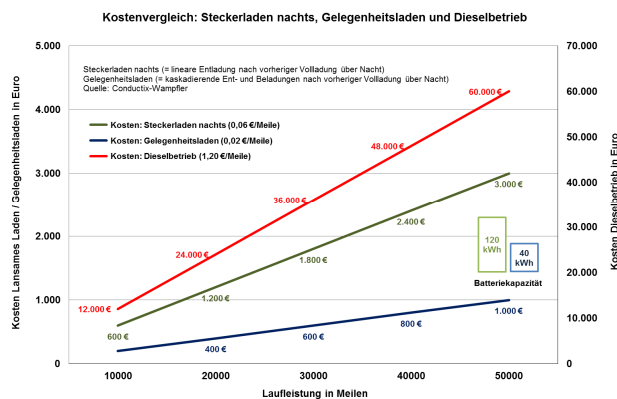
Testfahrten mit Elektro-Shuttlebussen an der University of Tennessee Chattanooga (UTC) haben auch praktisch gezeigt: Durch regelmäßiges, kurzes Laden der Batterie verlängert sich die Reichweite bzw. Laufeistung etwa um den Faktor 2,5. Der Bus mit Gelegenheitsladung schaffte rund 120 Meilen, der nur nachts per Stecker geladene Bus nur 50 Meilen.

Die Anzahl der Ladestationen wird individuell an die Größe und die Betriebssituation der Busflotte angepasst: Je mehr Busse eine Flotte besitzt und je mehr Ladestationen vorhanden sind, desto flexibler und ggf. auch kürzer kann geladen werden. Die Anschaffungs- und Betriebskosten der Infrastruktur (TCO) werden dadurch ebenfalls positiv beeinflusst, da sich die Kosten auf mehrere Busse verteilen. An Bushaltestellen oder Streckenendpunkten können die Busse bereits heute mit ausreichend hohen Ladeleistungen (60 kW oder 120 kW) aufgeladen werden, während die Passagiere ein- und aussteigen.

Beim Laden nähert sich der Stromabnehmer des Buses bis auf 40 mm der Ladespule im Boden an, so dass sich dadurch zwei positive Auswirkungen ergeben:

- Das magnetische Feld ist so fokussiert, dass 95 % der aus dem Stromnetz entnommenen Energie im Normalbetrieb in die Batterie wandern. Damit ist die IPT<sup>®</sup>-Technologie im direkten Vergleich fast genauso effektiv wie das Laden über ein Ladekabel mit sehr guten heutigen Steckerladegeräten und niedrigpreisigen Steckerladegeräten oft überlegen.
- Die magnetischen Streufelder bleiben räumlich auf die unmittelbare Spulenumgebung begrenzt. Außerhalb der Buskontur ergeben sich Feldwerte, die deutlich unterhalb der zulässigen ICNIRP-Empfehlungen liegen.

Wenn zusätzlich noch berücksichtigt wird, dass mit dem Betriebskonzept der Gelegenheitsladung auch deutlich weniger Gewicht bewegt werden muss oder keine Fahrten zu Batteriewechselstationen nötig werden, kippt die Effizienzbetrachtung sehr schnell in Richtung des induktiven Ladens. Die mechanische Verschleißfreiheit der IPT<sup>®</sup>-Ladestationen, die sich durch den Wegfall von Steckern und Leitungen ergibt, verbessert die Kostenbilanz noch zusätzlich.



*Kostenvorteilsrechnung anhand vergleichbarer Busse auf gleicher Strecke: Durch kleinere Batterien und regelmäßige Ladungen reduzieren sich die Kosten für die zurückgelegten Meilen. Hinweis: Je nach Streckenprofil, Batterietyp und Einsatzszenario kann der Kostenvorteil von oben gezeigtem Diagramm stark variieren, höhere Laufleistungen und –anforderungen beeinflussen das Szenario i.d.R. deutlich zugunsten der Gelegenheitsladung*

Conductix-Wampfler hat mittlerweile die zweite Generation der bewährten Ladetechnologie auf den Markt gebracht: Das System „Urban Solution“ lässt sich noch besser in vorhandene Strukturen integrieren. Es besitzt weiter entwickelte Diagnosefunktionen und eine verbesserte Netzanbindung, welche die Betriebstransparenz für den Nutzer erhöhen.

## Mehr Komfort und Sicherheit

Während kurzer Stopps an den Haltestellen wird der Elektrobus automatisch induktiv geladen. Dadurch entfällt nicht nur die umständliche Handhabung schwerer Ladekabel und -stecker, sondern auch die Gefahr, das rechtzeitige Laden zu vergessen - was zu Tiefentladungen und damit auch zu Schäden an der Fahrzeugbatterie führen kann. Der Busfahrer kann den Ladevorgang von seinem Sitzplatz aus über einen Monitor im Fahrzeug-Cockpit bequem überwachen, muss zu keinem Zeitpunkt das Fahrzeug verlassen und seinen Platz unbeaufsichtigt lassen. Besonders bei Regen, Schnee oder Hagel ist das berührungslose Laden eines Busses nicht nur komfortabler, sondern auch sicherer für das Personal. Als Negativbeispiel sei hier die Bedienungsanleitung eines namhaften Herstellers von Elektrofahrzeugen genannt, wie sie in den USA mit ausgeliefert wird. Sie warnt explizit davor, den Stecker mit feuchten Händen anzufassen oder beim Laden in einer Pfütze oder im Schnee zu stehen. Dadurch, dass der Busfahrer zum Laden den Bus nicht verlassen muss und keinerlei Berührung mit dem Ladezubehör hat, wird auch kein elektrotechnisch geschultes Bedienpersonal benötigt (wie lokale Vorschriften sie ggf. in manchen Ländern, bei mehr als 30 kW Anschlussleistung fordern).

## Fazit und Ausblick

Mit demselben Technologie- und Betriebsansatz wurden oder werden neben Turin, Genua und Projekten in der Industrie auch Pilot- und Testprojekte im ÖPNV in Japan, Luzern (Schweiz), Lörrach (Deutschland), Rotorua (Neuseeland), Utrecht (Holland) sowie Los Angeles und Chattanooga (USA) erfolgreich ausgestattet.

Auch wenn die hohen Anfangsinvestitionen für den Elektroantrieb den Flottenbetreiber heute noch schmerzen, ist der Umstieg auf hybrid- oder erdgasbetriebene Fahrzeuge mittelfristig keine echte Alternative bei Stadtbussen. Denn die nächsten empfindlichen Preissteigerungen beim Erdöl, an deren Entwicklung die Kosten für Erdgas gebunden sind, werden nicht lange auf sich warten lassen. Schon jetzt amortisieren sich die höheren Investitionskosten des Elektrobusses spätestens nach vier Jahren durch den geringeren Energieverbrauch. Auch im Hinblick auf die internationale Gesetzeslage sind emissionsfreie Busse empfehlenswert: In Kalifornien müssen schon heute 15% der städtischen Verkehrsmittel emissionsfrei sein. Auch in einigen Megacities in Asien gibt es mittlerweile Diesel-Beschränkungen. Wenn wir von weiter sinkenden Fahrzeug- und Speicherkosten ausgehen, werden die TCO-Modelle noch sehr viel früher zu Gunsten der Elektrobusse mit Gelegenheitsladung ausfallen. Spätestens mit der Einbeziehung der steigenden Emissionsausgleichskosten von Diesel- und Hybridbussen wird die Betrachtung zu einem sehr eindeutigen Ergebnis führen.

## Conductix-Wampfler GmbH

Ansprechpartner: Mathias Wechlin  
Product Manager Inductive Power Transfer IPT

Rheinstraße 27 + 33  
79576 Weil am Rhein  
Telefon: +49(0) 76 21/662-287  
Mobile: +49(0) 162/29 59 705  
mathias.wechlin@conductix.com

**Conductix-Wampfler** ist weltweit führender Hersteller von Systemen für die Energie- und Datenübertragung zu beweglichen Verbrauchern. Mit eigenen Gesellschaften und etlichen Partnerfirmen ist das Unternehmen der Delachaux Gruppe in nahezu allen maßgeblichen Industrieländern vertreten. Die Kernkompetenz von Conductix-Wampfler liegt in der Entwicklung, Produktion, Beratung und Installation von Lösungen, die die maßgeschneiderte Antwort auf alle Fragen der Energie- und Datenübertragung für ortsveränderliche Verbraucher geben.