



I Esslingen am Neckar i Tyskland finns sedan maj 2016 fyra batteritrådbussar i passagerartrafik. Här möts två av dem i tråddrift, varvid även batterierna laddas, således under färden. Principen kallas *In Motion Charging*, IMC, ungefär: laddning under körning. Batteriladdning med stillastående buss kan med rätt trafikupplägg till stor del undvikas.

**In Motion Charging, IMC, i Esslingen:**

## Batteritrådbussar laddar vid körning

**I mitten av februari presenterades i Esslingen erfarenheter av de fyra batteritrådbussar som har varit i trafik sedan maj förra året. Bussbatterierna laddas vid körning under trådbussledning vilket här**

**sker i brant uppförsbacke. Färden fortsätter sedan i batteridrift på tämligen stigningsfri sträcka och i nedförsbacke. Trafikupplägget visar att tekniken hittills motsvarar förväntningarna.**

**Av Thomas Johansson**

**I**sydvästra Tyskland, granne med motormetropolen Stuttgart, ligger den lilla idylliska staden Esslingen am Neckar, med drygt 90 000 invånare. Liksom Stuttgart är Esslingen en industristad, även om åtskilliga fabriker har givit upp de senaste decennierna.

Som man kan ana av namnet flyter floden Neckar genom staden, men flodstränderna är delvis branta och kommunikationerna mellan stadscentrum och bebyggelsen på

omgivande höjder inte utan topografiska utmaningar, med variationer mellan 241 meter över havet i centrum och 490 meter för de högst belägna delarna.

I Esslingen finns en av Tysklands tre trådbussanläggningar, med tre linjer. Idag finns fem ledtrådbussar av fabrikat Van Hool och fyra nya batteritrådbussar från Solaris, alla med elektrisk utrustning från Vossloh Kiepe.

Kanske hade trådbusstrafiken i Esslingen

inte överlevt om den inte hade kunnat användas som ”provbana” för Mercedes, med säte just i Stuttgart, när den stora koncernen under främst 1980-talet utvecklade så kallade duobussar.

Detta var bussar med två kompletta drivsystem, således både el- och dieseldrift. Några byggdes också som batteritrådbussar, men på grund av dåtidens blybatteriteknik kunde denna utvecklingsväg aldrig nå framgång. Den första batteri-duobussen



Vinodlingar förknippas oftast inte med trådbusstrafik, men i Esslingen passerar stadens konventionella trådbusslinje en tämligen omfattande odling, på gynnsam söderslutning.

(batterivikt 2750 kg för 76 kWh, således 27,6 Wh/kg specifikt energiinnehåll) utprovades under åren 1975–1981, såvitt bekant aldrig i passagerartrafik.

Mercedes duobussprojekt finansierades till stor del av forskningsmedel från den tyska staten. Även till staden Esslingen utgick icke obetydliga medel för att hålla trådbussanläggningen i god form för provtrafiken. Därför är anläggningen idag i modernaste skick.

Då byggdes även trådanläggningen ut, med sträckan upp mot Zollberg och vidare till Nelling Linde, jämte slingan i Zollberg för linje 118. Duobussarna fortsatte i dieseldrift bortom Nelling Linde till orterna Nellingen och Denkendorf.

Det kan tilläggas att fram till år 1978 fanns en spårväg på sträckan Esslingen–Nellingen–Denkendorf, END, till stor del på enkelspår i sidoläge, speciellt dramatiskt på den branta serpentinvägen mellan Pliensauvorstadt och Zollberg. Men det är en annan historia.

Mercedes lämnade senare duobussprojektet och koncentrerade resurserna bland annat till bränslecellsbusar, vilket också är en annan historia.

Nu är en modern form av duobussar åter största hajp: IMC, vilket ska uttydas *In Motion Charging*. Och åter är Esslingen platsen för forskning, utveckling och demonstration inom området stadsbusar med icke-konventionell drivlina.

Staden Esslingen driver genom sitt trafikbolag *Städtischer Verkehrsbetrieb Esslingen am Neckar*, SVE, stadstrafiken i staden och omgivningar. I egen regi körs nio trådbussar och sju dieselbussar på tre trådbuss- och fem dieselbusslinjer. Ytterligare ett antal dieselbusslinjer körs av entreprenörer. SVE ingår i *Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart*, VVS.

## Trådbusseminarium i rådhuset

Företaget Vossloh Kiepe och trafikbolaget SVE presenterade den 8 februari i gamla rådhuset i Esslingen erfarenheterna av de fyra batteritrådbussar som tagits i bruk i staden den 17 maj 2016. Till presentationen hade fackfolk och press internationellt inbjudits.

**Modern Stadstrafik** skrev i nr 3-2016 om dessa busar kort efter att de första gången hade presenterats.

*Frank Seidel* från Vossloh Kiepe hälsade välkommen och presenterade övriga föredragshållare. Han uttalade sig hoppfullt om möjligheten att det kan bli ytterligare två trådbussystem i Tyskland, förutom de tre som finns idag. Städerna Trier och Marburg har vissa planer på att (åter-) införa trafikformen.

Det skulle i så fall bli i kombination med batteridrift, så som nu provas i Zürich, vilket vi skrev om i förra **Modern Stadstrafik**, och förstås enligt det koncept som nu är aktuellt i Esslingen.

Frank Seidel berättade att sedan den 1 februari tillhör Vossloh



*I Lyon kan vi titta på nybyggd bro endast för hållbara transportmedel. Stolparna lutar för ett mjukare och mer spännande intryck.*

## Låt dig inspireras – åk på studieresa!

Saknar du idéer? Passa på att se hur andra har löst liknande problem och inspireras innan ni tar stora beslut om nya lösningar. Vi tittar på stadsbyggnads- och trafiklösningar från morgon till kväll – tillsammans med reseledare som brinner för ämnet.

Ta lärdom av olika lösningar från Tyskland, Schweiz, Frankrike, Holland, Danmark och Norge.

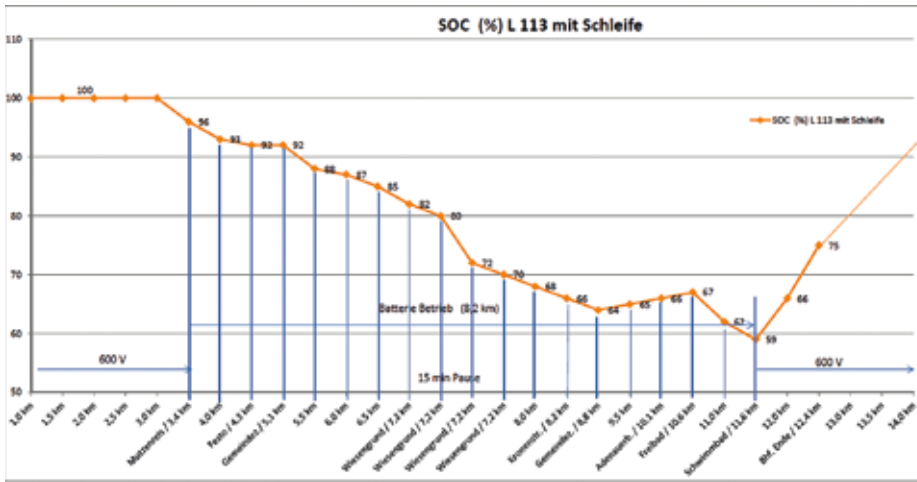
För exempel på vad länderna kan erbjuda, se [trivector.se/utbildning/hallbara-transporter](http://trivector.se/utbildning/hallbara-transporter)

Vi skräddarsyr studieresan för att ge inspiration och goda exempel för att ta itu med utmaningarna på hemmaplan.

Vill du veta mer? Kontakta Lena Fredriksson, affärsområdeschef för kollektivtrafik, 010-456 56 36 eller [lena.fredriksson@trivector.se](mailto:lena.fredriksson@trivector.se).



Lund, Göteborg, Stockholm  
[www.trivector.se](http://www.trivector.se)



Laddningsnivå (State of Charge, SOC) i drivbatteriet uttryckt i procent av nominellt innehåll vid färd på linje 113 i Esslingen. Tråddrift fram till km 3,4 (hållplats Mutzenreissstraße), därefter batteridrift till km 11,6 (hållplats Schwimmbad), därefter åter tråddrift. Mellan km 8,8 och 10,6 sker laddning vid bromsning i utförsbacke. Observera att illustrationens längdmätning utgår från km 1,0, således måste 1 km läggas till för att få de verkliga körsträckorna från Bahnhof Esslingen.

Illustration: Vossloh Kiepe



Topografi för linje 113 i Esslingen. Tråddrift (Fahrdracht) upp till linjens högsta punkt, därefter batteridrift (Batterie) på högplatån och ned till stadens nivå, därefter åter tråddrift.

Illustration: Vossloh Kiepe

Kiepe, inklusive dotterbolag, Knorr-gruppen, division Knorr Schiene. De är båda tyska så kallade traditionsföretag, Knorr grundades år 1905 och Kiepe 1906.

Erik Lenz från samma företag berättade i sitt föredrag om batteribussar: När det gäller energilagring och energioverföring, har batteribuss jämfört med dieslbuss fortfarande en stor nackdel avseende låg energitäthet i batteriet.

Dieslbussen kan i form av effektivt användbar energi i dieselolja medföra 5000 Wh/kg, medan en batteribuss endast kan medföra effektiva runt (maximalt) 50 Wh/kg. Det skiljer således en faktor 100.

En lika stor skillnad gäller även beträffande energioverföring till fordonen. Det är nödvändigt att ladda batterierna under den dagliga trafiken eftersom körsträckorna kan vara 300 kilometer eller mer. Alternativet vore att medföra större batterier, vilket skulle reducera passagerarkapaciteten.

Laddningstiden varierar beroende på fordonsstorlek, topografi och medelhastighet. Erik Lenz nämnde några exempel: För en timmes körtid med en tolv meters standardbuss på en sträcka om 30 km krävs 10,8 minuters laddningstid, vilket utgör 18 procent av tiden.

För en arton meters ledvagn anges nödvändig laddningstid till 18 minuter, vilket motsvarar 30 procent av tiden.

Av detta dras slutsatsen att mellanladd-

ning (Opportunity Charging) är mest lämpad för mindre bussar och måttliga hastigheter.

Nu kom Erik Lenz in på själva kärnbudskapet: att ladda under färd under konventionell trådbussledning. Vossloh Kiepe har döpt denna princip till *In Motion Charging*, IMC.

IMC-batteritrådbussar kan således laddas under körning och måste inte stå stilla för att överföra energi till batterierna. Laddning under tråd är vid färd möjligt med en effekt upp till 525 kW.

Beroende på busstyp, topografi, kör-

hastighet och mycket annat skulle det i gynnsamma fall räcka med att endast 20 procent av sträckan förses med tråd, 80 procent skulle då kunna köras på batteri.

Detta gäller exempelvis en tolv meters standardbuss i 30 km/h medelhastighet (ganska hög medelhastighet!) och tämligen platt sträcka. Med ledbussar ökar behovet av kontaktledning raskt till omkring 50 procent av körsträckan.

## Undvik kontaktledning

I många sammanhang, inte minst i Tyskland och Frankrike, ses kontaktledning som något onödigt fult, som fördärvat stadsbilden. I Tyskland är dessutom processen att installera kontaktledning för trådbuss synnerligen omständlig och liknar i sin byråkrati och möjlighet till överklagande närmast fastställande av detaljplan i Sverige.

I Tyskland tycks det dock gå bra att för spårvägar installera komplicerad kontaktledning av järnvägsmodell, också i känsliga stadsmiljöer. Erik Lenz visade som exempel ett antal bilder på dominerande kontaktledningskonstruktioner för spårtrafik.

Dessa passar verkligen inte in i gatumiljön. Anläggningar för trådbuss kan byggas betydligt smäckrare, särskilt som antalet växlar och korsningar tack vare IMC-tekniken kan reduceras.

## Solaris Trollino Metrostyle

Joachim Berndt presenterade några intressanta projekt hos Vossloh Kiepe från de senaste åren. Företaget Solaris levererar för IMC-bussarna en modern bussmodell, "Metrostyle", där drivtekniken utan problem kan installeras.

Solaris Metrostyle är en busskonstruktion med spårvagnsliknande front. Om denna gimmick kan man ha många åsikter, men ett problem är att förarplatsen är placerad mer mot bussens mittlinje än i bussar med konventionell front. Förutom att en del



Vid seminariet den 8 februari i Esslingen hölls föredrag av bland andra (från vänster) Erik Lenz och Joachim Berndt, båda från Vossloh Kiepe, samt av Harald Boog från trafikbolaget SVE i Esslingen.



Dagens trådbusslinje 101 ersatte år 1944 en spårvägslinje på sträckan Obertürkheim–Esslingen–Oberesslingen, 1961 förlängd till nuvarande ändhållplats Lerchenäcker. Under 1980-talet tillkom trådbusslinjerna söderut, upp mot Zollberg och vidare mot Nellingen och Denkendorf. Då inrättades även trådbusslinje 118 med slinga i Zollberg. Från den 17 maj 2016 körs linje 113 med batteritrådbussar, i tråddrift till Mutzenreisstraße, därefter i batteridrift i enkelriktad slinga via orten Berkheim tillbaka till Esslingen, där trådanslutning åter sker vid hållplats Schwimmbad inför återfärden till utgångspunkten Esslingen Bahnhof. Linje 113 är 11,3 km, batteridrift 8,1 km (61 %) och tråddrift 5,2 km (39 %).

förare kan ha problem med fordonets sidoplacering i körfältet, så är utrymmet för passagerarna starkt begränsat vid passagen vid förarplatsen. Det är också endast möjligt att ha en enkeldörr framtill.

Merparten av den elektriska utrustningen är placerad på taket, medan litiumtitanat-oxidbatteriet (LTO) finns under golvet bakom den tredje axeln. Här har också installerats en klimatanläggning som håller batterierna inom lämpligt temperaturområde.

På grund av batterierna under golvet krävs baktill två steg upp till den högre golvnivån, där det också är svårt för en reslig passagerare att stå upprätt.

Totalt finns 44 sittplatser, officiellt kan 110 passagerare medfölja. Tjänstevikten är 20,48 ton, totalvikt 28,00 ton med 11,5 tons axeltryck, vilket ger en lastförmåga på 7,52 ton, vilket dock motsvarar 100 passagerare.

IMC-bussen är utrustad med två drivmotorer av fabrikat TSA på vardera 160 kW, som med korta kardanaxlar verkar på portalaxlar av modell AV132 från ZF. Drivning sker således både på axel och 2 och 3. Framaxeln är också från ZF och har individuell hjulupphängning. Passagerarutrymmet värms med en varmvattenberedare som är direkt ansluten till 600 V-systemet. Den har en effekt på 40 kW.

Strömavtagarna är av konventionell trådbussmodell och kan fjärrmanövreras från förarplatsen. Nedfällning kräver inga särskilda installationer, medan uppfällning sker mot så kallade trattar, vilka styr strömavtagarhuvudena rätt det sista stycket upp mot tråden. IMC-bussarna har dubbel isolering av 600 V-utrustningen, liksom konventionella trådbussar.

För att kunna använda minsta möjliga batteri för önskad trafikuppgift begränsas accelerationsmöjligheten mellan 0 och 30 km/h till 9,5 sekunder, mot 8,5 km/h vid kontaktledningsdrift. Hastigheten 50 km/h uppnås efter 20 sekunder, mot efter 18 sekunder vid kontaktledningsdrift.

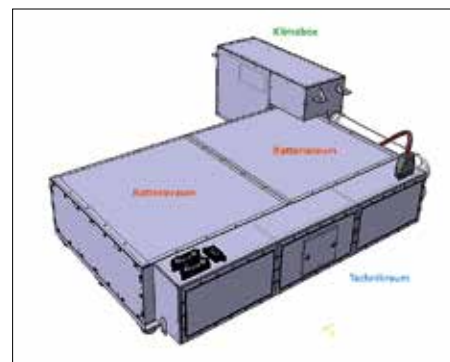
Laddningen av drivbatteriet sker med 100–150 kW under körning, men reduceras till 50–60 kW vid stillastående på grund risk för hög värmeutveckling vid trådkontakt.

Härefter följde en kort genomgång av projektet, som inleddes 2011 med ett förslag från konsultföretaget VCDB, Verkehrskonzept Dresden-Berlin GmbH.

## Testresultat

Harald Boog från SVE berättade om resultatet av i slutet av januari genomförda tester med IMC-bussen.

De tursätts främst på linje 113 som är



Batterityp	litiumtitanatoxid (LTO)
Antal moduler	28
Energiinnehåll	46 kWh
Operativt tillgängligt	80 % av 46 kWh = 37 kWh
Effekt	240 kW
Uppladdning	150 kW under körning
Vikt	1 300 kg
Specifikt energiinnehåll	28,46 Wh/kg operativt tillgängligt

Överst schematisk bild på batteriet med sidoaggregat, exempelvis klimatanläggningen. I mitten bild på inbyggnaden i bussen. Underst några nyckeldata för batteriet.

Illustration överst från Vossloh Kiepe

11,3 kilometer lång. Den utgår från järnvägsstationen, Esslingen Bahnhof, i centrum av Esslingen, passerar över floden Neckar och påbörjar därefter en rejäl stigning på serpentinväg upp till hållplatsen Mutzenreisstraße, där strömavtagarna faller ned.

Denna sträcka körs i tråddrift och är 4,4 km lång och klaras enligt tidtabell på 11 minuter vilket är 17 procent av körtiden, varvid en höjdskillnad på 219 meter tillryggaläggas.

Härefter följer körning på batteri till den prydliga orten Berkheim, som trafikeras i en lång slinga, innan återfärden mot Esslingen påbörjas. Hållplatsen Esslingen Schwimmbad nås efter 8,1 kilometer batteridrift, 42 minuters körtid, inklusive 12 minuter vändtid, sammanlagt 65 procent av körtiden.

Efter Esslingen Schwimmbad körs sex minuter under kontaktledning, vilket motsvarar nio procent av körtiden. Måtkörning visade att vid minus 15 graders yttertem-