



Bericht vom 07.11.2019

Schlussbericht zum Pilotprojekt: «Elektro-Kehrfahrzeug»





**Schlussbericht zum Pilotprojekt PP-15-11
«Elektro-Kehrfahrzeug»**

Datum: 07.11.2019

Ort: Zürich

Subventionsgeberin:
Kanton Zürich Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Abteilung Energie
Stampfenbachstrasse 12
8090 Zürich
www.energie.zh.ch

Subventionsempfänger:
Bucher Municipal AG
Murzlenstrasse 80
8166 Niederweningen
www.buchermunicipal.com/sweepers

Autor:
Marco Meier, Bucher Municipal AG, sweepers.ch@buchermunicipal.com

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Pilotprojekts Elektro-Kehrfahrzeug sollte die Betriebstauglichkeit einer voll-elektrisch angetriebenen Strassenkehrmaschine im 2-Schicht-Betrieb nachgewiesen werden. Nach einer Projektlaufzeit von drei Jahren liegen aussagekräftige Testresultate vor.

Die hoch gesteckten Ziele für das Pilotprojekt konnten nahezu vollständig erfüllt und zum Teil sogar übertroffen werden.

	Zielvorgaben	Zielerreichung absolut	Zielerreichung relativ
Senkung der CO ₂ -Emission	34t p.a.	29t p.a.	86,5%
Reduktion des Energieverbrauchs	85%	87%	102%
Senkung der Geräuschemissionen	75%	75%	100%
Einsparung Betriebskosten	70%	84%	114%

Sowohl die Betriebstauglichkeit, als auch die geforderte Reduktion der Lärmemissionen, Betriebskosten und des Energieverbrauchs konnten im Einsatz bei der ERZ Entsorgung + Recycling Zürich im vollen Umfang nachgewiesen werden. Einzig die Einsparung von CO₂-Emissionen blieb leicht hinter den Zielvorgaben.

1.1 Datengrundlage

Um die Erfüllung der Projektziele zu überwachen, wurden die Maschinen mit Datenloggern ausgestattet und die Betriebskosten konsequent durch die ERZ Zürich erfasst.

Diese Daten sollen als Grundlage für die Beurteilung der Zielerreichung herangezogen werden.

Durch die Betriebsdatenerfassung war es möglich, die Einsatzzeiten und Verbrauchsdaten aufzuzeichnen und mit konventionellen dieselhydrostatischen Kehrmaschinen zu vergleichen.

Insgesamt wurden drei dieselhydrostatische CityCat 2020 und zwei elektrische CityCat 2020ev Maschinen über einen Zeitraum von drei Jahren beobachtet. Eine elektrische Maschine musste im Verlauf des Projekts auf Grund von wiederkehrenden technischen Problemen ersetzt werden.

Die drei dieselhydrostatischen und zwei elektrischen CityCat Kehrmaschinen wurden September respektive November 2016 bei der ERZ in Betrieb genommen und in den regulären Reinigungsbetrieb der Region Süd und Region West eingeführt.



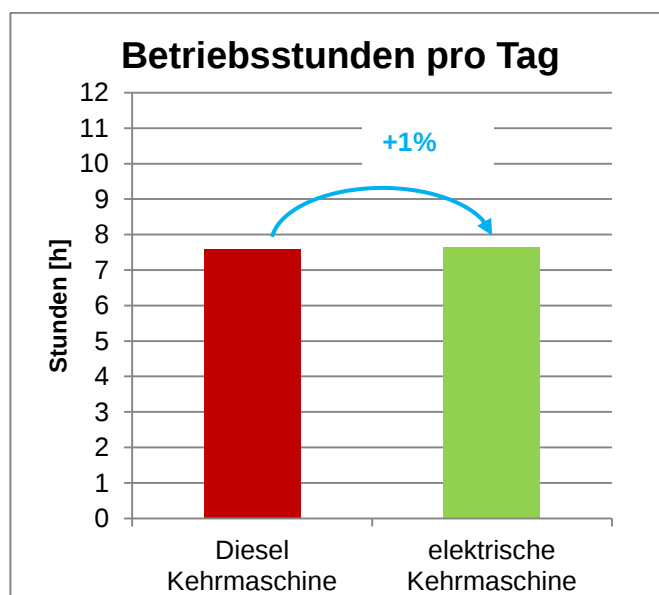
CityCat 2020ev in Zürich (Quelle www.stadt-zuerich.ch)

Im Zeitraum 16.09.2016 bis 08.10.2019 leisteten die drei dieselhydrostatischen CityCat-Kehrmaschinen zusammen 17'478 Betriebsstunden und verbrauchten dabei insgesamt 102'536 Liter Diesel. Das entspricht umgerechnet einer Emission von 267,62 Tonnen Kohlenstoffdioxid. Der durchschnittliche Dieselvebrauch pro Stunde betrug 5,87 Liter und lag damit deutlich unter dem Normverbrauch von 6,5 l/h. Diese tiefen Verbrauchswerte lassen sich auf die sehr gute Fahrerschulung und den Fokus auf ressourcenschonenden Einsatz der Maschinen bei der ERZ Zürich zurückführen. Die beiden elektrischen CityCat 2020ev leisteten im gleichen Zeitraum 11'243 Betriebsstunden und verbrauchten 87'842 kWh Strom. Somit ergibt sich bei der elektrischen Maschine ein durchschnittlicher Verbrauch von 7.81 kWh pro Stunde.

1.2 Betriebsstunden und Eignung der Maschinen für den täglichen Einsatz (im 2-Schicht Betrieb)

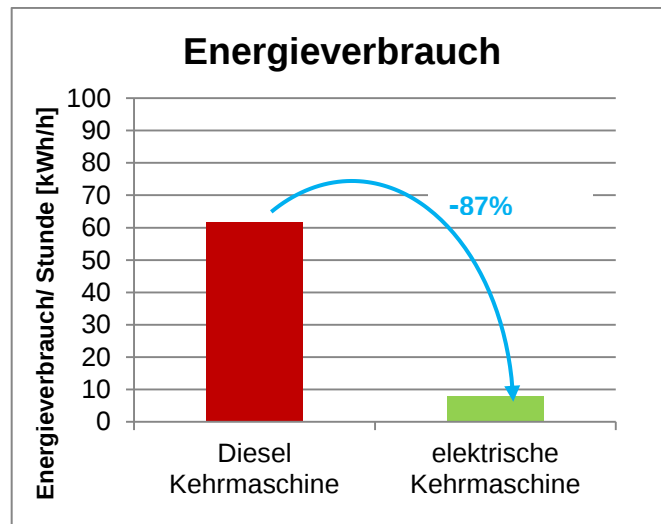
Auf Grund des Einsatzprofils der Kehrmaschinen bei der ERZ Zürich wurde von dem 2-Schicht Betrieb zu Gunsten eines 1.5-Schicht Betriebs abgesehen.

Die elektrische und die dieselhydrostatische Kehrmaschine weisen ähnliche jährliche Betriebsstunden auf. Effektiv wurde die elektrische Kehrmaschine mit 7,66 Stunden am Tag (berechnet auf Basis von 251 Arbeitstagen pro Jahr) effektiv 1% länger genutzt als die Dieselmachine mit 7,58 Stunden am Tag. Daraus lässt sich ableiten, dass mit den elektrischen Kehrmaschinen der Reinigungsbetrieb im vollen Umfang gewährleistet werden konnte. 7,66 effektive Betriebsstunden entsprechen dabei einem 1,5-Schicht Betrieb. Dieser Betrieb wurde auf Grund des spezifischen Einsatzprofils der Stadt Zürich gewählt. Gründe hierfür waren die „Sperrzeiten“, in denen der Einsatz einer Kehrmaschine nicht mit dem hohen Verkehrsaufkommen und der „Nachtruhe“ in Einklang gebracht werden konnte (Kehrmaschinen werden wegen der langsamen Fahrgeschwindigkeit im Reinigungsbetrieb als Verkehrshindernisse betrachtet und können zu zusätzlichen Verkehrsstockungen führen). Die effektive Praxistauglichkeit für den 2-Schicht Betrieb wurde allerdings bei diversen Einsätzen (z.B. bei Grossveranstaltungen) erfolgreich unter Beweis gestellt.



1.3 Energieverbrauch

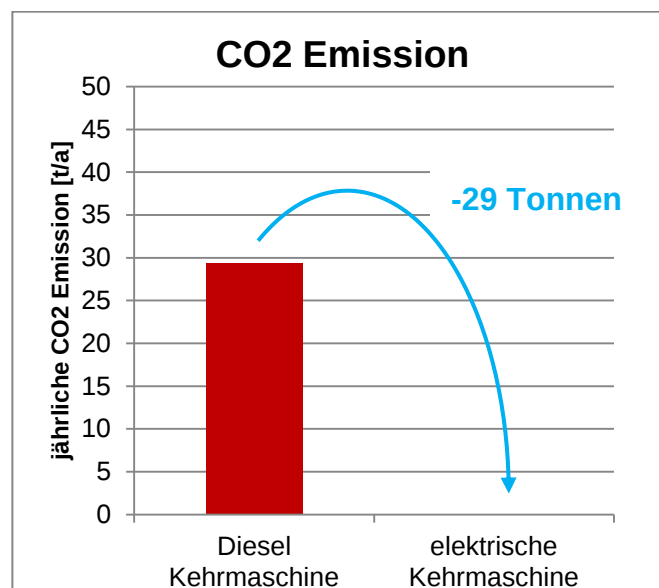
Die über den Zeitraum von drei Jahren erfassten durchschnittlichen Verbräuche lassen Rückschlüsse über die Einsparungen beim Energieverbrauch zu. Den 7.81 kWh/h für den Betrieb der elektrischen Kehrmaschine werden 5.87 l/h Diesel für die konventionelle Maschine gegenübergestellt. Für die Berechnung kann der Dieserverbrauch über den Heizwert (11.9kWh/kg) und die Dichte (883kg/m³) von Diesel zu einem Energieverbrauch von 61.7 kWh/h umgerechnet werden. Somit weist die elektrische Kehrmaschine einen um über 87% tieferen Energiebedarf auf. Das definierte Ziel von 85% wurde leicht übertroffen.



1.4 Reduktion CO2 Emission

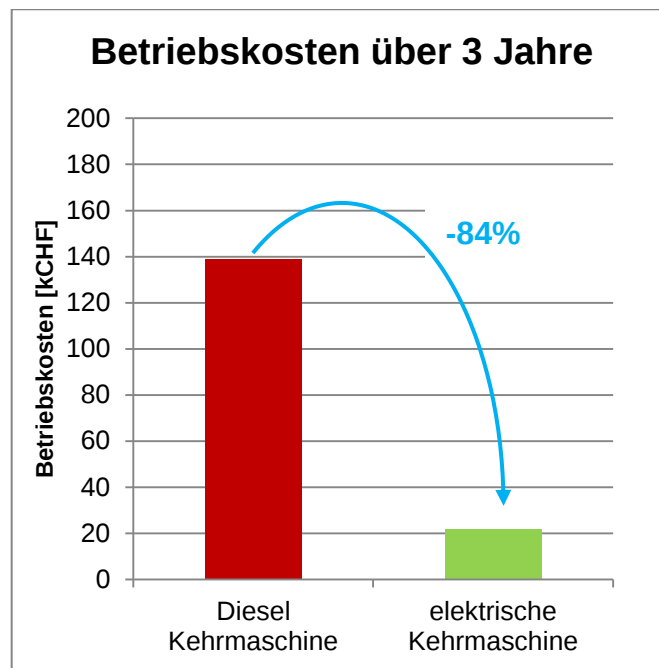
Ausgehend von den aufgezeichneten Betriebsstunden und dem ermittelten Verbrauch der dieselhydrostatischen Kehrmaschinen lässt sich eine Aussage zu der Reduktion von Kohlenstoffdioxidemissionen durch den Einsatz der elektrischen Kehrmaschinen machen. Da die elektrischen Kehrmaschinen mit 100% Ökostrom geladen wurden, können die eingesparten Emissionen zu 100% abgezogen werden.

Bei der Annahme von 251 Arbeitstagen im Jahr, einem täglichen 7.66 stündigen Einsatz der Maschine und einem durchschnittlichen Dieserverbrauch von 5.87 l/h, sowie 2.61 kg CO₂/l Diesel, ergibt sich eine jährliche Einsparung von 29'425 kg CO₂ pro Maschine. Dieser Wert liegt ca. 13,5% unterhalb der angestrebten jährlichen Reduktion von 34 Tonnen und kann auf die sehr gute Fahrerschulung und den Fokus der ERZ auf ressourcenschonenden Einsatz der Maschinen zurückgeführt werden.



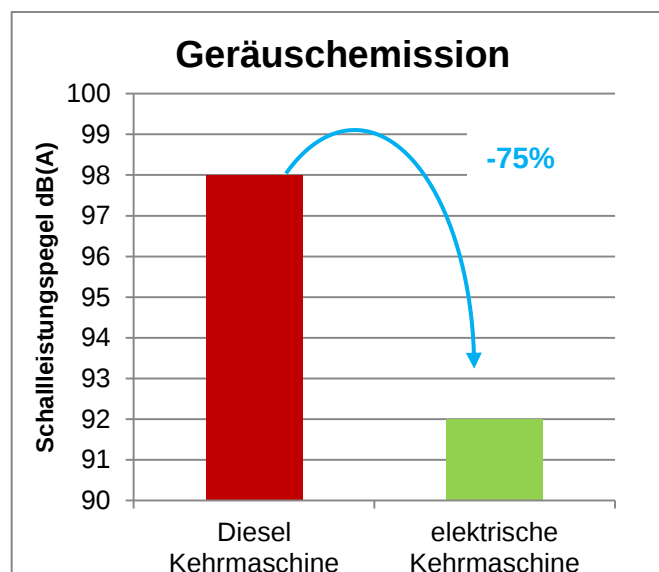
1.5 Reduktion Betriebskosten

Ein weiteres Ziel des Pilotprojekts war die Reduktion der Betriebskosten um 70%. Hierfür wurden von der ERZ Entsorgung + Recycling Zürich alle Kosten für Treibstoff, Versicherung, Reparatur, Service und Verkehrsabgaben für die elektrischen Maschinen zusammengestellt. Als Vergleichsmaßstab wurde eine konventionelle dieselhydrostatische CityCat Kehrmaschine herangezogen. Über den Betrachtungszeitraum von drei Jahren konnten mit der elektrischen Kehrmaschine die Betriebskosten um 84% reduziert werden. Die Einsparungen lassen sich dabei primär auf die Treibstoffkosten, sowie die Service- und Reparaturarbeiten zurückführen und liegen deutlich über den Zielvorgaben von 70%.



1.6 Geräuschemission

Eine aktuelle Bucher CityCat 2020 mit Euro 6 Dieselmotor hat einen gemessenen und garantierten Schallleistungspegel von 98dB(A). Demgegenüber konnte mit der CityCat 2020ev eine deutlich tiefere Geräuschemission von nur 92dB(A) erreicht werden. In der Akustik entsprechen -6db einer Reduktion der Schallintensität (Schallenergie) um 75%.



1.7 Schlussbemerkungen

Diese sehr positiven Ergebnisse hinsichtlich Umweltbelastung, Praxistauglichkeit und Betriebskosten müssen allerdings den hohen Anschaffungskosten gegenübergestellt werden.

Auf Grund der noch nicht im ausreichenden Masse für den Kommunaleinsatz optimierten Technologie war es im Verlauf des Projekts notwendig, zahlreiche Reparaturarbeiten an den Kehrmaschinen durchzuführen und eine der beiden Maschinen komplett zu ersetzen. Trotz der um 84% gesenkten Betriebskosten ist es bezogen auf die Gesamtlebensdauer der elektrischen Kehrmaschine noch nicht möglich einen „Break Even Point“ im Sinne von „Total Cost of Ownership“ zu erreichen.

Hierfür sind weitere Investitionen notwendig, um die Herstellkosten der Maschine weiter zu senken und die Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen sicherzustellen.

Dennoch war es im vollen Umfang möglich, konventionelle dieselhydrostatische Kehrmaschinen durch voll-elektrische zu substituieren und den umweltschonenden Betrieb der Stadtreinigung unter realen Bedingungen darzustellen.