

1 EINLEITUNG

Die Stadtwerke Münster sind mit über 950 Mitarbeitern für die Versorgung mit elektrischer Energie, Wärme und Wasser der Stadt Münster verantwortlich. Darüber hinaus betreiben die Stadtwerke Münster den öffentlichen Personennahverkehr in der Stadt Münster.

Das Zentrum für e-Mobilität der Fachhochschule Münster wurde im Jahre 2011 gegründet, um elektrische Mobilität für Interessierte erfahrbar zu machen und die Entwicklung der e-Mobilität zu unterstützen. Hierzu stehen dauerhaft eine Ladestation, ein e-Fahrrad sowie ein e-Roller zu Testzwecken zur Verfügung. Darüber hinaus werden e-mobile Fahrzeuge ausführlich getestet und bewertet. Die Stadtwerke Münster stellten hierzu dem Zentrum für e-Mobilität vom 12.07.2011 bis zum 05.08.2011 einen Iseki/Mega e-City und vom 03.09.2011 bis 28.09.2011 einen Mitsubishi i-MiEV zu Testzwecken zur Verfügung.

Die Fahrzeuge wurden von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des E-Mobilitätszentrums getestet. Der vorliegende Bericht dokumentiert die Untersuchungen und die Ergebnisse dieser Testphasen.

2 ISEKI/MEGA E-CITY

Iseki bietet mit dem Mega e-City einen Zweisitzer mit rein elektrischem Antrieb an. Mit einer Höchstgeschwindigkeit von 64 km/h und einer Reichweite von ca. 60 km ist das Fahrzeug insbesondere für Stadtfahrten und weniger für überregionale Fahrten geeignet. Der Kofferraum fasst 900 l und eignet sich vor allem für den innerstädtischen Transport. Der Wagen zeigt die für e-mobile Fahrzeuge typischen Vorteile, wie keine Emission von Verbrennungsabgasen, niedrige Lärmemission und vergleichsweise geringe Betriebskosten. Dem gegenüber stehen eine minimale Ausstattung, aufgrund von Gewichts- und Kostenersparnissen und ein geringer Fahrkomfort. Eine höhere Ausstattung ist grundsätzlich jedoch nachrüstbar, senkt allerdings durch Mehrgewicht und zusätzlichen Stromverbrauch die Reichweite. Abb. 2-1 zeigt die Frontansicht des Fahrzeugs.



Abbildung 2-1: Iseki/Mega e-City Frontansicht

2.1 Motor und Antrieb

Das Fahren mit dem e-City ist vergleichbar mit einem konventionellen automatikgetriebenen Fahrzeug, mit dem Unterschied, dass der e-City nicht beim Lösen der Bremsen losrollt, sondern erst beim Betätigen des Gaspedals anfährt.

Das Aufladen des integrierten Blei-Gel-Akkus in Absorbent Glass Mat (AGM) Ausführung mit 210 Ah Kapazität erfolgt über eine 230 V Haushaltssteckdose mit 1.500 W Leistung über bis zu 6 Stunden. Der Anschluss am Fahrzeug selbst erfolgt über einen blauen Caravan-Einspeisungsstecker CEE mit 230 V und 16 A, siehe auch Abbildung 2-2. Ein Ladeanschluss über Dreiphasenwechselstrom mit höherer Leistung und kürzeren Ladezeiten ist nicht möglich. Der Blei-Gel-Akku in AGM Ausführung ist ein Vlies-Akku, bei dem der Elektrolyt in einem Vlies aus Glasfasern gebunden ist. Diese Akkus zeichnen sich durch einen hohen lieferbaren Startstrom aus. Darüber hinaus verhindert die gekapselte Bauweise ein Austreten von Säure.

Mit der installierten elektrischen Leistung von 8 kW erreicht der Iseki eine Maximalgeschwindigkeit von 64 km/h und eine Reichweite von ca. 60 km. Die Laufkultur ist als schlecht einzustufen. Dies wird vor allem durch ein hohes Fahrinnengeräusch und Vibra-

tionen deutlich. Entsprechend ist auch das Kurvenverhalten schlechter als es bei vergleichbaren Fahrzeugen.

Neben diesen Merkmalen vermittelt auch das vergleichsweise schwierige Bremsverhalten ein geringes Sicherheitsgefühl, ein Anti-Blockier-System (ABS) ist nicht vorhanden.



Abbildung 2-2: Stromanschluss des Iseki/Mega e-City

Der Stromverbrauch und die Fahrleistungen wurden in den Praxistest aufgenommen. Der Iseki e-City wurde im Praxistest am häufigsten für Fahrten im Bereich von 40 km Entfernung genutzt. Durch energiesparendes Fahren sind auch Fahrten von bis zu 80 km möglich.

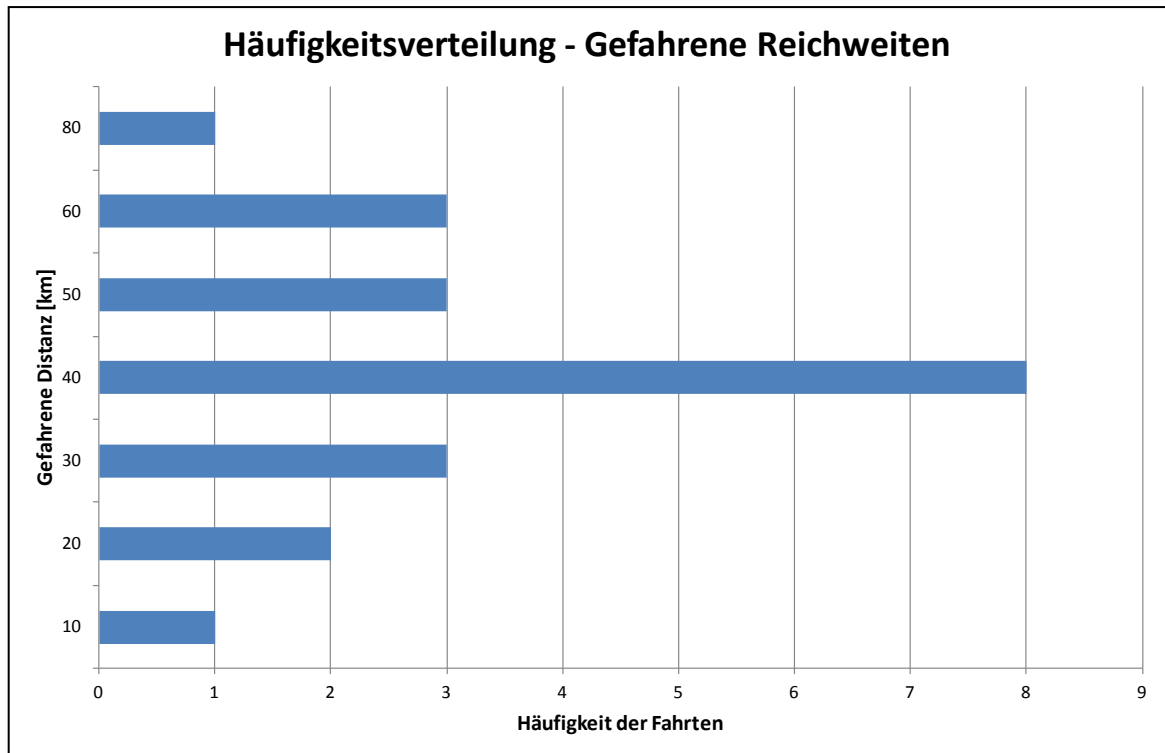


Abbildung 2-3: Häufigkeitsverteilung – Gefahrene Entfernungen mit dem Iseki/Mega e-City

Der mittlere Stromverbrauch betrug im Praxistest 12,2 kWh/100 km. Insgesamt zeigt sich in Abbildung 2-4, dass der Stromverbrauch stark von der Fahrweise abhängt. So schwankt der Stromverbrauch zwischen 4,8 und 17,9 kWh/100 km.

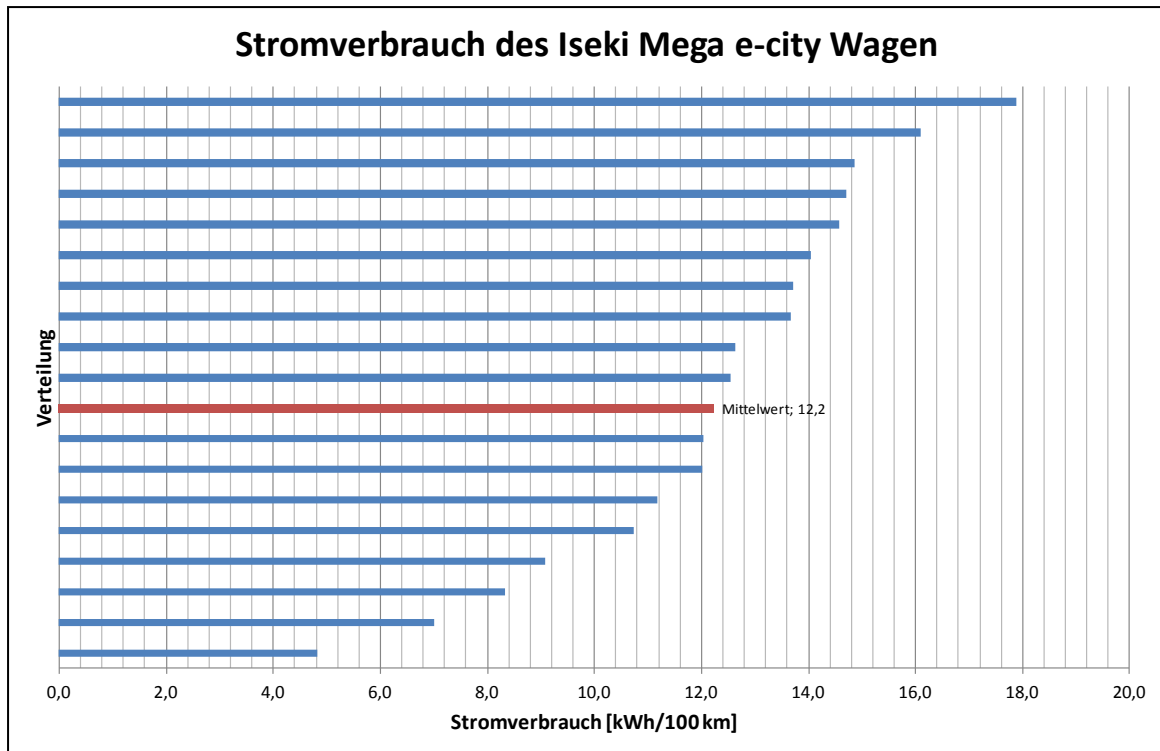


Abbildung 2-4: Stromverbrauch des Iseki/Mega e-City

2.2 Karosserie / Kofferraum

Der Kofferraum ist mit 900 l für diese Fahrzeuggröße als Zweisitzer groß bemessen. Der Kofferraum wird über einen Hebel im Fahrerraum geöffnet. Abbildung 2-5 zeigt den hinter der Fahrtür und dem Sicherheitsgurt positionierten Kofferraumöffner.



Abbildung 2-5: Kofferraumöffner des Iseki/Mega e-City

Nachteilig in diesem Fahrzeug ist die vergleichbar minderwertig ausgeführte Verarbeitung, die sich optisch und auch durch ein lautes Innenfahrgeräusch bemerkbar macht. Beispielsweise sind in Abbildung 2-6 und Abbildung 2-7 die optisch nicht ansprechende Sonnenblende und das Dach dargestellt.

Die Gewichtseinsparungen am Fahrzeug werden dem Fahrer in vielerlei Hinsicht bewusst. Die Zahnstangenlenkung und vor allem die dünne Heckklappe sowie die dünnen Türen zeugen von geringen Sicherheitsansprüchen.



Abbildung 2-6: Sonnenblende mit Information zum Iseki/Mega e-City



Abbildung 2-7: Preiswerte Materialien im Innenraum des Iseki/Mega e-City

Für den gewerblichen Gebrauch sind die geringe Zuladung, lange Batterieladezeiten sowie der nur im Fahrgastraum zu entriegelnde Kofferraum die größten Nachteile.

2.3 Komforteigenschaften

Da der e-City keine Servolenkung besitzt, sind das Lenken bei niedriger Geschwindigkeit und das Einparken nur unter relativ hohem Krafteinsatz möglich. Die Federung ist einfach ausgeführt und überträgt Vibrationen von der Straße in den Innenraum. Die Sitze sind einfach gehalten. Diese sind in ihrer Neigung nicht variierbar, lediglich der Abstand zu den Pedalen ist einstellbar.

Das Gaspedal ist einfach ausgeführt und das gezielte Halten der Geschwindigkeit, um bspw. innerorts 50 km/h zu fahren, ist aufgrund der nicht ergonomischen Bauweise unangenehm und anstrengend auf Strecken über 10 km.



Abbildung 2-8: Brems- und Gaspedal des Iseki/Mega e-City

Im Innenraum findet sich das gelungene äußere Design nur am Tachometer im Armaturenbrett wieder. Neben üblichen Warnleuchten wird hier zentral die Geschwindigkeit über einen Tachometer angezeigt. Als Zusatzinformationen werden die Streckendistanz sowie der Ladezustand mit sechs Balken angezeigt. Rechts neben dem Tachometer kann die Uhrzeit und die insgesamt gefahrenen Kilometern abgelesen werden.



Abbildung 2-9: Tachometer des Iseki/Mega e-City

Die Möglichkeiten eines sinnvollen Einsatzes des e-City werden vor allem durch die geringe Reichweite, die geringe Geschwindigkeit und das geringe Raumangebot begrenzt. Darüber hinaus dürfen viele Nutzer im privaten Gebrauch den gewohnten Komfortstandard mit Servolenkung, Zentralverriegelung, Klimaanlage etc. vermissen. Somit wird der Gesamtkomfort als schlecht eingestuft. Eine Eignung des Fahrzeugs für innerstädtische Fahrten ist jedoch gegeben.



Abbildung 2-10: Kofferraum des Iseki/Mega e-City

Trotz der ausführlichen Tests sind im Zuge der temporären Bereitstellung des e-City keine Langzeitbewertungen und keine Bewertungen unter saisonalen Einflüssen, wie beispielsweise Winterbetrieb bei niedrigen Außentemperaturen, möglich. Insbesondere Zuverlässigkeit und Selbstentladung der Batterie im Winter und der damit verbundenen Reichweiten-Reduzierung sollten untersucht werden.

3 MITSUBISHI I-MiEV

Mitsubishi bietet mit dem i-MiEV ein rein elektrisch angetriebenes Fahrzeug an. Mit einer Höchstgeschwindigkeit von 136 km/h und einer möglichen Reichweite von ca. 120 km ist das Fahrzeug auch begrenzt für Überlandfahrten einsetzbar. Der Viersitzer ist mit den für konventionell angetriebene Fahrzeuge üblichen Ausstattungen, wie Zentralverriegelung mit Fernbedienung, elektrischer Servolenkung, Klimaanlage, elektrischen Fensterhebern und beheizbaren Außenspiegeln ausgerüstet und bietet nahezu alle Möglichkeiten eines üblichen Kraftfahrzeuges. Das Fahrzeug ist weitgehend baugleich mit dem Peugeot Ion und dem Citroen C-Zero.

Zur serienmäßigen Ausstattung gehören darüber hinaus unter anderem 15“-Leichtmetall-Felgen, elektrisch einstell-, beheizbare und einklappbare Seitenspiegel, Leder-Lenkrad und –Schaltknopf, Nebelscheinwerfern, getönte Scheiben, Fahrer und Beifahrerairbag. Der Mitsubishi i-MiEV (49 kW - 64 PS) basiert auf dem nur in Japan erhältlichen i, dieser unterscheidet sich von dem i-MiEV durch einen konventionellen Antrieb. Hier wird ein 660 cm³ Turbo-geladener Benziner mit etwas geringerer Leistung (42 kW - 57 PS) verbaut. Der i wurde von Mitsubishi als viersitzige Alternative zum Smart Fortwo entwickelt, einen Vergleich zeigt Abbildung 3-1.



Abbildung 3-1: Vergleich Mitsubishi i-MiEV – Smart Fortwo coupé [1]

3.1 Motor und Antrieb

Die Leistung mit 49 kW ermöglicht ein agiles Fahren. Insbesondere der Leistungsverlauf über dem Drehzahlbereich fällt positiv im Vergleich zu Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben auf. Der Elektromotor verfügt bereits bei niedrigen Drehzahlen über die volle Leistung. Dies führt zu einem schnelleren Anfahrverhalten gegenüber Fahrzeugen mit üblichen Verbrennungsmotoren. Dadurch entsteht der subjektive Eindruck von höheren Leistungswerten.

Die Maximalgeschwindigkeit von 136 km/h erlaubt auch das Fahren auf Schnellstraßen und Autobahnen ohne dass der Verkehr behindert wird. Überregionales Fahren wird durch die Reichweite von ca. 120 km begrenzt. Der Lithium-Ionen-Akku wird an einer Haushaltssteckdose mit 230 V innerhalb von 6 Stunden auf die volle Kapazität von 16 kWh geladen. Allerdings ist die Ladeleistung mit 3.000 Watt hoch gewählt, so dass die Steckdose mit mindestens 16 A abgesichert sein muss. Ebenso werden höhere Ansprüche an die Verkabelung gestellt. Die hohe Ladeleistung über sechs Stunden lässt die Schuko-Kontakte der Stecker gefährlich heiß werden. In den Wärmebildaufnahmen in Abbildung 3-2 ist die Aufwärmung des Schuko-Steckers und der Kabelverbindung zu erkennen. Die Hitzeentwicklung am Schuko-Stecker hängt von der Qualität der Schuko-Buchse ab. Wird hier eine qualitativ hochwertige Buchse mit bspw. Goldkontakten verwendet, so entsteht weniger Wärme. Minderwertige Kontakte erzeugen durch höhere Kontaktwiderstände durchaus gefährliche Temperaturen am Stecker, die zu Verbrennungen bei Hautkontakt führen können.

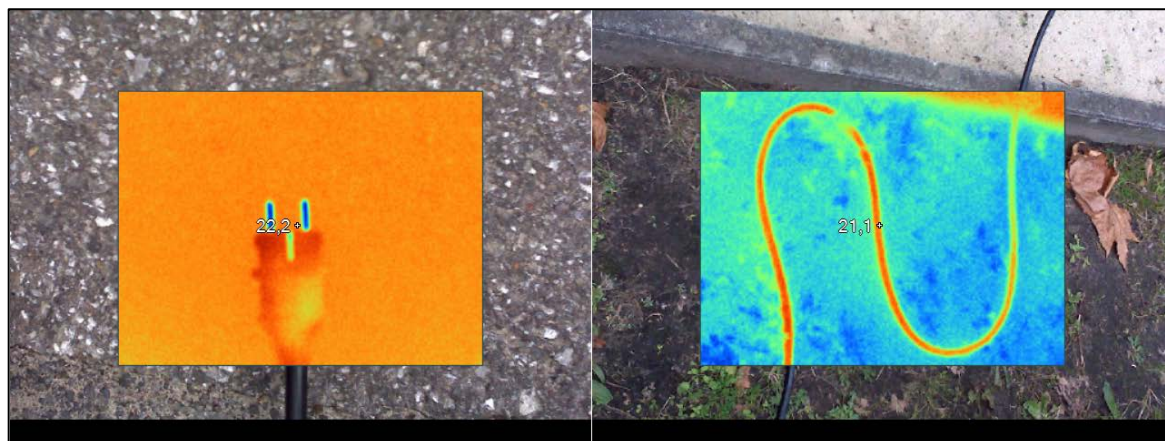


Abbildung 3-2: Wärmebildaufnahmen des Schuko-Steckers und Kabelverbindung

Das Kurvenverhalten des i-MiEV ist gut, allerdings wird dieses durch das hochbauende Design und den damit höheren Schwerpunkt beeinflusst. Das Fahrzeug ist damit auch

relativ stark empfindlich für Seitenwind. Ebenso erfordert das schnelle Anfahren in eine Kurve erhöhte Aufmerksamkeit, da anders als bei konventionellen Fahrzeugen, sofort die volle Leistung zu Verfügung steht.

Die Laufkultur kann als angenehm beschrieben werden. Unebenheiten in der Straße werden nicht als Vibrationen in den Innenraum wiedergegeben und die ohnehin geringe Lautstärke durch den leisen Motor wird so unterstrichen.

Die Lenkung des i-MiEV's gestaltet sich einfach, da hier eine elektrische Servolenkung verbaut ist. Ein elektrischer Bremskraftverstärker ermöglicht ein angenehmes Bremsverhalten und ist passend zur Wagengröße.

Der Gesamteindruck erzeugt ein gutes Sicherheitsgefühl.

Die Häufigkeitsverteilung der gefahrenen Reichweiten im Praxistest zeigt ein interessantes Bild. Anders als beim Iseki Mega e-City liegt hier die häufigste gefahrene Distanz auch bei 40 km. Das Diagramm weist allerdings auch 80 km als Distanz aus, die häufig gefahren worden ist. Die Distanz von 40 ist die die Strecke Münster – Steinfurt, die im Test aus praktischen Gründen häufig gefahren wurde und daher überdurchschnittlich häufig auftaucht. Der i-MiEV wurde mit 80 km Distanz auch für Strecken gefahren, die eine doppelt so hohe Distanz aufweisen, wie es beim Iseki Mega e-City der Fall war.

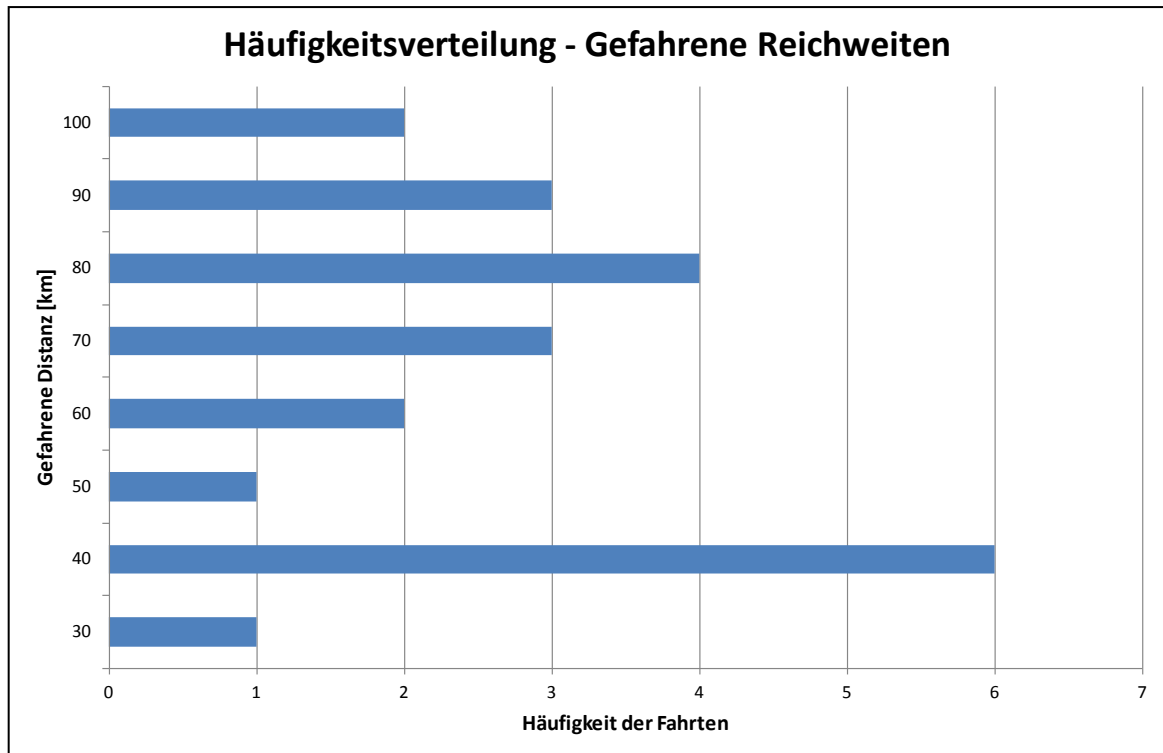


Abbildung 3-3: Häufigkeitsverteilung – Gefahrene Entfernungen mit dem Mitsubishi i-MiEV

Der Stromverbrauch des i-MiEV ist in Abbildung 3-4 dargestellt. Mit einem mittlerem Stromverbrauch von 17,6 kWh/100 km verbraucht der i-MiEV ca. 30 % mehr Strom als der Iseki Mega e-City. Interessanterweise ist hier der Bereich zwischen energiesparender und energieintensiver Fahrweise geringer als es bei dem Iseki der Fall ist. Hier ist der Effekt der Rekuperation, also der Bremsenergierückgewinnung beim i-MiEV erkennbar. Hierdurch wird ein Teil der benötigten Energie aus der Bremsenergie zurückgewonnen. Wie in der Abbildung 3-6 zu erkennen ist, gibt es 3 Wahlmöglichkeiten für die Rekuperation (D mittel, B stark und C schwach). Im Stadtbetrieb wurden mit der Einstellung B die besten Erfahrungen gemacht, da das Abbremsen vor Ampeln zur Rekuperation genutzt wird. Die Nutzung der Fußbremse wird dadurch weitgehend überflüssig.

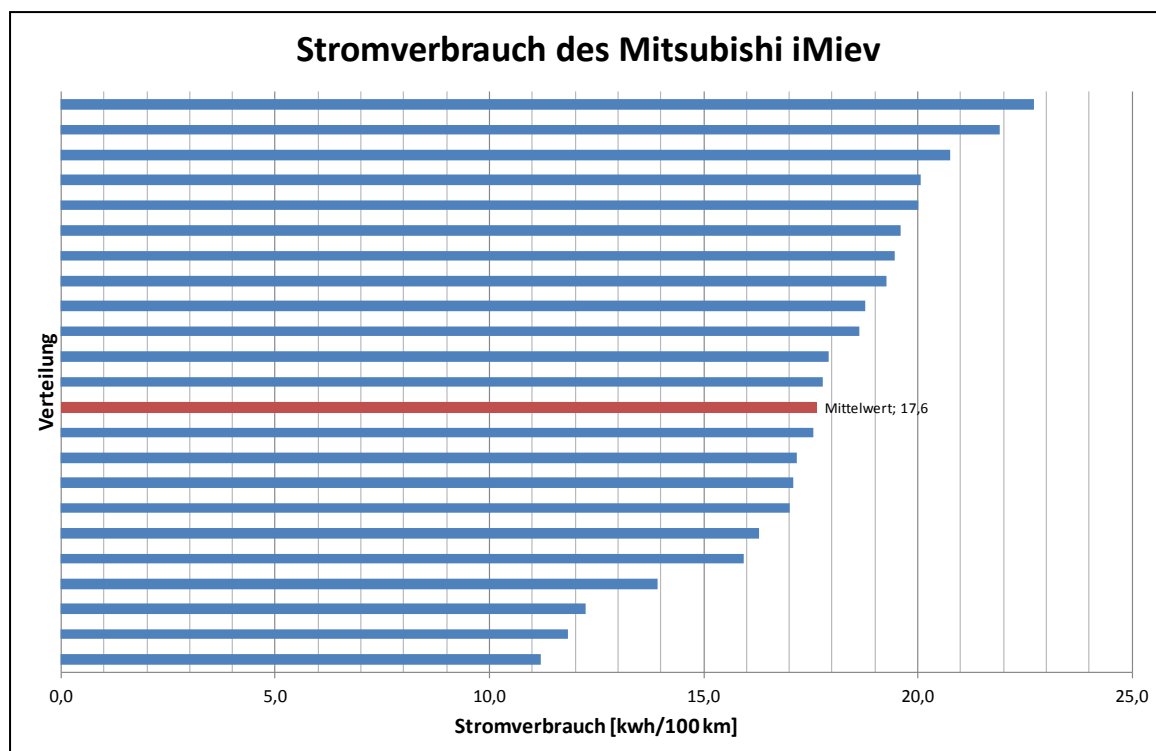


Abbildung 3-4: Stromverbrauch des Mitsubishi i-MiEV

3.2 Karosserie / Kofferraum

Die durchweg gute Verarbeitung im i-MiEV wirkt durchdacht. So sind die wesentlichen Bedienelemente, das Lenkrad, die Handbremse sowie der Schaltknauf, in Leder ausgeführt, dargestellt in Abbildung 3-5 und Abbildung 3-6.



Abbildung 3-5: Leder-Lenkrad des Mitsubishi i-MiEV



Abbildung 3-6: Leder-Schaltknopf des Mitsubishi i-MiEV

Das hochbauende Design ermöglicht eine gute Übersicht im Straßenverkehr und während des Parkens. Ebenso wird hierdurch der Einstieg auch für größere Personen erleichtert.

Demgegenüber ist vor allem im Fond die Beinfreiheit begrenzt, resultierend aus den kompakten Außenmaßen. Der Kofferraum ist mit 150 l Volumen recht klein. Allerdings kann die Rückbank umgeklappt und das Kofferraumvolumen so auf 405 l erhöht werden. Die Kofferraumöffnung ist, wie in dargestellt, angenehm zweckmäßig und ohne störende Bordwand.



Abbildung 3-7: Kofferraum des Mitsubishi i-MiEV

Die Bedienung der Belüftung und Klimaanlage am Armaturenbrett ist intuitiv bedienbar und gut erreichbar. Die Klimaanlage arbeitet effektiv, während die Heizfunktion während des Testzeitraums nicht ausreichend getestet werden konnte.



Abbildung 3-8: Bedienung der Klimaanlage und Belüftung des Mitsubishi i-MiEV



3.3 Komforteigenschaften

Im Vergleich zum vorher getesteten Iseki fallen die durchweg gute Verarbeitung und der wesentlich höhere Fahrkomfort auf.

Wir danken den Stadtwerken Münster sehr für die vorübergehende Überlassung und die bemerkenswerten Praxiserfahrungen mit dem Fahrzeug.

4 VERGLEICH DER FAHRZEUGE

Tabelle 4-1: Vergleich der Daten

Fahrzeug	Iseki Mega	Mitsubishi i Miev
		
Motor	8 kW Elektro Drehstrom-Motor (13 kW kurzzeitige Spitzenleistung)	49 kW Permanentmagnetisierter Synchronmotor
Höchstgeschwindigkeit	ca. 64 km/h	ca. 130 km/h
Reichweite	ca. 60 - 80 km (je nach Nutzungsbedingungen)	ca. 150 km (Messwert nach New European Driving Cycle ECE R101)
Reichweite im Praxistest	40 - 80 km	80 - 100 km
Ladezeit	ca. 8 - 10 Stunden (von ganz leer zu ganz voll)	Normalladung (230 V / 16 A) 6 Stunden Schnellladung (400 V / 125 A) 30 min (80 %)
Getriebe	Automatikgetriebe, stufenlose Variomatik	Automatik, Fahrmodi, 1-Gang, P-R-N-D-B-C
Antriebsbatterien	AGM Bleiakumulatoren 12 V, 210 Ah bei 20 °C	Lithium-Ionen 330 V, 16 kWh
<i>Anzahl</i>	12 Stück	1 Stück
<i>Ladegerät</i>	Hochfrequenz, 1.500 W on Board	3.000 W on board
<i>Ladestrom</i>	Haushaltsstecker 230 V - 16 A	Haushaltsstecker 230 V - 16 A Gleichstromstecker 400 V - 125 A
Bremsanlage	Zweikreisbremsanlage mit lastabhängigem Regler und automatischer Bremsnachstellung	ABS (Anti-Blockier-System) mit EBD (elektronische Bremskraftverteilung)
Bereifung	155/65/R14 Aluminium-Druckguss-Felgen	vorne 145/65/R15 Leichtlaufreifen hinten 175/55/R15 Leichtlaufreifen
Lenkung	Zahnstangenlenkung	Elektrische Servolenkung
Wenderadius	4 m	4,5 m
Sitzplätze	2 vorne	2 vorne, 2 hinten
Leergewicht	750 kg	1.110 kg
Kofferraumvolumen	900 l	150 l, 405 l mit umgeklappter Rückbank
Stromverbrauch	12,2 kWh / 100 km	17,6 kWh / 100 km

Im Gegensatz zu dem vorher getesteten Iseki Mega e-City handelt es sich beim serienproduzierten i-MiEV um ein vollwertiges Fahrzeug. Durch die hochwertige Ausstattung und die überzeugenden Motorleistungen ist dieses Fahrzeug als Kleinwagen eine echte Alternative zum bislang konventionellen Antrieb. Der Fahrspaß durch den elektromotor-spezifischen Leistungsverlauf hebt gut dessen Stärken hervor.

Die Laufruhe, das leise Fahren und der deutlich stärkere Antrieb sind die besonderen Vorteile des i-MiEV gegenüber dem Iseki. Die oft kritisierte geringere Sicherheit durch das fehlende Motorgeräusch kann durch die Praxisversuche nicht bestätigt werden. Tatsächlich wird das Fahrzeug durch das fehlende Motorgeräusch durch Verkehrsteilnehmer,

insbesondere Fußgänger, teilweise stärker beachtet als dies bei gewohnt lauten Fahrzeugen der Fall ist.

Die bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen übliche Reichweitenbeschränkung erfordert ein genaues Planen der Fahrten. Hierbei sind Navigationshilfen von Vorteil, da die noch zu fahrenden Kilometer mit der noch fahrbaren Reichweite abgeglichen werden können. Hilfreich können daher in Zukunft direkt in der Navigationssoftware integrierte Hilfen für elektrisch angetriebene Fahrzeuge, wie Reichweitenkontrolle und in Karten vermerkte Ladesäulen sein. Im praktischen Fahrbetrieb wurden Entfernungen bis 100 km mit einer Ladung zurück gelegt. Bei sparsamer Fahrweise ist eine Reichweite von ca. 120 km möglich.

Die im i-MiEV integrierte Rekuperation ermöglicht eine merkbar effizientere Kapazitätsausnutzung der verbauten Akkus. Durch die flexibel wählbare Stärke der Rückladung ist ein gezieltes Fahren möglich. Das energiesparende Fahren wird durch die bewusste Einflussnahme auf die Akkukapazität erfahrbar und schnell erlernbar. Beispielsweise schränkt die Nutzung der Heizung, des Lichtes und der Klimatisierung direkt die Kapazität und damit die fahrbare Reichweite ein.

5 WIRTSCHAFTLICHKEIT UND CO₂-EINSPARPOTENZIAL

Die Wirtschaftlichkeit und die CO₂-Einsparpotenziale sind die Hauptverkaufsgründe für e-mobile Fahrzeugkonzepte. Um die Größenordnung dieser Sektoren im Praxistest beziffern zu können, werden diese hier am Beispiel des i-MiEVs berechnet und dargestellt. Für die Wirtschaftlichkeit sind zurzeit die Investitionskosten sowie die unterschiedlichen Kosten für Energieverbrauch ausschlaggebend.

Während für konventionelle Fahrzeuge Wartungen, wie Ölwechsel, Zündkerzen und weiteres anstehen sind dies bei e-mobilen Fahrzeugen die Prüfung der Hochvolt-Batterie und des Elektromotor-Kühlsystem. Darüber hinaus benötigt die Wartung eines e-mobilen Fahrzeuges Zeit für die Entsperrung der Sicherheitsvorrichtungen der Elektrik. Hier wird allerdings auch in Betracht gezogen, dass die Wartungskosten zurzeit relativ hoch angesetzt werden, da e-mobile Fahrzeuge noch eine Ausnahme in Werkstätten bilden.

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit sind in Tabelle 5-1 dargestellt. Die hohen Finanzkosten überlagern die nur halb so hohen Fahrkosten, während Kosten durch Wartung und Versicherung gleich hoch angesetzt wurden. Auch die Steuerbegünstigung von 5 Jahren Steuerfreiheit hat kaum Einfluss auf die Gesamtwirtschaftlichkeit.

Um günstiger als der vergleichbare „i“ zu sein, muss bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km im Jahr der Kaufpreis auf 17.000 € sinken. Erhöht sich die jährliche Laufleistung auf 25.000 km, so beträgt der grenzwertige Kaufpreis 19.000 €. Bei einem unverändertem Kaufpreis von 35.000 € muss die Fahrleistung auf 89.000 km im Jahr steigen um hier konkurrenzfähig zum vergleichbaren konventionell angetriebenen Modell zu sein. Da dies in absehbarer Zeit kaum realisierbar sein wird, ist eine Wirtschaftlichkeit nicht gegeben.

Tabelle 5-1: Wirtschaftlichkeit – Mitsubishi i-MiEV

		Mitsubishi i MiEV	Mitsubishi i
Hubraum	[ccm]	-	660 ccm
Leistung	[PS] / [kW]	64 PS (49 kW)	57 PS (42 kW)
Drehmoment	[Nm]	180	84
Verbrauch	[kWh/100 km] / [l/100 km]	17,6	5,2
Kaufpreis	[€]	35.000	13.500
Finanzkosten			
Darlehensbeitrag	[€]	35.000	13.500
Laufzeit	[a]		7
Zinssatz	[%]		5
Annuität	[€/a]	5.936,24	2.289,69
Steuern	[€/a]	12,86	52,00
E-Autos sind 5 Jahre von der Steuer befreit, hier wird die jährliche Belastung auf die Laufzeit des Kredites umgerechnet			
Versicherung	[€/a]		300
Wartung	[€/a]		245
Fahrkosten			
Laufleistung	[km/a]		15.000
Energiekosten	[€/kWh] [€/l]	0,24	1,60
Verbrauchskosten	[€/100 km]	4,22	8,32
	[€/a]	633,60	1.248,00
Summe der Kosten	[€/a]	7.127,70	4.134,69
	[€/km]	0,48	0,28

Die CO₂-Einsparung, dargestellt in Tabelle 5-2, durch das e-mobile Fahren ist erheblich. Allerdings auch nur, wenn mit erneuerbarem Strom geladen wird. Wird für das Aufladen Strom nach dem aktuellen deutschen Kraftwerksmix genutzt, so wird in dem angegeben Szenario 1,545 t CO₂ im Jahr emittiert. Mit einem konventionellen Antrieb bei vergleichbaren Daten wären es 1,71 t CO₂ im Jahr. Steigt der Strombezug jedoch auf erneuerbaren Energien so ist hier eine CO₂-Emission von nur 75 kg CO₂ im Jahr darstellbar.

Tabelle 5-2: CO₂-Emissionen

		Mitsubishi i MiEV	Mitsubishi i
CO ₂ -Emission (dt. Strommix/fossil)	[g/km]	103	114
CO ₂ -Emission (EE-Strom)	[g/km]	5	
Laufleistung	[km/a]		15.000
CO ₂ -Emission (dt. Strommix/fossil)	[t/a]	1,545	1,71
CO ₂ -Emission (EE-Strom)	[t/a]	0,075	
CO ₂ -Emission über die Lebenszeit (10 Jahre)	[t]	15,45	17,1
CO ₂ -Emission über die Lebenszeit (10 Jahre) mit EE-Strom	[t]	0,75	

* CO₂-Emission mit deutschem Kraftwerksmix: 580 g CO₂/kWh_{el}

* CO₂-Emission mit EE-Strom: 30 g CO₂/kWh_{el}

Ebenso zeigt die Darstellung der Amortisation in Abbildung 5-1, dass der i-MiEV sich faktisch zurzeit nicht amortisieren kann. Die theoretische Amortisation liegt jenseits von 24 Jahren. In dieser Zeit ist ein nötiger Tausch der verbauten Akkumulatoren wahrscheinlich.

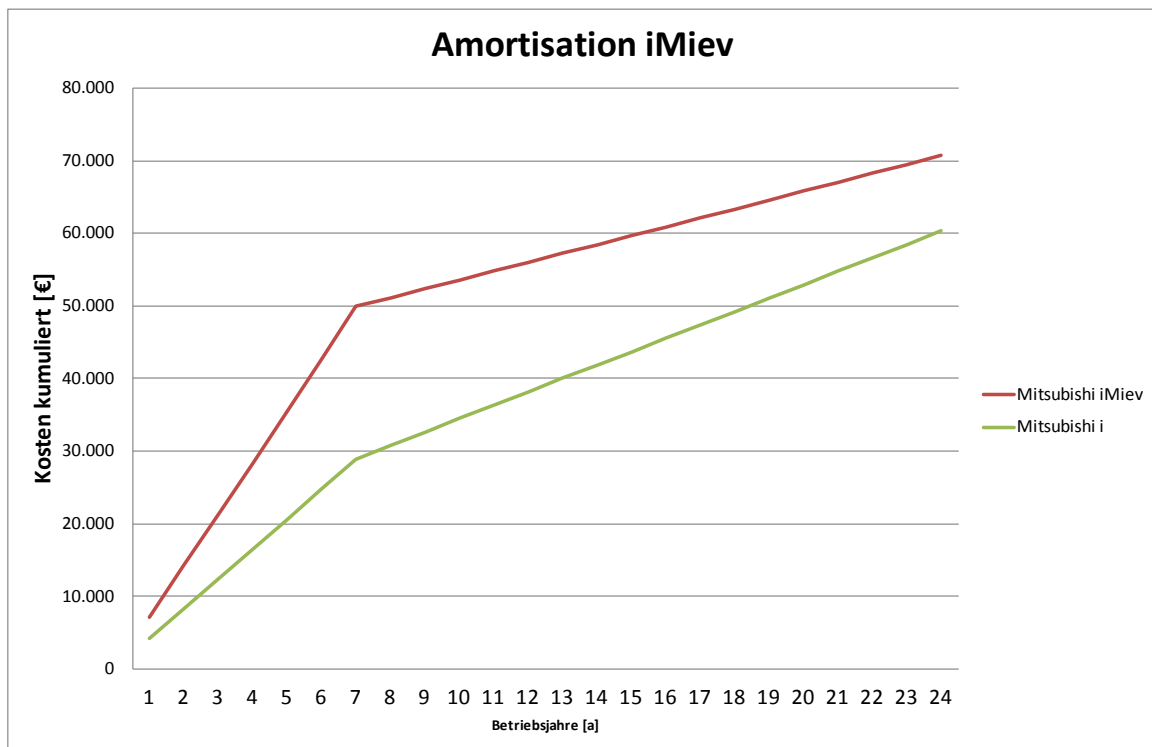


Abbildung 5-1: Amortisation i-MiEV

Nimmt man für den i-MiEV optimale Bedingungen an, wie sie beispielsweise bei einer jährlichen Fahrleistung von 25.000 km im Jahr und einem Einkaufspreis von 19.000 € wären, so wäre die Amortisation im Vergleich zum Benzin betriebenen i von Mitsubishi bereits von Anfang an gegeben und würde merklich günstiger nach Wegfallen der Finanzkosten werden. Dies ist in Abbildung 5-2 dargestellt.

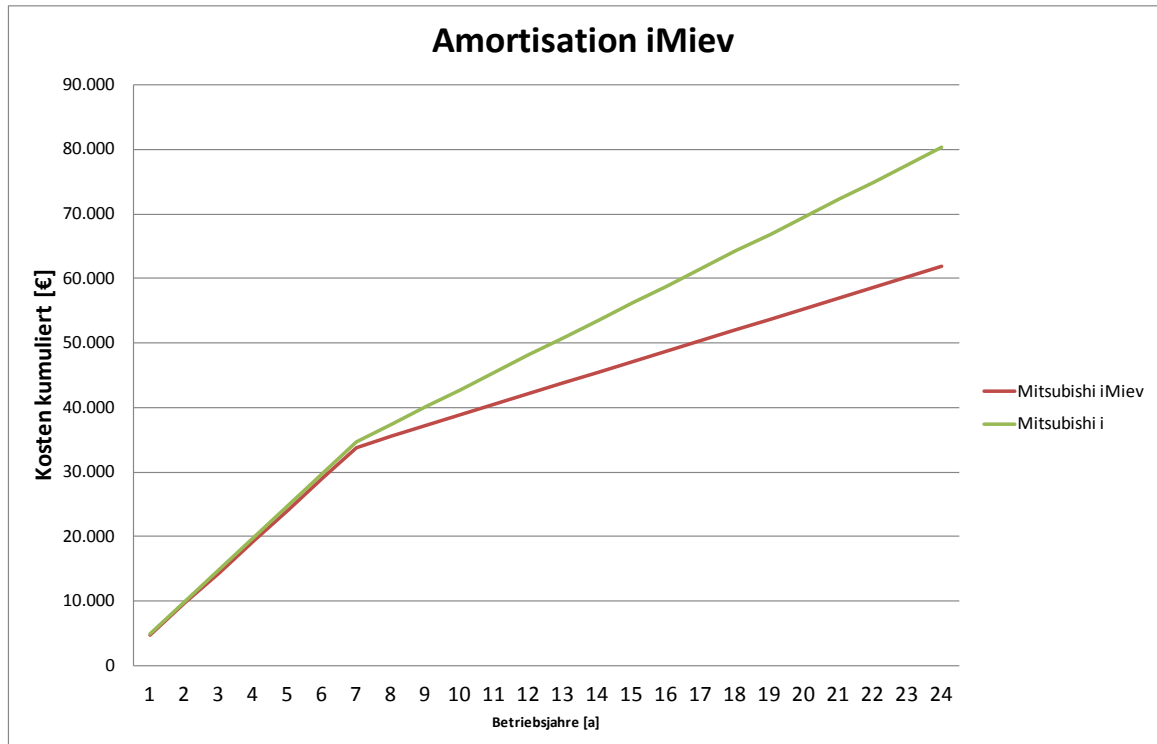


Abbildung 5-2: Amortisation i-MiEV – unter günstigen Bedingungen (25.000 km /a, angenommener (nicht realer) Kaufpreis 19.000 €)

6 ZUSAMMENFASSUNG

Im Zeitraum von Juli - September 2011 stellten die Stadtwerke Münster dem e-Mobilitätszentrum der Fachhochschule Münster jeweils für einige Wochen einen Iseki/Mega e-City und einen Mitsubishi i-MiEV zu Testzwecken zur Verfügung.

Der Vergleich der beiden Fahrzeugkonzepte zeigt, dass durch geschickt gewählte Ausstattungsmerkmale und Qualität der Verarbeitung auch das e-mobile Fahren im Mitsubishi i-MiEV als Alternative zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen attraktiv sein kann.

Inbesondere die sofort verfügbare Motorleistung auch bei niedrigen Drehzahlen ermöglicht beim e-mobilen Fahren mehr Agilität und Fahrspaß.

Nichts desto trotz zeigen sich hier auch deutlich die Nachteile durch die Reichweitenbeschränkung. Hier besteht noch ein erhöhter Forschungs- und Entwicklungsbedarf in der Effizienz der Elektromotorenteknik und der Kapazitätserhöhung der Akkumulatoren. Im direkten Vergleich beider Fahrzeuge ist hier die Rekuperation, also die Rückgewinnung von Energie aus der Bremskraft beim i-MiEV zu nennen. Diese ermöglicht merklich erhöhte Reichweiten und bessere Energieausschöpfung.

Die wirtschaftliche Berechnung zeigt, dass eine Wirtschaftlichkeit aufgrund der hohen Investitionskosten bei dem i-MiEV sich zurzeit nicht darstellen lässt. Hier ist noch ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf nötig, der es ermöglicht Akkumulatoren preisgünstig produzieren zu können. Nur so können die Vorteile durch die rund halb so hohen Fahrkosten und die überzeugenden CO₂-Einsparungen genutzt werden.

Insgesamt zeigen die Fahrerfahrungen, dass die Elektromobilität mit Automobilen unmittelbar an der Schwelle zur Marktreife steht, die mit e-Fahrrädern und e-Rollern bereits erreicht ist. Durch den zu erwartenden Wettbewerb werden die derzeit noch relativ hohen Anschaffungskosten für die e-Automobile in wenigen Jahren ein Niveau erreicht haben, das eine wirtschaftliche Anwendung zulässt und somit die Massenproduktion mit dem entsprechenden Absatz erwarten lässt.

Wir danken den Stadtwerken Münster sehr für die vorübergehende Überlassung und die bemerkenswerten Praxiserfahrungen mit den Fahrzeugen.

7 VERZEICHNISSE

7.1 Quellen

- [1] <http://www.auto-motor-und-sport.de/bilder/mitsubishi-i-miev-und-smart-fortwo-ed-im-vergleichstest-1761559.html> (Zugriff am 25.09.2011)