

16.07.2015 Ein Panda als i3 Schreck

Ein Panda als i3 Schreck? Wohl ein Scherz, oder? Ganz im Gegenteil. Völlig ernst gemeint. Tierisch ernst. Natürlich muss man den kleinen Panda ein wenig aufpäppeln, damit er Schrecken verbreiten kann. Aber alles im Rahmen des Tierschutzgesetzes.

Beginnen wir beim i3 und sehen uns einmal seine technischen Daten und seine besonderen Vorzüge an. Demgegenüber stellen wir den Panda, so wie ihn die Natur erschuf, also ohne Aufbautraining und Aufputzmittel.

Technische Daten:

		BMW i3		Fiat Panda original
		Elektromotor	Range Extender	1.2 8V
Nennleistung	PS (kW)	170 (125)	38 (28)	69 (51)
Getriebe		Automatik		5-Gang man.
Antriebsart		Heckantrieb		Frontantrieb
Batteriekapazität nutzbar	kWh	18,8		
Tankinhalt	Liter			37
Reifengröße		155/70 R 19		175/65 R 14
Länge	mm	3.999		3.653
Breite	mm	1.775		1.643
Höhe	mm	1.578		1.551
Radstand	mm	2.570		2.300
Spurweite	mm	1.571		1.520
Wendekreis	m	9,86		9,3
Leergewicht	kg	1.270	+ 120	980
Vmax	km/h	150		164
Beschleunigung 0 - 100 km/h	s	7,9		14,2
Verbrauch sparsame Fahrweise	kWh/100 km	12,9		5,2
Verbrauch sparsame Fahrweise	L/100 km			5,2
Reichweite sparsame Fahrweise	km	150	+ 150	650
Reichweite Winter	km	90	+ 150	650
Ladedauer 230 Volt / 3 kW	h	7,5		
Grundpreis ohne Extras	€	34.950	39.450	8.850

Jeder um Ernsthaftigkeit bemühte Journalist musste seinen "Senf" zu dieser "Revolution" (O-Ton BMW) geben. Dementsprechend zahllos sind inzwischen die Testberichte. Folgende Aspekte haben es den Testern ganz besonders angetan:

1. **Das Geräusch:** Leise und nervenschonend arbeitet der Elektroantrieb. Dank der Trennung von Chassis und Karosserie bleiben auch die Fahrgeräusche niedrig - trotz der als Geigenkasten wirkenden Carbon-Karosserie.
2. **Der ansatzlose, enorme Schub:** Beim Tritt auf das Strompedal beschleunigt der i3 sensationell, besonders für einen Kleinwagen. In der Stadt macht das richtig Spaß. Problematisch ist nur, dass nach mehreren Be-

schleunigungen die Leistung auf 75 kW zurückfährt, um den Antrieb nicht zu überlasten. Nicht zu vergessen die Reichweite, die unter dieser Fahrweise leidet.

3. **Die hervorragende Straßenlage:** Trotz der schmalen Reifen. (Früher hätte man sie spöttisch "Asphalt-schneider" genannt.) Laut BMW eine Folge des niedrigen Schwerpunktes. Es lässt aber auch noch eine andere Interpretation zu.
4. **Der niedrige Verbrauch:** Sämtliche Elektrofahrzeuge gehen sehr sparsam mit ihren wertvollen Elektronen um. Der i3 macht hierbei keine Ausnahme.

Das sind exakt die Herausforderungen, denen sich ein Fiat Panda stellen muss, will er als i3 Schreck Furore machen.

1. Das Geräusch

Beginnen wir mit dem einfacheren, dem Geräusch. Wenn Sie sich die Mühe machen, auf die Geräuschentwicklung moderner Personenwagen zu achten, stellen Sie folgende Zusammenhänge fest:

1. Für die Bereifung gilt: Je breiter desto laut. Breitreifen sind steifer, haben eine weichere Gummimischung und meistens eine stärkere Negativprofilierung. Alle drei Faktoren zusammen führen zu einem enorm lauten Abrollgeräusch.
2. Für das Gewicht gilt: Je schwerer desto laut. Das Fahrzeuggewicht verschärft die unter 1. genannten Faktoren. Den traurigen Rekord markieren große, schwere SUVs mit geländegängiger Profilierung.
3. Beim Motor gilt: Je mehr Leistung und je sportlicher desto laut. Dieselmotoren sind generell lauter als Benziner.

Will man ein sehr leises Fahrzeug entwickeln, braucht man schmale Reifen, ein niedriges Gewicht und einen Benzinmotor mit wenig Leistung. Der naturbelassene Panda verfügt genau über diese Eigenschaften. Allerdings bekommen wir jetzt ein Problem mit dem Motor, denn eine Beschleunigung von 14,2 Sekunden auf 100 km/h ist lächerlich. Da muss etwas geschehen, und nicht zu knapp. Diesem Aspekt widmen wir uns in Kapitel 2, der Leistung. Mit der Bereifung des i3 und einem Gewicht unterhalb des i3 ist das Thema Geräusch für den Panda damit (bis auf den Motor) erledigt.

2. Schub und Beschleunigung

Um eine Beschleunigung von rund 8 Sekunden auf 100 km/h zu erreichen, müssen wir motorseitig tief in die Trickkiste greifen. Als erstes überlegen wir uns, wie schwer das Fahrzeug im Endeffekt werden wird. Bei 980 Kilogramm wird es nicht bleiben. Für Motor und Antriebsstrang sollten wir ein Mehrgewicht von etwa 100 Kilogramm veranschlagen, für Fahrwerk und Karosserie 50 Kilogramm. Diese Schätzung ist reichlich konservativ. Sie beinhaltet keinerlei kostspielige Leichtbaumaterialien oder sonstige Leichtbaumaßnahmen. Das ergibt ein Endgewicht 1.130 Kilogramm.

Um eine Masse von 1.130 kg in 8 Sekunden auf 100 km/h zu beschleunigen, benötigt man ca. 150 PS. Das bedeutet, den Motor ordentlich aufzufrisieren. Entweder durch einen größeren Hubraum (mindestens 1.600 cm³) oder mit Hilfe eines Abgasturboladers. In beiden Fällen steigt der Verbrauch ordentlich an, geschätzt auf etwa 7 L/100 km.

Man kann sich jetzt damit abfinden, oder sich eine Alternative ausdenken, die folgendermaßen aussieht:

Der i3 weist eine Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h auf. Dafür benötigt er aber keine 170 PS, sondern etwa die Hälfte. Die Höchstgeschwindigkeit ist also künstlich begrenzt, um die Bauteile des Antriebs (Batterie, Leistungselektronik und E-Motor) zu schonen. Der Rest der Leistung kommt immer nur kurzzeitig zum Einsatz - beim Beschleunigen.

Diesen Sachverhalt können wir beim Panda auch nutzen. Den Basismotor tunen wir ganz moderat von 69 auf 75 PS. Für die Beschleunigung lassen wir uns etwas einfallen, und zwar das situationsorientierte, temporäre Boosten. Dafür stehen uns mehrere Methoden zur Verfügung:

Bewertung der Methoden zur kurzzeitigen Leistungssteigerung *					
Rang	Methode	Kostenprognose	Gewichtsprognose	CO2-Prognose	Realisierungspotential
6	Lachgas	neutral	geringes Mehrgewicht	untauglich	Realisierung wg. CO2 nicht sinnvoll
5	Nitromethan	neutral	neutral	untauglich	Realisierung wg. CO2 nicht sinnvoll
4	Sauerstoff	neutral	geringes Mehrgewicht	-30%	Gering! Problem: Verfügbarkeit von Sauerstoff an Tankstellen.
3	Kompressor mit Kupplung	neutral	neutral	-30%	Gering wegen mangelnder Flexibilität
2	Elektromechanischer Kompressor	geringe Mehrkosten	geringes Mehrgewicht	-30%	Theoretisch problemlos umsetzbar
1	Zusätzliche Elektromaschine	deutliche Mehrkosten	deutliches Mehrgewicht	-45%	Als Hybrid heute schon Stand der Technik

* Im Vergleich zum Ausgangsprodukt mit Benzinmotor; Maßnahmen: -Reduzierung Vmax, - Entfall Abgasturbolader, - Segeln, - Zylinderabschaltung

Um die Sache nicht unnötig zu verkomplizieren beschränken wir uns auf Methode 2, den elektromechanischen Kompressor. Dieser sitzt im Kofferraum, und ist mit einer langen Leitung mit dem Verbrennungsmotor verbunden. Er läuft nur, wenn er gebraucht wird - beim Beschleunigen. Am Ende des Beschleunigungsvorgangs geht er wieder in den Standby-Modus. Seine Arbeit endet ebenfalls bei Erreichen der 150 km/h Marke. Alles Übrige erledigt der Benzin-Saugmotor.

Natürlich müssen wir den Benzinmotor an die kurzzeitige Leistungsspritze anpassen. Die mechanischen Elemente werden entsprechend verstärkt. Im Gegenzug eröffnen sich aber auch einige Erleichterungen. Die enorme Steigerung des Drehmomentes mittels Aufladung senkt die Drehzahl. Ebenso das 6-Gang Doppelkupplungsgetriebe und die Beschränkung auf 150 km/h. Der Basis-Saugmotor bewegt sich deshalb die meiste Zeit in einem niedrigen und engen Drehzahlfenster, fast wie ein Stationärmotor. Man kann ihn deshalb problemlos auf hohes Drehmoment und geringen Verbrauch bei niedrigen Drehzahlen optimieren. Das geschieht durch die Abstimmung der Ventilerhebungen, der Saugrohr- und Auspuffabstimmung. Aufwendige Ventil- oder Nockenverstellungen sind nicht erforderlich.

Den elektromechanischen Kompressor versorgen wir mit dem ganz normalen 12 Volt Bordnetz. Er muss nicht im Millisekundenbereich hochgefahren werden. Das gelingt nur mit extrem hoher Leistung und zwingt das Bordnetz in die Knie. Wir haben es aber immer noch mit einem Saugmotor zu tun, bis der Kompressor seine Wirkung entfaltet. Und ein Saugmotor spricht bekanntlich spontan und ohne Zeitverzug auf Gaspedalbefehle an.

3. Die Straßenlage

Agil, wendig, neutral im Grenzbereich, mit erstaunlich hoher Querbesehleunigung in Anbetracht der schmalen Reifen. So lauten übereinstimmend die Urteile der Testfahrer. Da kann der Panda Natur nicht mithalten. Verantwortlich für die tolle Straßenlage ist laut BMW fast ausschließlich der tiefe Schwerpunkt. Ganz klar, eine tiefe Schwerpunktlage hilft. Es gibt aber auch im Bereich der Kleinfahrzeuge mit Frontantrieb einige Exemplare mit hervorragenden Handlingeigenschaften, z.B. den Mini ebenfalls aus dem Hause BMW.

Quizfrage: Was unterscheidet den Mini von seinen Konkurrenten?

Antwort: Ein langer Radstand, eine für Frontantrieb verhältnismäßig niedrige Vorderachslast, eine direkte Lenkung und eine aufwendige Hinterachskonstruktion. Das sollte man beim Panda auch hinbekommen.

Radstand: Der i3 misst 3.999 mm in der Länge, der Panda 3653 mm. Verlängert man den Panda auf i3 Maß, wächst der Radstand automatisch auf 2.517 mm. Zum i3 fehlen noch 53 mm, die sollte man dem Panda noch

gönnen. Dann ist man auf der sicheren Seite. Das folgende Bild zeigt einen maßstäblichen Vergleich der beiden Kontrahenten.



Oben Panda Natur

Unten Panda S

BMW i3

Achslastverteilung: Der i3 mit Heckmotor und Heckantrieb hat die schweren Komponenten hinten. Bekanntlich ist eine leichte Vorderachse für ein agiles Handling äußerst vorteilhaft. Für Frontriebler ist eine derartige Verteilung unerreichbar, aber auch nicht erforderlich - siehe Mini. Was man für ein agiles und neutrales Verhalten anstreben muss ist eine Verteilung v/h von 55/45. Das gelingt durch den Verzicht auf Abgasturbolader, einen kurzen vorderen Überhang und den Einbau des elektrischen Laders im Heck.

Direkte Lenkung: Wenn bei 150 km/h Schluss ist, kann man gefahrlos die Lenkung sehr direkt auslegen. Zusammen mit dem kleinen Wendekreis ist das ein unschätzbare Vorteil.

Aufwendige Hinterachse: Was der Mini kann, kann der Panda auch, es kostet einfach etwas mehr.

Um das Thema Straßenlage abzurunden muss man evtl. die Karosseriesteifigkeit verbessern, was nicht ohne Mehrgewicht abgeht. Der i3 hat hier den unschätzbaren Vorteil des Aluminium-Chassis.

4. Der niedrige Verbrauch

Sämtliche Elektrofahrzeuge zeichnen sich durch einen niedrigen Verbrauch aus. Der i3 bildet da keine Ausnahme. 13,6 kWh elektrische Energie genehmigt sich der Elektroantrieb bei betont sparsamer Fahrweise. Nachdem ein Liter Benzin energetisch ziemlich genau 9 kWh entspricht, errechnet sich daraus ein Benzinäquivalent von 1,5 Liter/100 km. Die Energie zum Aufladen ist dabei nicht berücksichtigt. Bei einem Ladeverlust von 25 Prozent* ergibt das **18 kWh bzw. 2,0 L/100 km**.

* <http://www.motor-talk.de/news/die-rechnung-bitte-t5289606.html>

An diese Werte kommt der Panda natürlich nicht heran, selbst wenn man sämtliche bekannten Register zieht. Aber das muss er auch nicht, denn dieser Vergleich ist reichlich unfair. Bei solchen Betrachtungen muss man den Energieaufwand **Well to Wheel**, also vom Bohrturm bis zur Fahrbahn betrachten.

Wirkungsgrad Elektrofahrzeug:

Sehen wir uns zunächst den i3 an. Er bezieht seine Energie aus der Steckdose. Die Frage lautet: Wie kommt der Strom in die Steckdose?

Stromerzeugung: Zunächst muss der Strom erzeugt werden. Der Gesamtwirkungsgrad aller Kraftwerke einschließlich der Erneuerbaren Energien beträgt 50 Prozent. Davon sind noch 5 Prozentpunkte für Förderung und

Transport abzuziehen, also bleiben noch **45 Prozent**.

Stromtransport: Der Strom wird auf Höchstspannung transformiert (95%), auf die Reise geschickt (90%), und stufenweise auf 220 Volt runter transformiert (90%). In Summe vom Kraftwerk zum Verbraucher ein Wirkungsgrad von **77 Prozent**.

Der Wirkungsgrad von der Stromerzeugung bis zur Steckdose beträgt demnach **35 Prozent** ($(45 * 77)/100$). Um also 18 kWh elektrische Energie für 100 Kilometer an die Steckdose zu liefern, benötigt man **51 kWh Primärenergie**.

Wirkungsgrad Benzinmotor:

Der Panda Natur verbraucht 5,2 Liter Benzin = 47 kWh auf 100 Kilometer. Die Modifikationen an Motor, Getriebe und Fahrwerk senken den Verbrauch um mindestens 0,7 Liter/100 km. Unterstützt wird die Abmagerungskurve durch Direkteinspritzung, bedarfsorientierte Nebenaggregate, Start-Stopp-Automatik und Segeln, was eine weitere Reduktion von 0,5 L/100km entspricht. Ein Verbrauch von **4,0 Liter bzw. 36 kWh pro 100 km** für ein Fahrzeug mit einer Endgeschwindigkeit von 150 km/h ist sicherlich kein Hexenwerk.

Fairerweise müssen wir die Verluste bei der Gewinnung und Raffinierung von Kraftstoff noch berücksichtigen. Beim Benzinmotor rechnet man mit einem Wert *Well to Tank* von 82 Prozent. Im Endeffekt ergibt sich ein Primärenergieverbrauch von **44 kWh/100 km**.

Beim Verbrauch von Primärenergie - Vorteil Panda.

Zwei Punkte sollten wir im Kapitel Verbrauch und CO₂ noch klären.

1. Warum kein Dieselmotor?

Ließen sich mit einem Dieselmotor nicht problemlos 3 L/100 km erreichen? Leider nein, denn der Trick mit der temporären Aufladung würde nicht annähernd so gut funktionieren. Und ein Dieselmotor mit 150 PS hätte bestimmt einen Verbrauch von 5 L/100 km. Außerdem macht uns die Geräuschentwicklung eines Selbstzünders einen Strich durch die Rechnung. ganz zu schweigen von den Kosten für die Schadstoffreduzierung.

2. Wenn die Aufladung mit Erneuerbaren Energien erfolgt, fährt dann der i3 nicht klimaneutral?

Leider nein, denn alle Verbraucher hängen am selben Netz. Ein Elektrofahrzeug kann keine anderen Elektronen aus dem Netz ziehen als alle anderen Verbraucher auch. Es sei denn, er hat ein eigenes Kraftwerk z.B. in Form von Solarzellen. Die dürfen aber nicht am Netz hängen so wie heute, sondern müssen exklusiv für das Fahrzeug reserviert sein. Das funktioniert in Deutschland nur tagsüber im Sommer bei Sonnenschein - exakt dann, wenn das Fahrzeug meistens unterwegs ist. Das heißt fast nie. Das sind Visionen von Träumern und Phantasten, die von Physik und Mathematik keine Ahnung haben.

Weitere Unterschiede:

- **Wendekreis:** Der Wendekreis des Natur-Panda ist kleiner als der des i3. Mit den großen Rädern sind die beiden vermutlich identisch.
- **Türkonzept:** Die Türen des i3 sind denkbar unpraktisch, im Gegensatz zu den konventionellen Türen des Panda.
- **Reichweite:** Bleibt es bei einem Tankinhalt von 37 Litern, steigt die Reichweite des Panda auf satte 900 Kilometer. Selbst mit Range Extender schafft der i3 nur maximal 300 Kilometer, davon 150 Kilometer allein mit dem RE. Für eine längere Reise sollte man sich die Tankstopps gut einteilen. Außerdem beträgt die Höchstgeschwindigkeit mit RE lediglich 120 km/h.
- **Heizung:** Im Winter reduziert die Heizung die Reichweite je nach Temperatur auf jämmerliche 70 bis 100 Kilometer. Der Panda hat ein dickes Fell. Ihm macht Kälte nichts aus.
- **Klimatisierung:** Erfahrungsberichte über den Energieverbrauch des Klimakompressors an heißen Tagen stehen noch aus. Er dürfte nicht unerheblich sein.

- **Verfügbarkeit:** Hängt der i3 an der Stromzapfsäule, und das tut er die meiste Zeit, ist er nicht oder nur eingeschränkt verfügbar.
- **Betriebs-Komfort:** Das ständige Fummeln mit den Kabeln bei E-Mobilen wird sehr schnell lästig. Das ist der Autofahrer heutzutage nicht gewohnt. Einsteigen und Losfahren lautet die Devise.
- **Herstellkosten:** Einen Panda zum i3 Schreck aufzupäppeln gelingt nicht ganz umsonst. Für Antrieb und Fahrwerk muss man schon etwas springen lassen, vielleicht in der Größenordnung von 50 Prozent der ursprünglichen Kosten. Ebenfalls kostenträchtig ist eine Aufwertung der Innenausstattung auf i3 Niveau. Sie verschlingt weitere 20 Prozent. Der Verkaufspreis klettert dann um 70 Prozent auf 15.000 Euro.
- **Nachhaltigkeit:** Die Herstellung des i3 verbraucht eine Menge Energie und Rohstoffe. Ein schlüssiges Recyclingkonzept von Carbon-Elementen ist (fragwürdige) Zukunftsmusik, ebenso das Recycling der Lithium-Ionen-Batterien; hoch legiertes Aluminium lässt sich zwar einschmelzen, eignet sich aber dann nur noch für minderwertige Anwendungen. Das Selten Erden-Material aus dem Elektromotor ist nicht wiederverwendbar, das Kupfer dagegen schon.
Wesentlich besser sieht die Lage beim Panda aus. Exotische Materialien werden nicht eingesetzt. Das Karosserieblech kann wieder für Karosseriebauteile verwendet werden. Der Rest wird auf den üblichen eingefahrenen Wegen wiederverwertet und entsorgt.

Endergebnis:

Zum Schluss stellen wir wieder die technischen Daten gegenüber. Die Spalte mit dem Range Extender lassen wir weg, denn der RE ist keine wirkliche Lösung für das Reichweitenproblem.

		BMW i3	Fiat Panda S
		Elektromotor	1.2 8V
Nennleistung	PS (kW)	170 (125)	75/150 (55/110)
Getriebe		Automatik	6-Gang DKG
Antriebsart		Heckantrieb	Frontantrieb
Batteriekapazität nutzbar	kWh	18,8	
Tankinhalt	Liter		37
Reifengröße		155/70 R 19	155/70 R 19
Länge	mm	3.999	3.999
Breite	mm	1.775	1.775
Höhe	mm	1.578	1.578
Radstand	mm	2.570	2.570
Spurweite	mm	1.571	1.571
Wendekreis	m	9,86	9,86
Leergewicht	kg	1.270	1.130
Vmax	km/h	150	150
Beschleunigung 0 - 100 km/h	s	7,9	7,9
Verbrauch sparsame Fahrweise	kWh/100 km	12,9	4,0
Verbrauch sparsame Fahrweise	L/100 km		4,0
Verbrauch Well to Wheel	kWh/100 km	51	44
Reichweite sparsame Fahrweise	km	150	900
Reichweite Winter	km	90	900
Ladedauer 230 Volt / 3 kW	h	7,5	
Grundpreis ohne Extras	€	34.950	15.000

Fehlt nur noch eine komprimierte Übersicht über die Vor- und Nachteile des jeweiligen Konzepts.

	I3	Panda S
Elektrisch Fahren	+++	
Geräusentwicklung	+	
Beschleunigung	+	
Straßenlage	+	
Verbrauch		+
Reichweite		+++
Verfügbarkeit		+++
Betriebs-Komfort		+++
Nachhaltigkeit		+++
Herstellkosten		+++

+ leichter Vorteil ++ mittlerer Vorteil +++ erheblicher Vorteil

Zusammenfassung

Eines kann der Panda S nicht - elektrisch Fahren. Ansonsten ist er bis auf kleine Nachteile bei unerheblichen Kriterien in allen wichtigen Punkten haushoch überlegen. Stellt sich die Frage, warum niemand solche Fahrzeuge baut. Ganz einfach, weil außer elektrisch Fahren die Kriterien des I3 für den Kunden irrelevant sind. Warum werden dann überhaupt Elektrofahrzeuge gebaut, wenn sie keinen Vorteil bieten? Weil die meisten Menschen immer noch an das Märchen von der Umweltfreundlichkeit glauben. Sogar Techniker und Journalisten, Politiker sowieso.

Wie geht es weiter?

Um auch das Manko von der fehlenden elektrischen Fahrweise zu entkräften, stellen wir hier demnächst eine Hybridvariante vor. Der Elektromotor übernimmt dabei die Rolle der kurzzeitigen Leistungsspritze, der elektromechanische Lader entfällt, der Verbrennungsmotor bleibt weitgehend unverändert.

Jacob Jacobson