

### Rückblick Panda 1: Temporäres Boosten

Im ersten Teil der Geschichte BMW i3 gegen Fiat Panda wurde gezeigt, wie man bei einem gutmütigen Knuddeltier **bei Bedarf** das Raubtier erwecken kann. Die Betonung liegt auf dem Zusatz „**bei Bedarf**“. Der Grundcharakter soll sich auf keinen Fall verschlechtern, eher noch verbessern. Die Kosten sollen, wenn überhaupt, nur moderat steigen. Das gelingt durch folgende Maßnahmen:

- Situationsorientiertes, temporäres Boosten mittels elektrischem Kompressor
- Verbrennungsmotor als Saugmotor; Verzicht auf Abgasturbolader
- Auslegung auf hohen Wirkungsgrad bei niedrigen Drehzahlen
- Großer Hubraum und niedrige Literleistung => 75 PS bei 1,5 L
- Verzicht auf kostspielige Ventilzeitenverstellungen
- Vmax 150 km/h (wie i3)
- 5-Gang Doppelkupplungsgetriebe

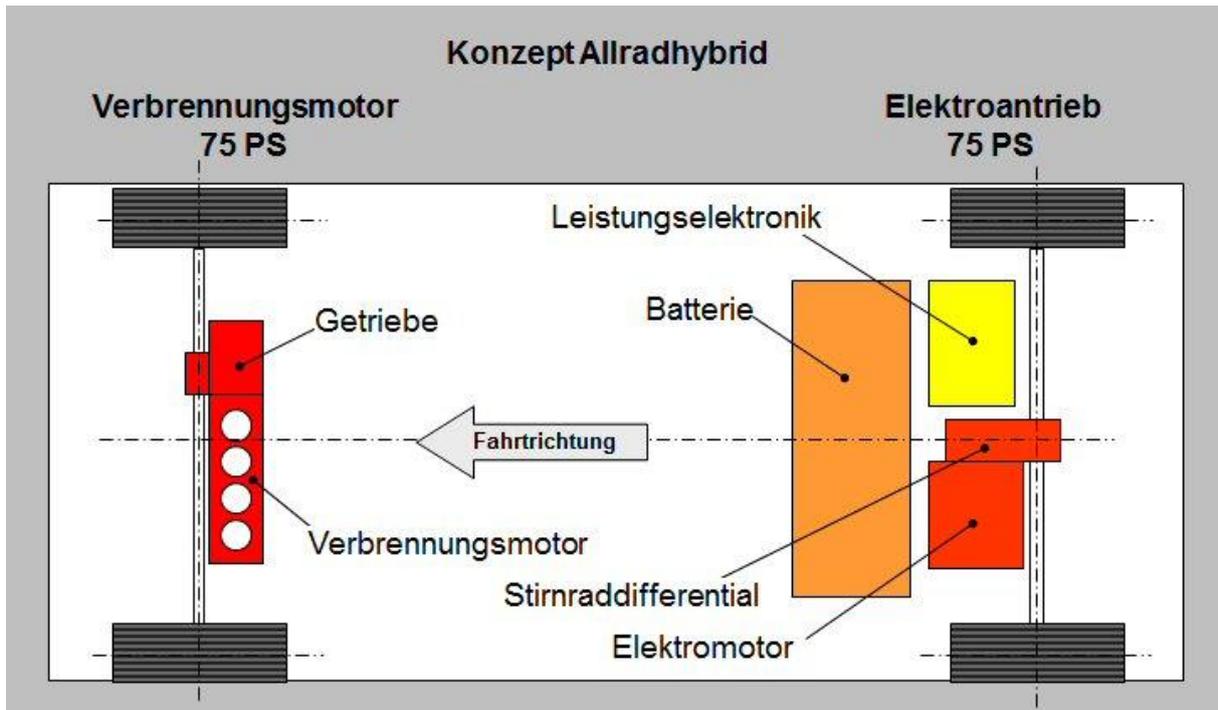
Der Verbrennungsmotor arbeitet so oft wie möglich im Bereich seines besten Wirkungsgrades. Solange keine hohen Leistungen verlangt werden, ist der Saugmotor dem mit ATL aufgeladenen Motor überlegen. Für die seltenen Fälle, in denen mehr Leistung gebraucht wird, springt der elektrische Lader ein. In diesen kurzen Zeitspannen mutiert der Saugmotor zum aufgeladenen Aggregat. Die mechanische und thermische Mehrbelastung ist bei der Bauteildimensionierung zu berücksichtigen. An den Ventilsteuerzeiten oder am Verdichtungsverhältnis sind keine Änderungen erforderlich. Das spart enorm Kosten, die man besser in den elektrischen Lader und in ein DKG investiert.

### Panda Episode 2

Eines kann dieser mittels Kraftfutter aufgepäppelte Panda nicht: elektrisch Fahren, auch wenn die Strecke noch so kurz ist wie beim i3 im Winter beispielsweise. Um auch diesen Nachteil auszumerzen, beschäftigen wir uns hier mit einem zweiten Szenario, mit der Kraft der zwei Herzen, einem Hybridantrieb.

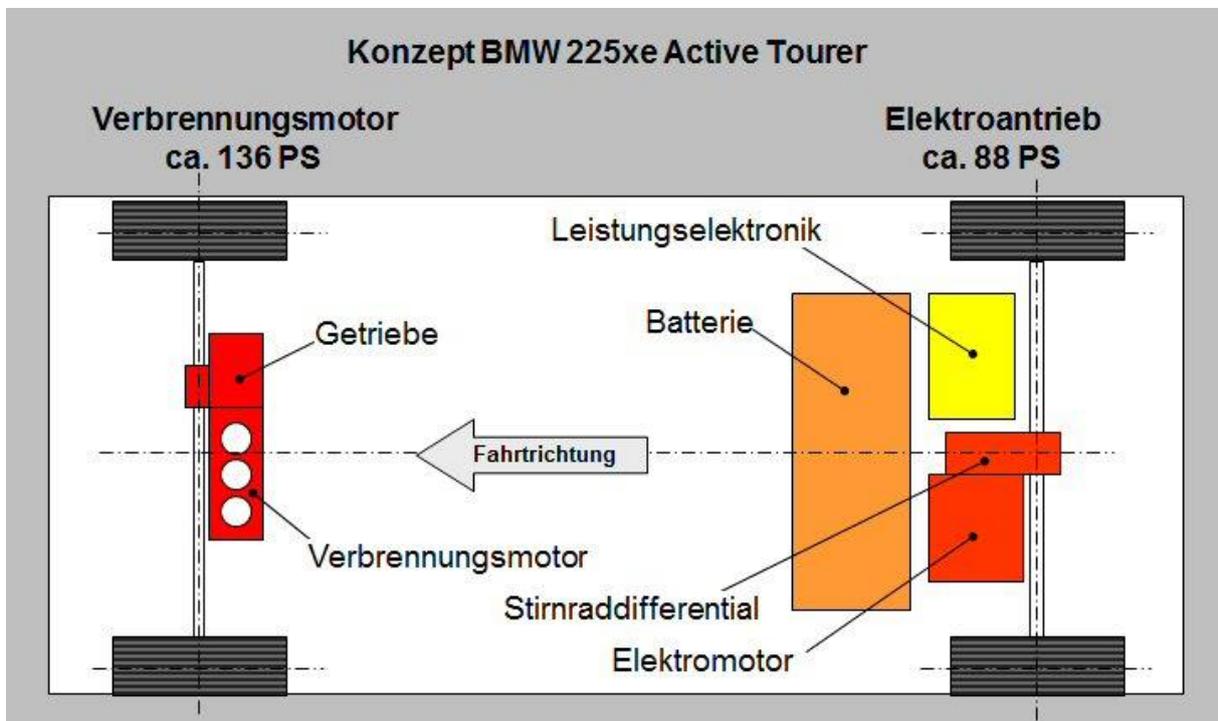
### Das Konzept

Der aus dem ersten Teil bereits bekannte Verbrennungsmotor bekommt Unterstützung durch einen Elektromotor mit gleicher Leistung, also 75 PS. Dieser treibt die Hinterachse an ohne zusätzliches Getriebe. Sein Arbeitsbereich beschränkt sich auf exakt 50 km/h. Der elektrische Kompressor kann entfallen. Dessen Rolle als Booster übernimmt der jetzt Elektromotor.



Im normalen Sprachgebrauch rangiert dieses Konzept unter dem Begriff „Plug-In-Hybrid“. Der Name Allradhybrid ergibt sich aus dem Umstand, dass man den Allradantrieb quasi als Abfallprodukt ohne Zusatzkosten und –aufwand „geschenkt“ bekommt. Die negativen Auswirkungen des konventionellen Allradantriebs auf Gewicht, Verbrauch und Kosten entfallen hier.

Ein ähnliches Konzept bietet BMW bereits in Serie an, den 225xe Active Tourer.



Die hauptsächlichsten Unterschiede bestehen in der Leistung, dem Gewicht und in den Kosten.

#### Datenvergleich

Warum, so könnte man nicht ganz zu Unrecht fragen, will der Autokritiker mit dem Plug-In-Panda das Rad neu erfinden? Die Antwort lautet: Der Preis des 325xe ist zu hoch. Dieses Modell basiert auf dem 218i Active Tourer. Der Hybridantrieb ist „einfach“ draufgesetzt, mit der Maßgabe, das Grundmodell möglichst wenig zu verändern. Dieses Vorgehen eignet sich hervorragend dafür, die Unterschiede zwischen den beiden Modellen herauszuarbeiten. Wir wollen wissen, was der zweite Antrieb kostet, wiegt usw., und welche Vorteile er mit sich bringt im Verbrauch, den Fahrleistungen etc.

		BMW 218i Active Tourer	BMW 225xe Active Tourer	BMW i3	Panda Plug in Hybrid
Verbrennungs-Motor		3-Zylinder Benzin	3-Zylinder Benzin	-	4-Zylinder Benzin
Hubraum	Liter	1,5	1,5		1,5
Leistung / Drehzahl	PS	136 / 4.400	136 / 4.400		75 / 2.500
Elektro-Motor Leistung	PS		88	170	75
Systemleistung	PS	136	224	170	150
Getriebe		8-Gg. Steptronic	8-Gg. Steptronic		5-Gg. sequentiell
Antriebsart		Frontantrieb	Verbr. Front Elektr. Heck	Heckantrieb	Verbr. Front Elektr. Heck
0 – 100 km/h	s	9,2	6,7	7,9	8,0
Vmax	km/h	205	202	150	150
Leergewicht	kg	1.445	1.735	1.300	1.350
Verbrauch sparsame Fahrweise	Liter/ 100 km	5,0	4,5		3,0
	kWh/ 100 km			12,9	
Reichweite Benzin	km	720	800		1.000
Reichweite elektrisch			41	150 - 200	50
Grundpreis	€	30.000	40.500	ca. 40.000	ca. 20.000
Elektroprämie	€		3.000	4.000	3.000

## 218i vs. 225xe

Der Datenvergleich zwischen 218i und 225xe liefert folgende Erkenntnisse:

- Der zusätzliche Elektroantrieb kostet ca. 10.000 Euro.
- Er wiegt etwa 300 kg.
- Der Verbrauch sinkt um 10 Prozent.
- Die Beschleunigung auf 100 km/h verbessert sich um 2,5 Sekunden.
- Die Endgeschwindigkeit bleibt gleich.

10.000 Euro bzw. 7.000 Euro nach Abzug der Elektroprämie – eine Menge Geld für einen um 10 Prozent niedrigeren Verbrauch und eine um 2,5 Sekunden bessere Beschleunigung. Da müssen als weitere Begründung das rein elektrische Fahren und der Allradantrieb herhalten.

Allradantrieb, elektrisches Fahren und die Elektroprämie gelten auch für den Plug-In-Panda. Wie aber der sensationelle Preis von 20.000 Euro zustande kommen soll, das bedarf einer ausführlichen Erläuterung.

### **Abspecken**

Vor dem Auffrisieren kommt das Abspecken. Die BMW Strategie, ein vorhandenes Modell mit Elektroantrieb nachzurüsten, ist natürlich sehr verlockend. Aber es bringt auch eine Reihe von Nachteilen mit sich. Denn die Vorzüge des Elektroantriebs können sich nur in Abstimmung mit dem Verbrennungsmotor optimal entfalten. Man muss den Antrieb vom ersten Federstrich an als Einheit verstehen, und nicht als zwei voneinander getrennte Partner, die „zufällig“ am gleichen Arbeitsplatz ihr Werk verrichten.

Beim 225xe ist der Verbrennungsmotor ein Dreizylinder Benzinmotor, der alles beinhaltet, was der moderne Motorenbau hergibt. Das sind verstellbare Steuerzeiten, verstellbare Ventilhübe, und natürlich, ganz wichtig, eine Abgasturboaufladung mit allem Drum und Dran. Eine 8-Gang Steptronic bringt seine Kraft auf die Vorderräder.

Dieser Aufwand ist beim Panda-Hybrid nicht notwendig. Die Leistung des Verbrennungsmotors muss lediglich ausreichen, die Vmax von 150 km/h zu halten. Dafür genügen 75 PS. Zur Beschleunigung springt dem Benziner die Elektromaschine bei. Ein großes nutzbares Drehzahlband ist also überflüssig. Unterstützt durch die Elektromaschine läuft der Verbrennungsmotor möglichst oft und lange im Bereich seines maximalen Wirkungsgrades. Und der liegt bei ungefähr 1/3 Höchstdrehzahl und einem hohen Drehmoment.

Konsequent setzen wir das Skalpell beim Abgasturbolader und den dazugehörigen Bauteilen an. Das spart eine Menge Gewicht, Kosten und Einbauraum. Als nächstes eliminieren wir ersatzlos die diversen Ventil- und Nockenverstellungen. Und schließlich ersetzen wir die teure und mächtige Steptronic durch ein schlankes sequenzielles Fünfganggetriebe ohne Ersten und Rückwärtsgang, aber mit automatischer Kupplung. Anfahren und Rückwärtsbewegung übernimmt die Elektromaschine. Die kann das ohnehin besser.

### **Kosten**

20.000 Euro Grundpreis für den Hybrid-Panda sind sehr ambitioniert. Diese Rechnung wird vermutlich nicht ganz aufgehen. Die Einsparungen an Motor und Getriebe können die Mehrkosten des Elektroantriebs nur teilweise kompensieren. Natürlich versucht man, die Batterie so klein wie möglich zu halten, schon aus Gewichts- und Platzgründen. Eine elektrische Reichweite von 50 Kilometern sollte aber möglich sein, ohne allzu sehr auf den Verbrauch achten zu müssen.

Für eine Kostenschätzung nehmen wir als Basis den Panda S aus dem Szenario 1. Dieser liegt bei etwa 15.000 Euro, konservativ geschätzt. Etwa 2.000 Euro können wir für den Entfall der temporären Aufladung und die niedrigere Motorbelastung abziehen. Bleiben noch 7.000 Euro für die Hybridisierung. Der Elektroantrieb hat mit dem Panda leichtes Spiel im Vergleich zum schweren 225xe, woraus sich ein weiteres Reduzierungspotenzial ergibt.

## Verbrauch

Die ECE-Verbrauchsmessungen von Plug-In-Hybriden sind schlichtweg ein Witz, absolviert doch das geprüfte Fahrzeug einen Großteil des Programms rein elektrisch. Gemessen wird aber nur der Verbrauch des Verbrennungsmotors. Hier bahnt sich der nächste Skandal an, und Autohersteller, Politik und Medien wären gut beraten, diese Tatsache nicht vor der Öffentlichkeit zu verschweigen und ehrliche Zahlen zu veröffentlichen. Den Ladestrom gibt es schließlich nicht umsonst.

Wir gehen einen anderen Weg. Der besseren Vergleichbarkeit halber verzichten wir auf komplizierte Mischbetrieb-Berechnungen. Wir nutzen den Elektroantrieb zur Kraftstoffeinsparung am Verbrennungsmotor und vergleichen es mit dem Ausgangsprodukt.

Welchen Beitrag kann der Elektroantrieb zur Verbesserung des Verbrauchs beitragen, nicht beim klinischen Prüfstandstest, sondern im realen Fahrbetrieb?

- **Leistungsreduzierung am Verbrennungsmotor:** Eine der größten Spareffekte verdankt man der Leistungsreduzierung des Verbrennungsmotors. Diese wurde ja möglich, weil die Elektromaschine das Defizit beim Beschleunigen ausgleicht. Bei sparsamer Fahrweise liegt der Verbrauch eines 150 PS-Benzin-Motors bei ca. 5,0 L/100 km. Ein verbrauchsoptimiertes 75 PS-Motörchen schafft die 100 Kilometer mit vier Litern. Einsparung **1,0 L/100 km**.
- **Segeln:** Das Segeln ist bei dieser Art von Antrieb Programm. Das bedeutet **0,4 Liter** weniger auf 100 Kilometer.
- **Bremsenergierückgewinnung:** Der Gewinn durch Rekuperation wird im Allgemeinen schwer überschätzt. Trotzdem sind ca. **0,2 L/100 km** zu holen.
- **Sequentielles Getriebe:** Wandler-Automatikgetriebe benötigen Kühlmaßnahmen, was auf ordentliche Verluste hindeutet. Die Verluste von Doppelkupplungsgetrieben sind ebenfalls nicht zu unterschätzen, sind doch auch hier eine Menge Zahnräder im permanenten Eingriff. Ein sequentielles Getriebe kennt diese Nachteile nicht. Der Entfall von Erstem und Rückwärtsgang verbessert den Wirkungsgrad nochmals. Einsparung ca. **0,2 L/100 km**.
- **Start-Stopp-Automatik:** Selbstverständlich schaltet der Verbrennungsmotor im Stand und auch bei Fahrt ab. Gewinn ca. **0,2 L/100 km**.

Gegenüber dem Motor des 218i mit 136 PS sind realistische Verbrauchseinsparungen in der Größenordnung von 2 L/100 km möglich. Wir erreichen einen Verbrauch von **3 L/100 km**. Und das mit einem Benzinmotor und einem sensationellen Beschleunigungsvermögen.

## Das sequentielle Getriebe

Eine entscheidende Rolle bei diesem Konzept kommt dem sequentiellen Getriebe zu, in Verbindung mit der automatisierten Kupplung. Sequentielle Getriebe sind Standard in Rennfahrzeugen. Sie nehmen den Fahrern das Treten der Kupplung, das Zwischengasgeben beim Herunterschalten und das Einlagern des richtigen Ganges ab. Schalten auf Knopfdruck mit automatischer Drehzahlanpassung. Abseits der Rennpisten machten nur einige wenige Sportfahrzeuge von diesem Getriebe Gebrauch, in den normalen Limousinen konnte es sich nicht durchsetzen.

Der Hauptgrund für die fehlende Akzeptanz war die Zugkraftunterbrechung beim Schaltvorgang. Die hat man zwar auch bei einem manuellen Getriebe, nur dort empfindet sie der Fahrer nicht als störend, weil er selbst den Schaltvorgang auslöst. Schaltet aber das SG im Automatikmodus in einen höheren Gang, kommt die Unterbrechung der Vortriebskraft unvermutet und störend. Vor allem der

Sprung vom ersten auf den zweiten Gang ist dem Normalfahrer nicht zumutbar. Der versierte Fahrer kann durch gekonntes Spiel mit dem Gaspedal den Schaltvorgang auslösen und ihn damit entschärfen. Oder er schaltet gleich manuell, entweder mit dem Schalthebel oder mit den Lenkradtasten. Das macht bei diesem Getriebe richtig Spaß, ganz besonders das Herunterschalten. Denn man muss kein Spitze-Hacke-Künstler am Gaspedal sein, um die richtige Anschlussdrehzahl herzustellen. Das erledigt die Motorelektronik automatisch in wenigen Millisekunden. Aber das alles ist nicht massentauglich.

In Verbindung mit einem leistungsfähigen Elektroantrieb sieht die Sachlage gleich ganz anders aus. Zugkraftunterbrechung? Kein Problem, denn die überspielt der Elektromotor. Der Übergang vom ersten auf den zweiten Gang erübrigt sich ohnehin, denn den Part des ersten Ganges übernimmt der E-Motor. Damit ist auch gleich ein weiterer Kritikpunkt des sequentiellen Getriebes entkräftet, das Anfahren und Rangieren. Eine Elektromaschine kann das wesentlich besser als ein Verbrennungsmotor.

Die automatisierte Kupplung erfüllt aber noch eine weitere Funktion, nämlich den Verbrennungsmotor vom Antriebsstrang zu trennen, und zwar beim Segeln und Rekuperieren. Er würde sonst im Schleppbetrieb viel wertvolle Energie vernichten.

Die Vorzüge eines sequentiellen Getriebes genießen, ohne die typischen Nachteile in Kauf nehmen zu müssen – davon träumt so mancher Fahrer einer sportlichen Limousine.

### **Die Allradeigenschaften**

Batterie und Elektromaschine belasten die Hinterachse. Das kommt der Fahrdynamik zugute. In anspruchsvollen Fahrmanövern greift die Elektromaschine ein und sorgt in jeder Situation für ein bestens ausgewogenes, neutrales Fahrverhalten und für optimalen Vortrieb. Und das ohne den bei herkömmlichem Allrad erforderlichen, gigantischen Aufwand an Getrieben und Regelung.

Allradantrieb wiegt und kostet eine Menge, frisst Leistung und erhöht den Verbrauch – normalerweise. Bei diesem Plug-In-hybrid trifft das alles nicht zu. Dieses Konzept erweist sich als der bessere Allradantrieb.

### **Skalierbarkeit und Alternativen**

Ein immer wichtigere Rolle bei der Entwicklung eines neuen Fahrzeugmodells spielt die Skalierbarkeit. Konzepte müssen in der Leistung einen großen Bereich abdecken, und für die unterschiedlichsten Modellvarianten geeignet sein.

Bei dem Konzept des Panda-Hybrid ist beides der Fall. Ohne große Modifikationen kann es in SUVs und Vans übernommen werden, und natürlich auch in alle Arten von Derivaten einer normalen Limousine, als da sind Touring, Cabrio und Coupé.

Die Leistung lässt sich ebenfalls in weiten Grenzen beeinflussen. Den Verbrennungsmotor kann man leistungsmäßig problemlos auf 150 PS auffrisieren. Z.B. indem man ihm einen elektromechanischen Kompressor verpasst, der natürlich von der Hochvoltbatterie des Elektroantriebs gespeist wird. Nach unten kann man auch über eine Sparversion mit 50 PS nachdenken.

Der Elektroantrieb mit seinen Komponenten ist sogar noch flexibler. Beim Motor ist eine Spanne von 30 bis 150 PS denkbar. Verzichtet man auf Reichweite und Leistung, kann die Batterie auf die Hälfte verkleinern. Das spart enorm Kosten.

Zu guter Letzt sind auch Varianten mit alleinigem Elektroantrieb oder nur mit Verbrennungsmotor denkbar.

BMW macht von der Flexibilität bereits Gebrauch. Der Antrieb des 225xe wird nahezu unverändert in den Nachfolger des Mini Countryman übernommen.

**Fazit:**

Das Ziel der Aktion war, einen Kleinwagen zu schaffen, der in seinen Leistungen dem BMW i3 entspricht, aber deutlich kostengünstiger ausfällt. Diese Anforderung wurde erfüllt, in einigen Bereichen sogar übererfüllt.

Allgemein hält man den Plug-In-Hybrid für eine Übergangslösung zum reinen Elektrofahrzeug. Bis aber diese über eine brauchbare Reichweite verfügen und auch für Normalverdiener erschwinglich sind, wird noch viel Zeit vergehen. Wenn es darum geht, elektrisch zu fahren, kann es gut sein, dass preisgünstige, geschickt gemachte Hybridfahrzeuge das Rennen machen.