

Um den Verbrauch von verschiedenen Antriebskonzepten vergleichen zu können, werden genau definierte Testzyklen benötigt. Schliesslich will man Hybridfahrzeuge mit herkömmlichen Verbrennern vergleichen, um die Verbrauchseinsparungen zu erkennen. Wobei auch dann noch weitere Randbedingungen in den Abläufen genau definiert werden müssen. Dazu gehört zum Beispiel die Benutzung der Klimaanlage oder der Heizung. Aber auch die Zuladung, der Reifendruck oder die Motortemperatur beim Start müssen definiert werden. Erst dann ist es möglich, Hybridfahrzeuge mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor aussagekräftig zu vergleichen. Dabei wurden früher die Tests ausschliesslich auf Rollenprüfständen mit genau bestimmten Geschwindigkeits- und Streckenvorgaben absolviert. Mittlerweile werden die Tests auch unter realen Bedingungen (RDE = Real Driving Emissions) auf der Strasse durchgeführt.

NEFZ

Ein Zyklus, der seit den 1990er-Jahren eingesetzt wird, ist der NEFZ (Neuer europäischer Fahrzyklus). Damit wird auf einem Rollenprüfstand eine Fahrt mit verschiedenen Geschwindigkeiten und Beschleunigungsphasen simuliert. Die Geschwindigkeiten betragen 15, 32, 40, 50 und 120 km/h. Dabei wird eine Strecke von 11 km in 20 min zurückgelegt. Diese Phasen, in denen das Fahrzeug fährt, decken dabei nur wenige Betriebspunkte ab. Man nutzt nur etwa die Hälfte der möglichen Höchstgeschwindigkeit und etwa ein Drittel des maximalen Drehmoments. Im Bild 2 sind die genutzten Betriebspunkte grafisch dargestellt. Dabei werden diese Betriebspunkte anhand der Drehzahl und des Drehmoments abgebildet. Im Beispiel wird ein Elektromotor eines Mittelklassewagens abgebildet und das negative Drehmoment stellt die Rekuperation dar. Da diese Prüfbedingungen nicht einer realistischen Fahrt entsprechen, sind die Messresultate nicht praxisnah. Gründe sind hierfür z.B., dass der Generator abgeklemmt wird

oder die Reifen einen Druck bis zu 4.5 bar aufweisen. Fugen in der Karosserie werden abgeklebt und Heizung, Radio, Klimatisierung etc. werden ausgeschaltet, dann können noch 4 % Toleranz von der Messung abgezogen werden. Bei einem Plug-in-Hybrid wird der Zyklus zweimal durchfahren, einmal mit vollgeladener Batterie und einmal mit leerer Batterie. Bei der elektrischen Fahrt wird die theoretische Reichweite der Batterie ermittelt, bei der Fahrt mit dem Verbrennungsmotor der spezifische Verbrauch. Dieser wird dann auf eine Distanz von 25 km hochgerechnet, da man annimmt, dass der nächste Ladepunkt in dieser Entfernung liegt. Da bei der elektrischen Fahrt keine Emissionen entstehen und auch das Laden der Batterie nicht berücksichtigt wird (Stromerzeugung), beläuft sich die Verbrauchsangabe auf die Hälfte (da der Zyklus zweimal gefahren wird) des auf 25 km hochgerechneten Verbrauchs. Dabei geht man davon aus, dass immer mit einer geladenen Batterie losgefahren wird. Wie realistisch diese Angaben sind, kann jeder Leser für sich selbst beurteilen.

WLTP

2017 wurde der WLTP (Worldwide Harmonised Light-Duty Vehicle Test Procedure) eingeführt, der den NEFZ ablösen sollte. Mit diesem Test will man die verschiedenen Fahrmuster weltweit abbilden und vergleichbar machen. Somit kann dieser Zyklus nicht nur in Europa eingesetzt werden. Im Bild 3 ist die grössere Abdeckung der Betriebspunkte im Vergleich zum NEFZ ersichtlich. Hier wird das Drehmoment besser ausgenutzt als beim NEFZ und die Beschleunigung ist auch realistischer. Eine weitere bedeutende Änderung betrifft die Prüffahrt, welche nun auch auf der Strasse (RDE) durchgeführt wird. Damit soll speziell die Wirksamkeit der Abgasnachbehandlungssysteme unter Realbedingungen geprüft werden. Das Prüfverfahren für PHEV-Fahrzeuge wurde auch angepasst, da man Fahrzeuge mit grösseren Batterien belohnen möchte.

Diese Fahrzeuge können theoretisch eine grössere Strecke rein elektrisch zurücklegen und dieser Umstand soll besser zu Geltung kommen. Der Test wird mit einer vollgeladenen Batterie begonnen und der Zyklus so oft durchfahren, bis die Batterie vollständig entladen ist. Dieser Charge-Depleting Test wird auch mit Vollhybrid-Fahrzeugen ohne Stecker durchgeführt. Die Überlegung hinter diesem Ablauf ist, dass die Fahrzeuge zu Beginn nur elektrisch fahren und somit keine Emissionen entstehen. Wenn im Testverlauf die Batterie immer mehr entladen wird, muss im Gegenzug der Verbrennungsmotor immer häufiger zugeschaltet werden. In dieser Phase ergibt sich durch den grossen Anteil des elektrischen Fahrens ein sehr kleiner Verbrauch. Sobald die Batterie komplett entladen ist, wird der Zyklus noch einmal nur mit dem Verbrennungsmotor durchfahren. Dabei wird sich auch die Batterie wieder etwas aufladen. Abschliessend wird nach dem letzten Durchgang bei PHEV die Batterie wieder vollständig aufgeladen und die aus dem Netz benötigte Energie gemessen. Anhand dieser Daten können nun der Verbrauch, die Reichweite für den rein elektrischen Antrieb und die Gesamtstrecke berechnet werden. Aus dem Verbrauch wird zusätzlich der CO₂-Ausstoss berechnet. Zur Berechnung wird ein sogenannter Nutzenfaktor beigezogen, dieser wird fiktiv gewählt und repräsentiert die rein elektrisch gefahrene Strecke. Dabei wird die elektrische Reichweite einbezogen, je länger diese ist, desto stärker wird sie gewichtet. Dies im Gegensatz zu den willkürlich gewählten 25 km aus dem NEFZ, die immer gleich sind. Durch diese Gewichtung wird der Verbrauch von Fahrzeugen mit grosser elektrischer Reichweite sinken, aber bei Fahrzeugen mit wenig Reichweite wird er unter Umständen grösser als beim NEFZ sein.

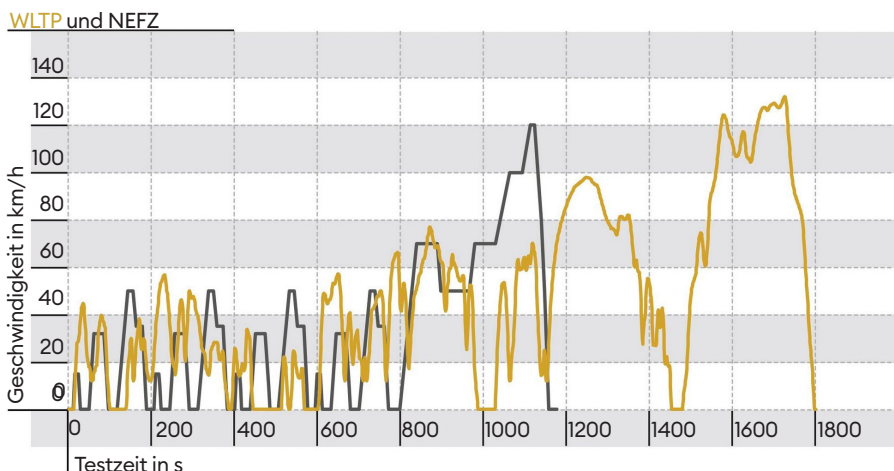


Bild 1: Vergleich NEFZ und WLTP

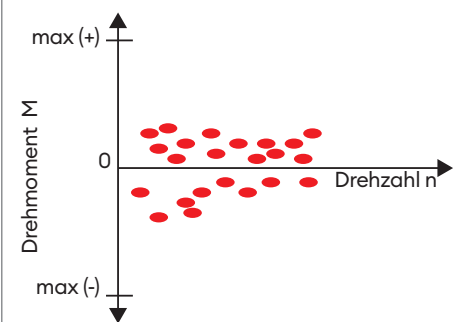


Bild 2: Betriebspunkte NEFZ

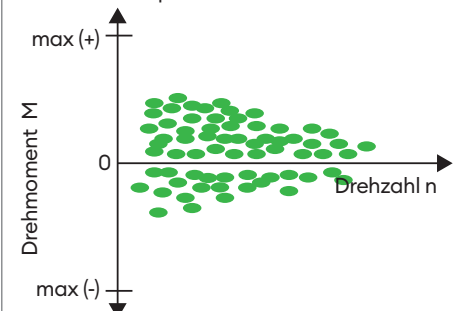


Bild 3: Betriebspunkte WLTP