

14.10.2018

## Leistungsgewicht – Beschleunigung: Der Zusammenhang

**auto motor und sport** will's wissen. Anhand von zwei Beispielen wollen sie dem Geheimnis des Leistungsgewichts auf die Spur kommen, zumindest theoretisch. Als erstes Opfer wählten sie aus der Riege der hochkarätigen Sportwagen einen Porsche 911 GT2 RS. Die entscheidenden Kriterien sind dessen hohe Leistung von 700 PS, bei gleichzeitig relativ niedrigem Gewicht von 1620 kg (incl. 75 kg Fahrer). Den zweiten Part übernahm ein Suzuki Swift Sport, für dessen Wahl das niedrige Gewicht von 1045 kg bzw. 1120 kg mit Fahrer bei 140 PS den Ausschlag gab. Für die Berechnung der theoretischen Beschleunigung verwendet **ams** die Formel:

$t = 0,5 \cdot m \cdot v^2 / P$  Zeit t in s; Masse m in kg; Geschwindigkeit v in m/s; Leistung P in Watt

### 1. Porsche GT2 RS:

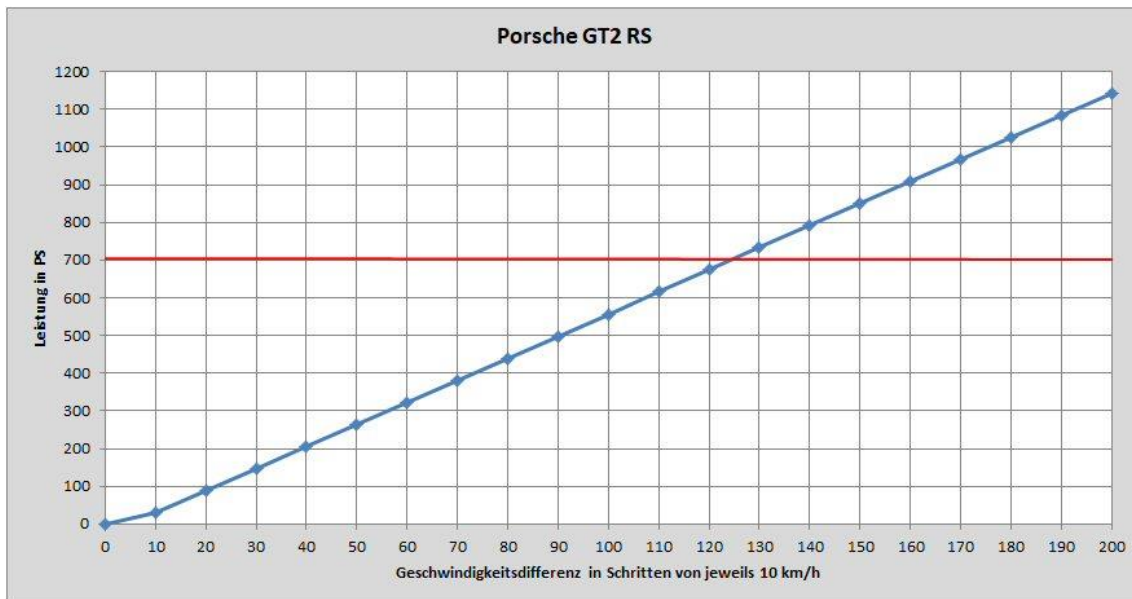
Für den Porsche ergibt sich eine theoretische Beschleunigungszeit aus dem Stand bis 100 km/h von 1,2 Sekunden. Das stimmt mit der auf der Strecke gemessenen Zeit von 2,9 Sekunden ganz und gar nicht überein. Da beginnt ein großes Rätselraten, woran das wohl liegen könnte. Die Trägheitsmomente der rotierenden Elemente, Verluste im Antriebsstrang und Reibwert der Reifen werden dafür verantwortlich gemacht. Bis auf die Reifen erscheint diese Begründung etwas dürftig, denn 700 PS sollten trotz Verlusten locker für die optimale Beschleunigung bis 100 km/h ausreichen.

Um dem Phänomen auf die Spur zu kommen, zäumen wir das Pferd von hinten auf. Wir berechnen, wieviel Leistung man für eine Beschleunigung von 0 auf 100 km/h in der **gemessenen** Zeit von 2,9 Sekunden benötigt. Dabei müssen wir aber berücksichtigen, dass man z.B. für die Beschleunigung von 0 auf 10 km/h weniger Leistung benötigt, als von 90 auf 100 km/h. Wir teilen deshalb die Geschwindigkeit von 100 km/h in 10 Segmente ein, sodass jedes Segment ein Delta von 10 km/h abdeckt. Wir gehen aber noch einen Schritt weiter, und setzen diese Methode bis **200 km/h** fort.

### Genauigkeitsabschätzung:

Die Beschränkung auf Sprünge von 10 km/h, die Vernachlässigung der Fahrwiderstände, vor allem des Luftwiderstandes ist natürlich der Vereinfachung geschuldet. Für unseren Zweck ist die Genauigkeit jedoch vollkommen ausreichend. Wir halten es in dieser Hinsicht mit Franz Josef Strauß, der meinte:

**„Lieber grob richtig, als exakt falsch.“**



Zur Erläuterung: Die blaue Linie gibt an, welche Leistung man bei der jeweiligen Geschwindigkeit für eine konstante Beschleunigung von  $9,6 \text{ m/s}^2$  benötigt.  $9,6 \text{ m/s}^2$  ist die Beschleunigung, mit der man bis  $100 \text{ km/h}$  in der gemessenen Zeit von  $2,9 \text{ s}$  beschleunigen kann. Bei  $90 \text{ km/h}$  würde man beispielsweise  $500 \text{ PS}$  für diese Beschleunigung benötigen. Man kann nun aus dem Diagramm entnehmen, dass bis zum Schnittpunkt mit der roten  $700 \text{ PS}$ -Linie bei  $125 \text{ km/h}$  mehr Leistung zur Verfügung stünde, als für die Beschleunigung von  $9,6 \text{ m/s}^2$  benötigt wird.

Was passiert mit diesem Leistungsüberschuss? Das Zauberwort heißt Reibwert Reifen-Fahrbahn. Die gemessene Zeit von  $2,9 \text{ s}$  von  $0$  auf  $100 \text{ km/h}$ , entsprechend einer Beschleunigung von  $9,6 \text{ m/s}^2$ , ist eine ganz hervorragende Marke, die man nur mit verdammt guten Reifen erreicht. Z.B. mit den Semislicks, auf denen der Porsche an den Start rollte.

Beim Beschleunigen kommen noch zwei weitere wichtige Aspekte hinzu, die prozentuale Achslast und die dynamische Achslastverlagerung. Was nützt die beste Leistung, wenn man sie nicht auf den Boden bringt. Der 911er Porsche ist in dieser Hinsicht privilegiert. Der Motor hinter der Hinterachse beschert ihm eine Verteilung VA/HA von  $35/65$ , und der Heckantrieb profitiert beim Beschleunigen zusätzlich von der dynamischen Achslastverlagerung auf die Hinterräder. Beschleunigen aus dem Stand ist leider das einzige Kriterium, mit dem ein Porsche 911 gegenüber dem Wettbewerb mit Mittelmotor punkten kann. In allen anderen fahrdynamischen Aspekten ist dieses Konzept unterlegen. Siehe dazu:

<http://der-autokritiker.de/technik/leichtbau%20lektion%203.html>

Manche Wettbewerber verwenden Allradantrieb, um die letzten Zehntelsekunden aus dem Stand herauszukitzeln. Auf der Piste ist aber das Zusatzgewicht des Allrads von Nachteil, weil hier die Beschleunigung aus dem Stand höchstens noch beim Start eine Rolle spielt. Ansonsten bewegt man sich meistens oberhalb von  $100 \text{ km/h}$ . Sogar die Audi-Ingenieure, deren Fahrzeuge den Allradantrieb als Piëch'sche Erblast mit sich herumschleppen mussten, sind schon vom Glauben abgefallen. Der R8 bekommt Heckantrieb, und Lamborghini darf aufatmen. Schade, dass die Beschleunigungszeiten, egal bis zu welcher Geschwindigkeit, bei sämtlichen Tests immer noch aus dem Stand angegeben werden. Der Wert von  $100$  bis  $200 \text{ km/h}$  wäre wesentlich aussagekräftiger. Siehe dazu

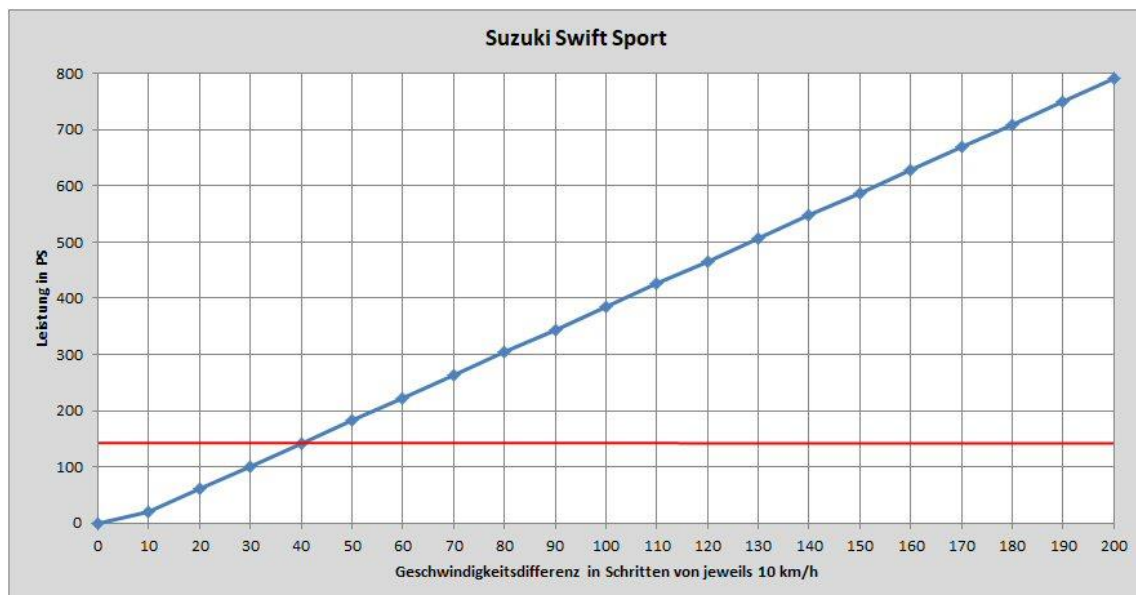
<http://der-autokritiker.de/Themen%202017/Null%20auf%20Hundert%20in%20x%20Sekunden.pdf>

Man kann es so formulieren: Unterhalb von 100 km/h dominieren Reifen und Achslast, oberhalb dominieren die Leistung und Luftwiderstand. Aber sogar 700 Pferde sind ab einer gewissen Grenze überfordert. In unserem Rechenbeispiel ist dies oberhalb von 125 km/h der Fall. In der Praxis noch früher, denn die Rechnung lässt die Fahrwiderstände unberücksichtigt. Vor allem der Luftwiderstand macht sich in diesen Regionen bemerkbar, denn der geht quadratisch in die Geschwindigkeit ein, und die Leistung zu seiner Überwindung steigt sogar in der dritten Potenz.

### Suzuki Swift Sport:

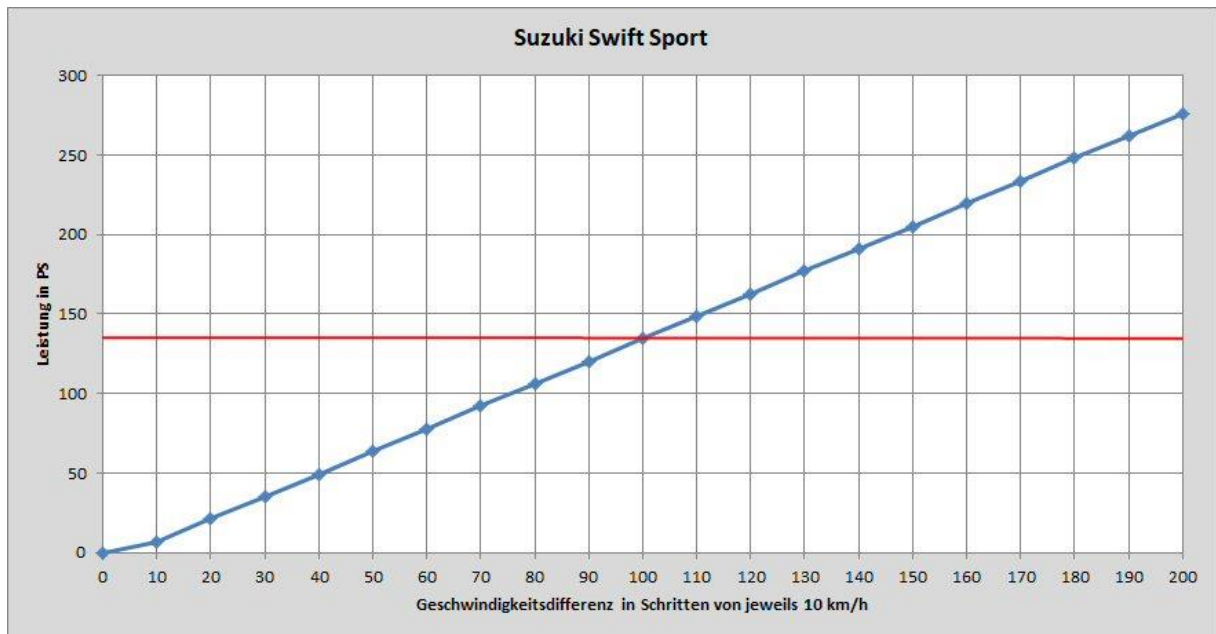
Mit dem Suzuki hat **ams** einen relativ ungeeigneten Kandidaten ausgewählt. Wesentlich besser geeignet als Gegenstück zum Porsche wäre z. B. eine Lotus Elise gewesen. Die Elise ist ja quasi das Synonym für Leistungsgewicht. Aber egal, auch dem Suzuki kann man ein paar Erkenntnisse abtrotzen. Er besitzt Frontantrieb, wie fast alle Modelle in seiner Fahrzeugklasse. Und trotz der für dieses Konzept typisch hohen Vorderachslast, wird ihm die dynamische Achslastverlagerung zum Verhängnis. Kurzer Radstand und hoher Schwerpunkt sind die beiden Parameter, die die Vorderachse beim Beschleunigen sehr stark entlasten. Die Konsequenz: Der Suzuki scharrt auf den ersten Metern hilflos mit den Vorderrädern, oder die Antriebsschlupfregelung dreht ihm den Leistungshahn zu.

Im folgenden Diagramm wurde die Leistung des Suzuki mit der Beschleunigung des Porsche gerechnet – von 0 auf 100 km/h in 2,6 Sekunden. Rein interessehalber um zu sehen, wo dessen Leistungsgrenze zu liegen kommt.



Man sieht, bis 40 km/h könnte der Swift Sport sogar mit dem Porsche mithalten, bei identischen Reifen und entsprechender Achslast. Man sieht auch, dass er zum Erreichen der gleichen Geschwindigkeit wesentlich weniger Leistung benötigen würde. Bei 200 km/h nur knapp 800 PS statt 1100 PS. Wie gesagt, rein theoretisch.

Rechnen wir mit der Beschleunigungszeit des realen Fahrzeugtests von 8,3 Sekunden, zeigt sich folgendes Bild:



Zufällig bis exakt 100 km/h ist sogar Leistungsüberschuss vorhanden, ein eindeutiges Indiz dafür, dass der Wagen die Leistung nicht auf den Boden bringt. Das ist genau der Grund für die allgemein übliche Verallradung leistungsstarker Frontriebler. Obwohl auch hier schon ein gewisser Sinneswandel zu beobachten ist. Früher hieß die Faustregel, 200 PS seien das Maximum für Frontantrieb; ganz früher waren es sogar nur 150 PS. Inzwischen werden Leistungen von 300 PS ohne Probleme auf die Vorderräder losgelassen – mit Erfolg.

#### Fazit:

Für leistungsstarke Sportwagen ist die Beschleunigungszeit aus dem Stand uninteressant. Ihre Auslegung erfolgt rein unter dem Gesichtspunkt optimalen Fahrverhaltens bei hohen Geschwindigkeiten.

Bei kleinen Stadtfahrzeugen ist die Beschleunigung bis 50 km/h eine wichtige Größe. 1000 kg und 150 PS wären passende Werte, wäre da nicht die fehlende Traktion. Also Allradantrieb? Auch keine Lösung, denn das Mehrgewicht von 100 kg verschlechtert das Leistungsgewicht und verlangt daher nach weiteren Pferdestärken. Helfen könnte ein Plug-in-Hybrid. Eine Elektromaschine mit 100 PS mitsamt Batterie für 50 Kilometer auf der Hinterachse würde nicht nur die Beschleunigungsleistung sicherstellen, sondern auch die nötige Traktion – dank Achslast und Allradantrieb ohne Aufpreis. Man könnte sogar noch einen Schritt weitergehen und den Verbrennungsmotor auf 100 PS abspecken, z.B. indem man auf teure Ventil- und Nockenverstellungen sowie auf den Abgasturbolader verzichtet. Dann stimmen nicht nur Leistung, sondern auch Kosten und Verbrauch.

Es gäbe noch viel zu tun für deutsche Ingenieure, außer Vernetzung, autonomem Fahren und superteure Supersportwagen und was der sonstigen Nice-To-Have Spielereien mehr sind. Sie

müssten sich nur etwas mehr mit dem Alltag des durchschnittlichen deutschen Autofahrers beschäftigen, und nicht immer nur nach China oder auf Milliardäre schießen.

**Jacob Jacobson**

**Hinweise:**

Alles zum Allrad: <http://der-autokritiker.de/allradantrieb.html>

Dynamische Achslastverlagerung beim Vergleich Sportwagen – Motorrad:

<http://der-autokritiker.de/Themen%202017/BMW%20S1000RR%20vs%20Porsche%20918%20Spyder.pdf>