

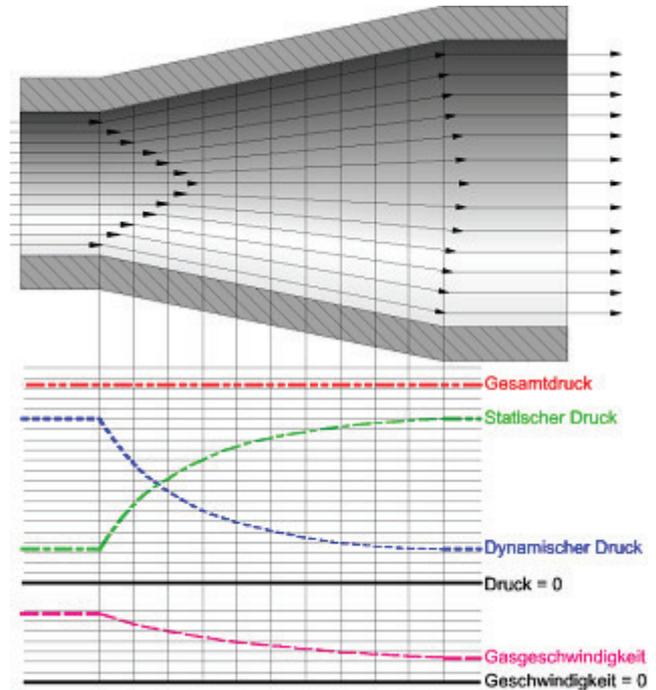
② Am Einlass:  
 hohe Geschwindigkeit =  
 hoher dynamischer Druck =  
 niedriger statischer Druck

Am Auslass:  
 niedere Geschwindigkeit =  
 niedriger dynamischer Druck =  
 hoher statischer Druck.

⚠ Wunderbar das hätte ich nicht besser sagen können.  
 Machen wir doch mal eine Beispielsrechnung.

② Wenn es unbedingt sein muss ...

⚠ Keine Gnade, es muss sein.



Statischer Druck am Lufteinlass:	1,013 Bar = 101300,0 Pa	(das ist der Norm-Luftdruck)
Fahrtgeschwindigkeit $v$ 300 km/h =	83,3 m/s	(wenn schon, dann mit richtig speed)
Dichte $\rho$ der Luft bei 20°C =	1,2 kg/m <sup>3</sup>	(Luftdichte bei 20°C und 1,013Bar)
Dynamischer Druck am Eintritt =	4166,7 Pa	(errechnet mit: $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ )
Gesamtdruck am Eintritt =	105466,7 Pa	(Summe aus stat. und dyn. Druck)
Eintrittsquerschnitt bei Durchmesser 40 mm	1256,6 mm <sup>2</sup>	(Eintrittsdurchm. ist willkürlich)
Austrittsquerschnitt bei Durchmesser 80 mm	5026,4 mm <sup>2</sup>	(Austrittsdurchm. ist der des LS1 Motors)
Austrittsgeschwindigkeit:	20,8 m/s	(errechnet mit: $A1 \cdot v1 = A2 \cdot v2$ )
Dynamischer Druck am Austritt:	260,4 Pa	(errechnet mit: $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ )
Gesamtdruck am Austritt = Eintritt	105466,7 Pa	(der Gesamtdruck bleibt ja konstant)
Statischer Druck am Austritt:	105206,2 Pa	(Gesamtdruck minus dynamischer Druck)
Differenz Stat. Druck Ein, zu Stat. Druck Aus:	3906,3 Pa	(statt. Druck „Ein“ minus statt. Druck „Aus“)

Die Zunahme an statischem Druck beträgt also 3906 Pa = 0,04 Bar (großzügig aufgerundet) bei einem Durchmesserunterschied von 2 zu 1.

② Naja berauschend ist das nicht 0,04 Bar. Aber immerhin das sind rund 4 %, also 4 % mehr Leistung, somit funktioniert doch die Stauaufladung. Ein Einbau diese Düse würde sich doch lohnen oder?

Langsam langsam, im Prinzip ja, aber ... da gibt es ein erstes Problem: die Geschwindigkeit am Luftaustritt. Sie ist noch zu niedrig. Aus den Daten des LS1 Motors:

Mittlere Kolbengeschwindigkeit bei 6000 rpm 18,4 m/s  
 (Daten LS1 Motor errechnet mit: Mittlere Kolbengeschw. [m/s] =  $\frac{\text{Kolbenhub [mm]} \cdot \text{Drehzahl [min}^{-2}\text{]}}{1000 \cdot 60} = \frac{92 \cdot 6000}{1000 \cdot 60}$ )

Geschw. im Ansaugrohr  $\varnothing$  80 mm bei 6000 rpm 28,2 m/s  
 (Daten LS1 Motor errechnet mit: Strömungsgeschw. [m/s] =  $\frac{\text{Zylinderdurchmesser}^2 \text{ [mm]}}{\text{Ansaugrohrdurchmesser}^2 \text{ [mm]}} \cdot \text{Mittlere Kolbengeschw. [m/s]} = \frac{99}{80} \cdot 18,4$ )

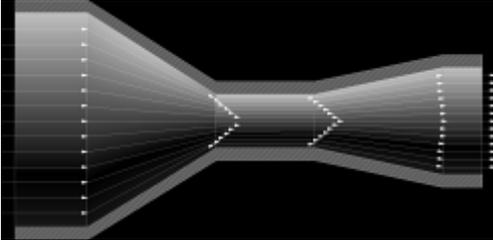
② Oha wir brauchen 28,2 m/s haben aber nur 20,8 m/s. Hmmm, wir müssen also leider den Lufteinlass etwas größer machen damit die Strömung nicht so stark abgebremst wird.

⚠ Sehr gut ich sehe ich werde verstanden. Passen wir also den Lufteinlass der Düse an die Geschwindigkeit im Ansaugrohr an.

Die Berechnung erspar ich Euch jetzt. Wir brauchen einen Durchmesser von 47 mm am Lufteintritt. Leider wird dann aber auch der Anstieg des statischen Drucks weniger. Er beträgt nur noch 0,036 Bar

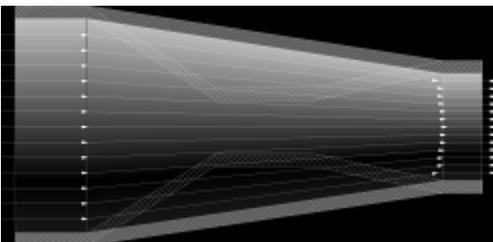
⊗ Das wird ja immer schlechter also bleiben 3,6 % Leistungszunahme. Aber jetzt hab ich eine Idee: Man könnte doch vorne auf die Divergierende Düse noch eine Konvergierende Düse aufsetzen.

⚠ Etwa so?:



⊗ Genau so. Dann wäre doch die Geschwindigkeit der Strömung im zylindrischen Teil höher als die Fahrtgeschwindigkeit, weil ja die Luft durch die konvergierende Düse beschleunigt wird. Dadurch ist der dynamische Druck höher und ich kann ihn in der divergierenden Düse noch stärker abbremsen und somit mehr statischen Druck gewinnen.

⚠ Auf den ersten Blick scheint das eine gute Idee zu sein. Wenn man aber nur Lufteintritt und Luftaustritt betrachtet, was ergibt sich dann?



⊗ Ach wieder nix. Hab schon verstanden. Am Ende hat man wieder nur eine Düse die sich verjüngt.

⚠ So ist es leider. Was zwischen Ein- und Austritt liegt ist für unsere Anwendung relativ unwichtig (mögliche Überschallströmungen bleiben mal unberücksichtigt). Außer dass wegen der stärkeren Wandreibung und Verwirbelung das Ergebnis noch schlechter wird.

⊗ Das ist also auch nichts. Verwenden wir also die berechnete divergierende Düse. Es bringt ja immerhin 3,6% und kostet praktisch nichts.

⚠ Langsam langsam, im Prinzip ja, aber ... da gibt es das zweite Problem:

Das ganze funktioniert nur, wenn die Bedingungen genau eingehalten werden. Weder die Fahrtgeschwindigkeit noch die Motordrehzahl dürfen variieren.

⊗ Oha naja aber man könnte das ganze ja auf die maximale Speed optimieren oder?

⚠ Langsam langsam, im Prinzip ja, aber ... da gibt es das dritte Problem:

Nachdem wir uns das nun alles mühsam erarbeitet haben, können wir den Hammer loslassen, der alles vorher gesagte wider völlig einstampft:

**Unterhalb 500 km/h gilt Luft annähernd als inkompressibel.**

⊗ Häh? was soll'n das nun wieder?

⚠ Zur Begründung hole ich mir jetzt mal einfach fremde Hilfe. Das folgende ist einem Manuskript von Dipl.-Ing. R. Lux von der TU Dresden entnommen.

Zitat aus: ([http://www.ifl.tu-dresden.de/fach/pdf/ad\\_kap12.pdf](http://www.ifl.tu-dresden.de/fach/pdf/ad_kap12.pdf))

*Kompressibilität der Luft - Machzahl*

*Die Kompressibilität (auch: Zusammendrückbarkeit) ist die Eigenschaft eines Körpers, sein Volumen (bzw. seine Dichte) unter der Wirkung äußerer Druckkräfte zu verändern.*

*(Nichtaerodynamisches) Beispiel:*

- Ein Schwamm ist kompressibel.
- Ein Stein ist inkompressibel.

*Die Dichteänderung eines strömenden Mediums bei Umströmung eines Körpers ist abhängig von:*

- der Art des Mediums

- der Größe der Druckänderungen (Druckkräfte), die wiederum vom Quadrat der Geschwindigkeit abhängen.

(Strömungsdynamisches) Beispiel: - Luft ist kompressibel.  
- Wasser ist inkompressibel.

Unter Verwendung der Machzahl  $Ma$  kann die Größenordnung der (relativen) Dichteänderung bestimmt (bzw. abgeschätzt) werden:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} \approx \frac{1}{2} Ma^2$$

Wenn  $\Delta\rho/\rho$  sehr klein ist ( $\Delta\rho/\rho \ll 1$ ), kann man in einer Strömung die Kompressibilität des strömenden Mediums vernachlässigen!

**Die Strömung ist dann näherungsweise inkompressibel.**

Aus der letztgenannten Gleichung folgt, daß  $\Delta\rho/\rho$  klein ist, wenn die Machzahl klein (gegenüber 1) ist (d.h., die Fluggeschwindigkeit  $v$  klein gegenüber der Schallgeschwindigkeit  $a$  ist).

**Bis zu einer Machzahl von 0,4 kann die Dichteänderung der Luft, also die Kompressibilität, vernachlässigt werden!**

Für eine Machzahl  $Ma$  von 0,4 gilt, daß die Dichteänderung  $\Delta\rho/\rho \approx 0,4^2/2 \approx 0,08$ , also etwa 8 % beträgt. Unter ICAO-Bedingungen entspricht die Machzahl  $Ma$  von 0,4 in der Höhe 0 einer Geschwindigkeit von etwa 500 km/h.

Zitat Ende

❓ Wie Bitte? Luft ist inkompressibel? Unmöglich, im Motor wird doch die Luft ständig verdichtet also komprimiert?

⚠ Das ist natürlich richtig. Obiges gilt auch nur bei der Verdichtung von Gasströmungen aber nicht, wenn die Luft unter mechanischen Kraft komprimiert wird. Hab ich euch nicht am Anfang gewarnt? Strömungsmechanik ist hirnerweichend.

Verwenden wir wieder unser Modell aus der Mechanik: Unter 500 km/h ist die Geschwindigkeit mit der die Masse auf die Feder prallt einfach zu gering um die Feder noch weiter nennenswert zu spannen.

❓ Nun ja das klingt eigentlich ganz plausibel. Was bedeutet das nun praktisch?

⚠ Ganz einfach, von den 0,036 Bar Drucksteigerung bleiben bei 300 km/h (das sind in Bodennähe rund Mach 0,25;  $\Delta\rho/\rho \approx 0,25^2/2 \approx 0,03$ ) nur noch 3 % übrig.

❓ Aber, dann hab ich ja nur noch 0,001 Bar Druckzunahme! Das ist ja weniger als nichts.

⚠ Genau denn das entspricht etwa der Druckzunahme, wenn man von einem 8(!) Meter hohen Berg runtergefahren ist. (Druckunterschied ca 0,001 Bar auf 8 Meter in Bodennähe.) Und diese Leistungssteigerung gilt bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 300 km/h(!) Bei niedrigeren Geschwindigkeiten ist es entsprechend weniger.

❓ Na, noch weniger geht ja schon nicht mehr.

⚠ Aber jetzt wieder zurück. Dass Luft unter 500 km/h praktisch nicht kompressibel ist, bedeutet einfach nichts anderes, als:

**Die kinetische Energie der Luft kann unter 500 km/h nicht verwendet werden um den statischen Druck der Luft wirksam zu erhöhen.**

❓ Dann kann die Stauluftaufladung unter 500 km/h Fahrtgeschwindigkeit ja niemals richtig funktionieren!

⚠ **Genau so ist es! Stauluftaufladung funktioniert unter 500 km/h kaum.** Würden nicht alle Autohersteller diese Aufladung benutzen, wenn es

sie geben würde? Immerhin könnte man so ja fast ohne Mehrkosten eine Mehrleistung erhalten.

⊗ Also sorry, aber ich kann es immer noch nicht so richtig glauben, dass die Stauaufladung nicht funktionieren soll.

⚠ Die Strömungsmechanik ist auch schwer zu verstehen. Ich versuch es mit einem letzten Beispiel:

Wir nehmen einen Lader (Turbo oder mechanisch spielt hier keine Rolle) und schließen ihn gasdicht am Lufteinlass an. Was passiert?

⊗ Durch den Lader steigt die Leistung, weil der statische Druck durch den Lader höher wird.

⚠ Genau so ist es. Jetzt verwenden wir den gleichen Lader, montieren aber die gasdichte Verbindung zum Ansaugrohr ab. Wir lassen den Luftaustritt des Laders einfach so über eine geringe Entfernung in das Ansaugrohr blasen. Was passiert?

⊗ Aha ich glaub jetzt der Cent, gefallen. Es gibt keine Leistungssteigerung.

Weil der Lader nicht dicht mit dem Motor verbunden ist, kann sich kein höherer statischer Druck aufbauen. Der Lader bläst zwar in Richtung Ansaugrohr, aber was der Motor nicht sowieso einsaugt wird einfach in die Gegend geblasen.

⚠ Das hätte ich nicht besser sagen können.

⊗ Na gut jetzt glaube ich es, dass es die Stauaufladung nicht gibt. Aber es bringt doch sicher Vorteile, wenn man die Luft direkt von vorne einströmen lässt.

⚠ In der Realität könnte es durchaus sein, dass durch Luftwirbel die der vermeintliche Ram Air Duct erzeugt, oder auch durch Verwirbelungen an der Karosserie, oder durch ungünstige Gassäulenschwingungen die Strömung so gestört wird, dass es sogar zu einer Minderleistung kommt. Denkbar wäre auch, daß durch eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit der statische Druck niedriger ist. Der denkbar ungünstigste Einbauort für den Ansaugschnorchel wäre auf dem Fahrzeugdach. Dort ist die Strömungsgeschwindigkeit am höchsten und damit der statische Druck niedriger als im relativ strömungsfreien Motorenraum.

⊗ Ja aber die Formel Rennwagen haben den Ansaugschnorchel doch auch direkt oben drauf?

⚠ Schon, die Strömungsverhältnisse sind bei einer solchen Karosserie aber auch von einem normalen Auto recht verschieden.

Eigentlich sollte die Luft an einem möglichst ruhigen Ort (ruhig bezogen auf Luftströmungen) entnommen werden. Optimal ist es dann noch, wenn der Lufteinlass keine scharfen Kanten hat. Das ist aber jetzt ein anderes Teilgebiet der Strömungsmechanik, und zwar die Aerodynamik.

⊗ Also ist Direkteinströmung an der Fahrzeugfront auch nicht das wahre?

⚠ Das kann man nicht pauschal beantworten. Es kommt auf die aerodynamischen Verhältnisse an der Fahrzeugfront an, und die sind bei jedem Fahrzeug anders.

⊗ Aber es gibt doch ein paar Autohersteller die so eine Ram Air Anlage anbieten. z.B. gab es bei Pontiac für den TransAm das Paket WS6 das sich sogar Ram Air Kit oder ähnlich nannte.



⚠ Es ist ein reines Werbeargument, es hört sich gut an und ist im übrigen hauptsächlich ein optisches Tuning.

⊗ hmmm na gut. Aber für die Corvette gibt doch auch diese speziellen Ram Air Ducts, z.B. den XxxxRam der mit einer Garantie für Mehrleistung geliefert wird. Was ist denn damit?

⚠ Nun da frage ich mich, wie die Konstrukteure diese Leistungssteigerung gemessen haben. Auf einem Motorenprüfstand muß die Stauluft simuliert werden, das Auto also gleichzeitig im Windkanal stehen. Aufwändig aber machbar und reproduzierbar.

Auf der Straße wäre eine Leistungsmessung auch sehr aufwändig und zudem schwer reproduzierbar.

Man muß sich die Konstruktion mal genau anschauen. Sie entnehmen die „Stau“ Luft ja generell außerhalb des Motorenraumes.

Und hier kommt Punkt 4 unserer Problemlösungen ins Spiel: **Senken der Temperatur der angesaugten Luft.**

☐ Ach ja, es gibt ja auch diese „Cold Air Induction Systems“.

⚠ Und im Gegensatz zu den Ram Air Intakes funktioniert das mit der kalten Luft sogar, was sich physikalisch leicht beweisen lässt. Leider müssen wir wieder ein paar Formeln bemühen:

☐ Nicht schon wieder ...

⚠ Doch doch, ohne Beweis glaubt Ihr mir ja nicht (ich würde es jedenfalls nicht). Die Dichte der Luft errechnet sich aus:

$$Dichte [kg/m^3] = \frac{Druck [Pa]}{Spezielle Gaskonstante [\frac{J}{kg \cdot K}] \cdot Temperatur [K]}$$

Die Spezielle Gaskonstante für Luft =  $287 \frac{J}{kg \cdot K}$

☐ Oh Mann immer diese blöden Formeln.

⚠ Mit Beispielen wird's wieder einfacher:

Beispiel 1:	Beispiel 2:
Die Luft wird aus dem heißen Motorenraum entnommen, die Ansaugleitungen können sich durch die Motorabwärme aufheizen.	Die Luft wird außerhalb des Motorenraumes entnommen, die Ansaugleitungen sind gut gegen Hitze isoliert.
Luftdruck = 1,013 Bar = 101300 Pascal Temperatur = 40°C = 313 Kelvin	Luftdruck = 1,013 Bar = 101300 Pascal Temperatur = 20°C = 293 Kelvin
Das ergibt dann für die Luftdichte $\rho = \frac{101300}{287 \cdot 313} = 1,128 \text{ kg/m}^3$	Das ergibt dann für die Luftdichte $\rho = \frac{101300}{287 \cdot 293} = 1,205 \text{ kg/m}^3$

☐ Hey da ist die Dichte ja rund 7 % höher wenn die Temperatur 20° niedriger ist.

⚠ Genau, und durch die größere Luftdichte ist auch die Motorleistung größer. In der Praxis wird es unter Umständen nicht ganz so viel sein, denn der Motorenraum ist ja im allgemeinen gut belüftet. Aber hier ist eine Mehrleistung doch vorhanden und real messbar.

Die so genannten Ram Air Intakes verwenden also zur (garantierten) Leistungssteigerung einen völlig anderen physikalischen Effekt als sie uns glauben machen wollen.

☐ Alles klar, weil kalte Luft dichter ist, gelangt mehr davon in die Zylinder, kann mit mehr Kraftstoff verbrannt werden und das ergibt die Leistungssteigerung.

⚠ Genau so ist es. Ein gutes Beispiel für Leistungssteigerung durch kühlere Luft ist der Ladeluftkühler, der einem Lader nachgeschaltet wird.

☐ Im Ladeluftkühler wird die Luft die sich durch den Verdichtungsprozess im Lader aufgeheizt hat wieder abgekühlt und damit die Dichte vergrößert.

⚠ Das ist richtig. Leider ist das ganze wieder sehr aufwändig und damit auch teuer. Aber es funktioniert.

☐ Leistungssteigerung ist also immer mit hohem Aufwand und Kosten verbunden.

⚠ Leider ja. Von nichts kommt nichts, sonst würde es ja einfach jeder machen, vor allem die Motorenhersteller selbst. Allgemein kann man sagen, dass eine Leistungssteigerung bis zu

10 % mit einfachen Mitteln möglich sein kann. Eine größere Mehrleistung wird nur durch aufwändige Umbauten am und im Motor möglich sein.

Und nicht zu vergessen: Wenn der Luftfilterhersteller 6 % Mehrleistung garantiert und der Auspuffhersteller 8 % und das Chiptuning 7 % und der Nockenwellenhersteller 12 %, dann beträgt die Mehrleistung **nicht** einfach die Summe aller Prozentwerte, (im Beispiel wären das dann 33 %). Denn die einzelnen Werte beeinflussen sich immer gegenseitig. Manche Tuningmaßnahmen verbessern die Leistung im unteren Drehzahlbereich, andere bei höheren Drehzahlen.

Besonders mit der Nockenwelle kann man sich seinen Wunschmodor bauen - oder verzweifeln:

Durchzugsstarke und elastische Motoren weisen eine relativ geringe Ventilüberschneidung von ca. 80 bis 120 Grad auf. Bei Rennmotoren ist die Überschneidung zugunsten der kompromisslosen Höchstleistung sehr hoch: bis zu 190 Grad KW teilweise noch mehr.

Bei diesen Sportnockenwellen schliesst das Einlassventil mit bis zu 100 Grad nach UT sehr spät; so wird bei hoher Drehzahl eine hohe Nachladung und damit auch Leistung erzielt. Im unteren Drehzahlbereich dagegen ist die Leistung miserabel, weil ein Teil des Frischgases wieder in den Einlasskanal zurückgeschoben wird.

Das aber jetzt nur am Rande

#### ⊙ Schade so einfach ist es also nicht.

Erfolgreiches Motortuning ist eine Kunst. Vor allem, wenn auch noch eine annehmbare Haltbarkeit des Triebwerks gefordert ist. Man muss schon sehr genau wissen was man tut, um eine tatsächlich messbare Leistungssteigerung und nicht nur eine *gefühlsmäßigen* Leistungszuwachs zu erreichen.

#### ⊙ Aber jetzt noch mal zurück zur Leistung bei Verwendung von kalter Luft. Wenn bei kaltem Wetter die Luft dichter ist, dann heißt das doch daß ich mehr Leistung zur Verfügung habe, dann kann ich auch eine höhere Endgeschwindigkeit erzielen.

⚠ Leider nein, denn auch beim Luftwiderstand geht die Luftdichte mit ein. Einfach gesagt, bei kaltem Wetter ist die Molekülsuppe dicker als bei warmen Wetter. Und um eine dicke Molekülsuppe zu durchpflügen braucht es mehr Leistung. Aber im Bereich bis etwa 100 km/h dürfte die Beschleunigung besser werden.

#### ⊙ So'n Mist wieder nix. Aber es soll doch Rennstrecke geben, bei denen streckenweise die Motoren mehr Leistung bringen.

⚠ Das soll es geben. Das sind dann meist Abschnitte die durch viel Wald führen. Dort soll der Anteil des Sauerstoffes in der Umgebungsluft minimal höher sein. Mehr Sauerstoff würde dann, einfach gesagt, mehr Verbrennung bringen, denn der Stickstoff der Luft wird ja ungebraucht wieder „ausgeschieden“.

#### ⊙ Ahaaa, Dann könnte ich doch einfach eine Sauerstoffflasche im Auto anbringen um bei Gelegenheit einen extra Boost zu erreichen? Dann bräuchte man dieses sauteure NOS nicht.

⚠ Reinen Sauerstoff zu verwenden ist äußerst kritisch, denn der Zunahme an Leistung steht die enorme Zunahme an Verbrennungstemperatur gegenüber. Da sind dann schneller als man Überholen könnte Kolben und Ventile zusammengeschmolzen.

Beispiel gefällig:

Eine handelsübliche Gaslötlampe verbrennt das Gas mit angesaugter Umgebungsluft. Flammentemperatur so ca. 1500°C.

Ein Schweißbrenner führt dem Brenngas reinen Sauerstoff zu. Flammentemperatur ca. 3000°C

#### ⊙ Gut Sauerstoffeinspritzung ist also auch keine Lösung. Wie funktioniert dann das NOS ?

△ NOS als Bezeichnung für **Nitrous Oxide System** verwendet Distickstoffoxid (Trivialname Lachgas) mit der chemischen Formel  $N_2O$ . Distickstoffoxid ist ein farbloses und unbrennbares Gas, es wird zusätzlich zum Kraftstoff-Luftgemisch eingespritzt.

② Was unbrennbares Gas? Aber wie soll denn das dann die Leistung steigern?

Durch die Lösung 4: Senken der Temperatur der angesaugten Luft.

$N_2O$  Moleküle bestehen aus zwei Atomen Stickstoff ( $N_2$ ) und einem Atom Sauerstoff (O). Bei der Einspritzung in den Brennraum wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch sehr stark abgekühlt (ca. 20-40 Grad Minus je nach Einspritzmenge), dadurch wird die Dichte höher. Somit kann mehr Kraftstoff-Luft-Gemisch angesaugt werden.

Ab einer Temperatur von ca. 300 °C wird dann das Sauerstoff-Atom freigesetzt und unterstützt die Verbrennung, es kann nochmals etwas mehr Kraftstoff eingebracht werden. Das Lachgas wird mit einer Temperatur von ca. minus 80° eingespritzt, deshalb ist die thermische Schädigung des Motors durch Überhitzung wesentlich geringer als es bei reinem Sauerstoff der Fall wäre. Eine Schädigung von Motor, Antriebsstrang und Getriebe durch mechanische Überlastung kann aber möglich sein.

② OK ich glaube jetzt sind alle Klarheiten beseitigt. Es gibt also scheinbar keinen einfachen Weg meiner Corvette zu merklich mehr Leistung zu verhelfen, schon garnicht mit Stauluftaufladung.

△ Es gibt viele Wege zur Leistungssteigerung und alle haben ihre Vor- und Nachteile, aber keinen einfachen und vor allem billigen Weg. Bevor wir noch weiter vom ursprünglichen Thema abschweifen, wäre jetzt das Ende dieses Artikels erreicht. Falls der geneigte Leser bis hierher durchgehalten hat und sagt „wieder was gelernt“ dann würde mich das freuen.

Noch ein paar Anmerkungen:

Die Resultate der Rechenbeispiele sind rein theoretischer Art. Gerade in der Strömungsmechanik sind viele Ergebnisse nur ungenügend vorausberechenbar. Sonst bräuchte niemand Windkanäle. Die verwendeten Rechengänge sind außerdem stark vereinfacht, rein modellhaft und nur für ideale Gase gültig.

Nicht berücksichtigt wurde, ob die Strömung laminar oder turbulent verläuft. Es dürfte aber bereits bei Leerlaufdrehzahl eine Reynoldszahl von weit mehr als 2320 erreicht werden, somit ist die Strömung im Ansaugtrakt sicher turbulent. Auch ob eventuell Strömungsablösungen durch eine zu rasche Querschnittserweiterung zu erwarten sind wurde nicht berechnet. Wir nahmen weiterhin an, daß die Strömung über den ganzen Querschnitt gleich schnell ist, auch das entspricht nicht der Wirklichkeit.

Unberücksichtigt blieb auch der Wirkungsgrad des Diffusors und die Temperaturerhöhung beim Kompressionsvorgang im Diffusor.

Die errechneten Ergebnisse würden zwar dadurch an der x-ten Stelle nach dem Komma genauer, aber die Ergebnisse werden sicher noch ungünstiger, das heißt die extrem geringe Leistungssteigerung durch Stauluftaufladung (zur Erinnerung: 0,001 % bei 300 km/h) wird noch weiter reduziert, geht also vollends gegen Null.

Ebenfalls nicht berücksichtigt wurde eine mögliche Überschallströmung in einen auf den Lufteinlass aufgesetzten Konfusor. Eine Strömung mit Überschall würden durch Verdichtungsstöße tatsächlich einen Anstieg des statischen Druckes bewirken, allerdings verbunden mit einer Zunahme der Lufttemperatur = Abnahme der Luftdichte. Diese Verdichtungsstöße sind aber extrem schwierig zu berechnen und in der Praxis noch schwieriger zu realisieren, vor allem, wenn sie bei normalen Kfz-Geschwindigkeiten funktionieren sollen.

Einige der Leser werden jetzt denken, „hab ich doch immer gesagt, Ram Air ist Humbug“. Bei einigen wird das Gesicht etwas länger geworden sein, weil sie fest an den Mythos Stauluftaufladung geglaubt hatten.

Sicherlich wird es noch ein paar Autobesitzer geben (vornehmlich solche, die eine Stauluftthutze angebaut haben) die sich auch durch diesen Beitrag nicht von Ihrem Glauben an die Ram Air Charging abbringen lassen.



Ich denke, wir wissen es jetzt besser.

Euer Harald AKA TeraVolt