

# Eine kleine Einführung in die Theorie und Praxis des Auspuffbaus

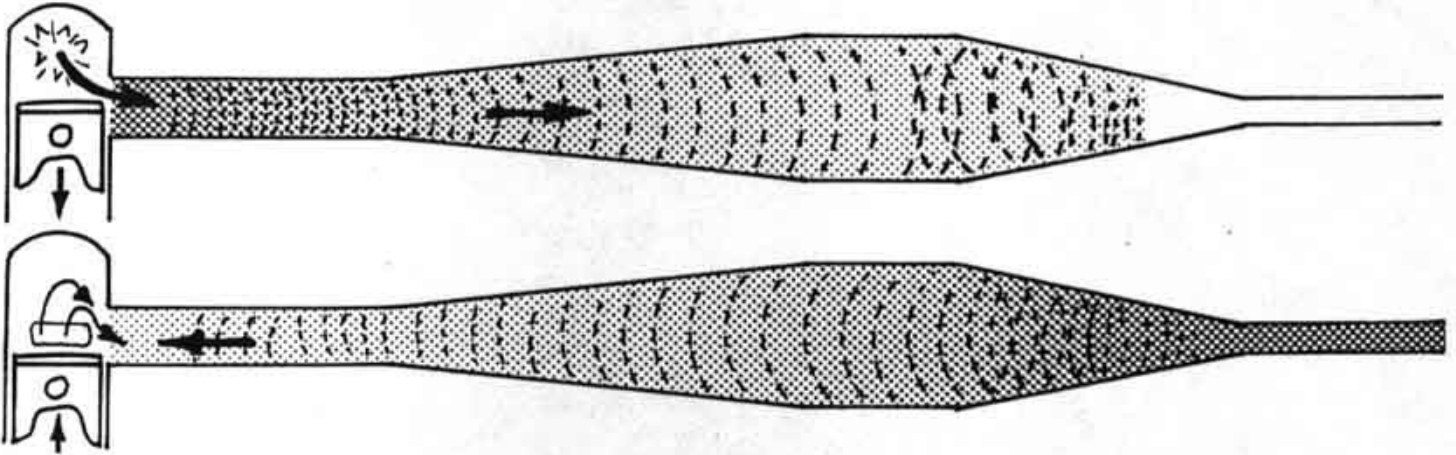


**Das komplexeste Bauteil eines Zweitaktmotors ist mit Sicherheit der Auspuff, oder besser gesagt der Resonanzauspuff.**

**Er unterstützt das Herausströmen der Abgase aus dem Zylinder und so gleichermaßen das Einströmen frischen Benzin Luft Gemisches. Öffnet sich der Auslass wird aufgrund des Diffusor- oder Megaphoneffekts das verbrannte Gemisch zusätzlich herausgezogen. Es bildet sich eine Druckwelle, die den ganzen Auspuff hindurchwandert. Erreicht diese Welle nun den Gegenkonus (da wo es am Ende des Auspuffes wieder enger wird) prallt sie quasi wie an einer Wand ab und geht zurück Richtung Auslass. Zu dieser Zeit ist der Kolben auch schon über U.T. (unterer Totpunkt) hinweg und auf dem Weg den Auslass wieder zu verschliessen. Diese rücklaufende Druckwelle verhindert nun, daß die eben frisch eingeströmten Gase auch durch den Auslass entweichen. Die Druckwelle drückt quasi zur richtigen Zeit von der Auslassseite in den Zylinder hinein. Das ganze ist sozusagen eine Art Aufladeeffekt**

**Alle Resonanzauspuffanlagen arbeiten in einem bestimmten Drehzahlbereich. Das ist nicht ganz einfach zu erläutern. In erster Linie ist es eine "Zeitfrage". Die rücklaufende Druckwelle muß genau im richtigen Zeitpunkt mit leichtem Überdruck von der Auspuffseite her den Auslass verschliessen um es den Frischgasen (die gerade durch die Überstromkanäle in den Brennraum strömten) nicht zu ermöglichen ebenfalls aus dem Auslass zu entkommen. Diese Druckwelle bewegt sich mit einer gewissen Geschwindigkeit im Auspuff voran (ca. 550 Meter in der Sekunde). Diese Geschwindigkeit (Es ist eigentlich die normale Schallgeschwindigkeit 330 m/s. Sie ist eben nur so hoch, da die Temperatur bei ca. 400 bis 600 Grad liegt) ist umso höher, je höher die Temperatur im Auspuff ist. Die Temperatur ist aber wiederum abhängig von der momentanen Motordrehzahl.**

Komprimierte Abgase strömen zum Auslaßkanal hinaus, wenn der Kolben nach der Entzündung des Gasgemisches nach unten geht. Beim Erreichen des konischen Megaphons beginnen sie sich zu entspannen und bilden hinter sich eine Unterdruckzone, die beiträgt, die restlichen Abgase aus dem Zylinder und sogar das Frischgas vom Gehäuse durch die Überströmkanäle zu fördern.



Inzwischen hat die mit der Gasströmung wandernde Schallwelle sich am Gegenkonus gebrochen, und wenn jetzt der Kolben beim Aufwärtshub das Frischgas zu komprimieren beginnt, schiebt die Schallwelle die Frischgase, die zum Auslaßkanal entweichen wollen, zurück in den Zylinder. Die Schallwellenimpulse helfen tatsächlich, Füllung und Druck im Brennraum zu erhöhen.

**Noch mal:**

**Die rücklaufende Druckwelle muss zum richtigen Zeitpunkt am Auslass anstehen.**

**Das kann sie nicht zu jeder beliebigen Drehzahl tun, da bei hohen Drehzahlen die Auspufftemperatur um fast 200 Grad ansteigt - und somit auch die Geschwindigkeit der Druckwelle.**

**D.h., daß die Druckwelle bei hohen Drehzahlen quasi zu früh am Auslass ist und bei niedrigeren Drehzahlen zu spät.**

**Eine Resonanzauspuff arbeitet also immer nur in einem gewissen Drehzahlbereich. Dieser ist festgelegt durch die Auspufflänge. Ein kurzer Auspuff ermöglicht einem Zylinder die Abgabe der Spitzenleistung bei hohen Drehzahlen - ein langer Auspuff gibt seine maximale Leistung bei niedrigerer Drehzahl ab.**

**Um einen Auspuff zu konstruieren muss man sich also erst mal überlegen, bei welcher Drehzahl das Leistungsmaximum liegen soll. Dies kann Näherungsweise mit folgender Formel berechnet werden.**

Zum Umrechnen der Auslasshöhe (mm) auf die zur Berechnung erforderlichen Grad ladet Euch das nebenstehende kleine Programm herunter. Anstatt eines Kommas gebt bei der Zahleneingabe bitte einen Punkt ein.



Internet Explorer: Rechte Maustaste, Ziel speichern unter. Netscape: Rechte Maustaste, Verknüpfung speichern unter.

Sollte das Laden nicht funktionieren schickt mir eine kurze mail. Ich schicke Euch dann das Programm.

$$\text{Länge} = \frac{\text{Auspuffgastemperatur} \times \left( \text{Auslasssteuerzeit} - \left( \frac{\text{Auslasssteuerzeit} - \text{Überstromsteuerzeit}}{2} \right) \right)}{12 \times \text{Drehzahl}}$$

### Beispiel:

Auspufftemperatur : 550\*\*\*

(\*\*\* Dieser Wert kann man IMMER als Näherung nehmen)

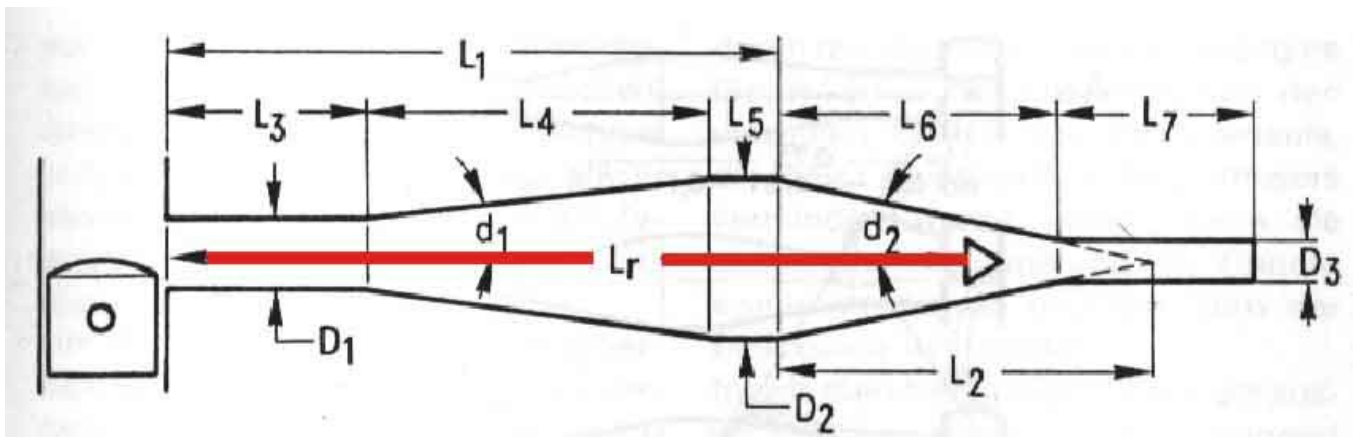
Auslasssteuerzeit : 190

Überstromsteuerzeit : 130

Drehzahl 7500

$$\frac{550 \times (190 - [(190 - 130) : 2])}{12 \times 7500} = 0,977 \text{ METER}$$

Die errechnete Länge ist das Maß von Kolbenkante bis zur Mitte des verlängerten Gegenkonuses. Es ist also NICHT die Gesamtlänge. In der folgende Abmaßskizze ist diese Länge (ROT) als Resonanzlänge abgebildet.



**Bild 53: Diffusor und Gegenkonus — Hauptabmessungen**

Die schematische Darstellung der Auspuffanlage mit Diffusor und Gegenkonus zeigt die für Füllung und Leistungsverlauf entscheidenden Abmessungen.

Es bedeuten:

- $D_1$  = Innendurchmesser des zylindrischen Eingangsrohres
- $D_2$  = Innerer Enddurchmesser des Diffusors
- $D_3$  = Innendurchmesser des Endrohres
- $l_1$  = Länge von Auspuffschlitz bis Beginn des Gegenkonus
- $l_2$  = Länge des Gegenkonus (gesamt)
- $l_3$  = Länge des zylindrischen Eingangsrohres
- $l_4$  = Länge des Diffusors
- $l_5$  = Länge des zylindrischen Zwischenstückes
- $l_6$  = Länge des Gegenkonus (real)
- $l_7$  = Länge des Endrohres
- $\alpha_1$  = halber Kegelwinkel des Diffusors
- $\alpha_2$  = halber Kegelwinkel des Gegenkonus
- $L_r$  = Resonanzlänge

Um ein PRINZIPIELLES Bild davon zu bekommen bietet sich folgendes Programm an. Es verdeutlicht recht einfach die Einflüsse verschiedener Faktoren. BITTE - BITTE nehmt die Maßangaben nicht ernst. Es geht hier nur mal um das Prinzip !!!

Internet Explorer: Rechte Maustaste, Ziel speichern unter. Netscape: Rechte Maustaste, Verknüpfung speichern unter.

Sollte das Laden nicht funktionieren schickt mir eine kurze mail. Ich schicke Euch dann das Programm.



# Und die anderen Maße ??? Fragt Ihr Euch nun sicherlich ....

Da hilft nur eines: Auspuff bauen und ab auf den Prüfstand. Ein paar Anhaltswerte kann ich Euch trotzdem geben: Die Resonanzlänge könnt Ihr Euch ja selber berechnen. Der größte Durchmesser (D2) sollte zwischen 95 und 115 mm liegen. Der Anfangsdurchmesser (D1) etwa 5 bis 15 % größer als der Auslaßdurchmesser am Zylinder. Das ZYLINDRISCHE Krümmerstück (L3) sollte etwa 200 bis 300 mm lang sein. Das Ausgangsrohr (D3) zwischen 20 und 27 mm. Die Länge des Bauches (L5) sollte zwischen 30 und 120 mm liegen. Die restlichen Maße ergeben sich aus dem Bau heraus. Am besten hält man sich grob an bereits bestehende Auspuffanlagen und baut diese dann mit diversen Änderungen nach. Denn sooo schlecht sind einige gar nicht.



Das aufwendigste am Bau eines Auspuffes ist die richtige Lage des Auspuffes an sich. Er darf nirgendwo anecken und sollte auch nicht 2 Meter nach hinten heraus herüberraegen. Er soll schön liegen und gut aussehen. Dazu ist es notwendig zuerst ein Pappmodell zu entwickeln. Dieses wird am besten direkt am Roller gebaut. Die Einzelteile werden mit Tesafilm zusammengeklebt und lassen sich leicht mit einem Teppichmesser trennen. Ein Auspuff besteht etwa aus 20 bis 30 einzelnen Segmenten. Bis das Pappmodell so verläuft, wie man es gerne hätte sind mindestens 15 Einzelstücke mehrmals in ihren Winkel geändert und vollkommen neu konstruiert worden. Die eigentliche Konstruktion erfolgt auf normalem Papier.

Von diesen Papierabwicklungen werden dann die Pappsegmente geschnitten und mit der Hand gerollt. Das erfordert Genauigkeit und viel Geduld. Mit etwas Übung ist ein Pappmodell nach 30 Stunden fertig. Denn jedes Teilstück (Segment) muß einzeln am Zeichentisch konstruiert werden.





**Hier seht Ihr den fertigen Pappauspuff. Mit den Papierschablonen (Abwicklungen) kann man nun daran gehen, das, was man mit der Pappe getan hat, nun auch in 1 mm Stahlblech umzuwandeln.**



**Die Papierabwicklungen werden auf eine Blechtafel (1mm) gelegt und sauber mit einem dünnen Edding angezeichnet.**



**Danach werden die Einzelsegmente aus Stahl AM ROLLER zusammengeheftet und später WIG verschweißt. Hier das Pappmodell mit fertigem Auspuff.**



**Und nochmals unser fertiger Beispielauspuff nach etwa ca. 45 Stunden Gesamtaufwand.**



**Und der fertige Auspuff montiert am Roller.**



**Da der vorherige Auspuff nicht so die Leistung erbrachte wurde ein neuer (mit größerem Bauch) konstruiert**





**Doch der fertige Stahlauspuff zeigte immer noch Schwächen und so wurde noch das Endstück abgeändert. Wieder zuerst in Pappe.**



**Und als Beispiel hier ein alter PX 200 Eigenbau. Der Stahlauspuff wurde allerdings 8-mal umgebaut um maximale Leistung zu ergattern. Dies geschieht auf dem Prüfstand. Missfällt die Leistungskurve wird der Auspuff demontiert, zersägt und umgebaut. Und das mehrmals. Da gehen schon mal ein paar Tage drauf.**



**Und nochmal der alte PX 200 Eigenbau nach 8 maligem Umbau.**



**Das ist der momentan neuste PX 200 Auspuff. Deutlich unterscheidet er sich von der alten Bauweise**

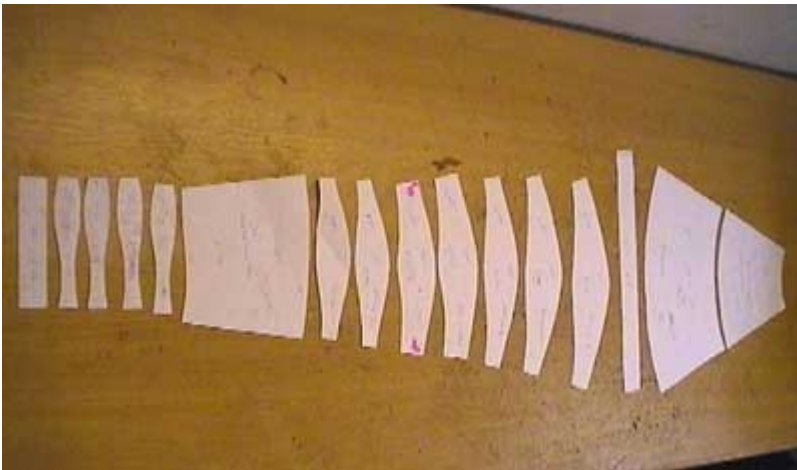


**Und nur mal so zum Schauen hier ein Pappmodell für eine Vespa T5.**

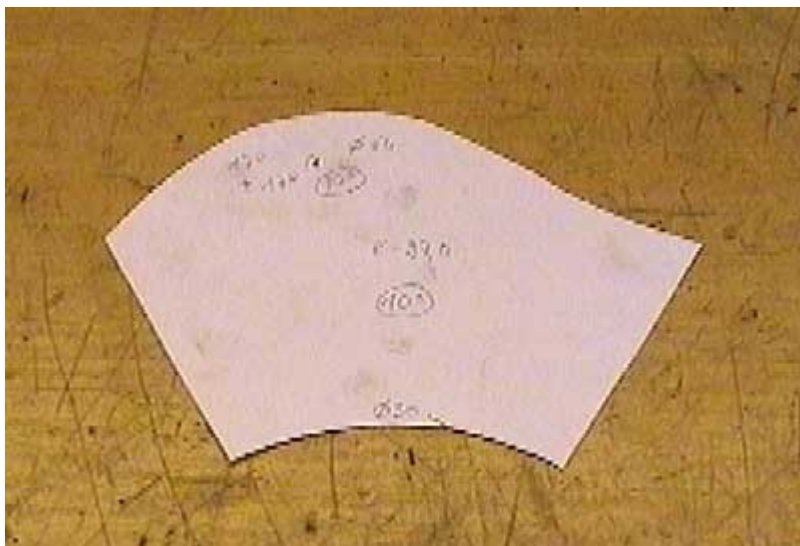


**Und zum Schluß ein Pappmodell für eine Lambretta TS1 225**

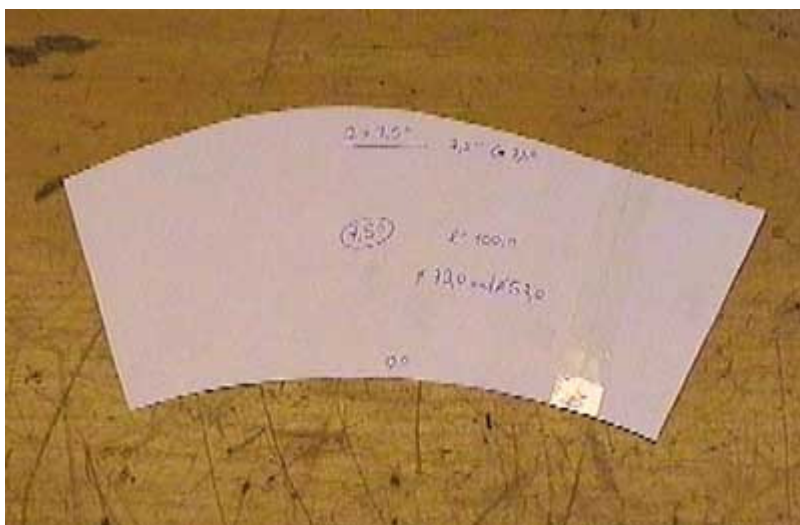
**Der eigentliche Bau :**



**Zusammengestellt sind hier alle Schablonen, die zum Bau eines T 5 Auspuffes notwendig sind.**

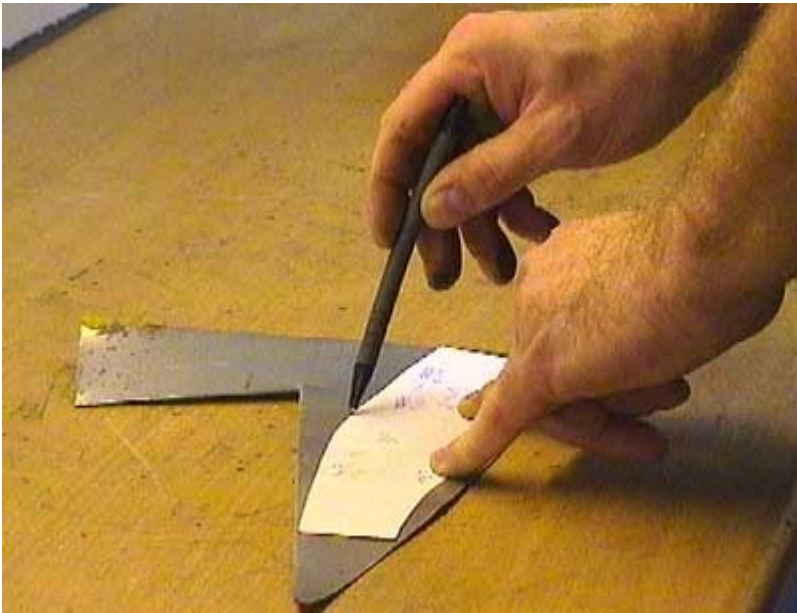


Hier eine einzelne Schablone. Sie wurde in 30 min am Zeichenbrett entwickelt und ist kein "einfacher Konus" sondern muß (damit der Auspuff richtig verläuft) in allen nur denkbaren Winkeln und allen Richtungen schräg verlaufen. Das ist eins der schwierigen Bauteile - was die Konstruktion angeht



Auch hier nochmals eine etwas schwierigere Schablone.





**Die Papierschablone wird auf ein 1 mm Stahlblech gelegt und mit einem dünnen Edding angezeichnet.**



**Dann wird das Blech mit einer Blechschere ausgeschnitten ....**





**... und mit einer Blechwalze rund gewalzt.**



**... und gewalzt ...**



... und gewalzt ...



... und gewalzt ...



Hier ein fertiges Blechsegment. Dieses wird dann durch 2 Punkte verschweißt, damit es nicht "aufgeht".



Und nochmals Schablone mit fertigem Teil.





**Und jede Menge an Schrottteilen, die sich über die Zeit ansammeln.**