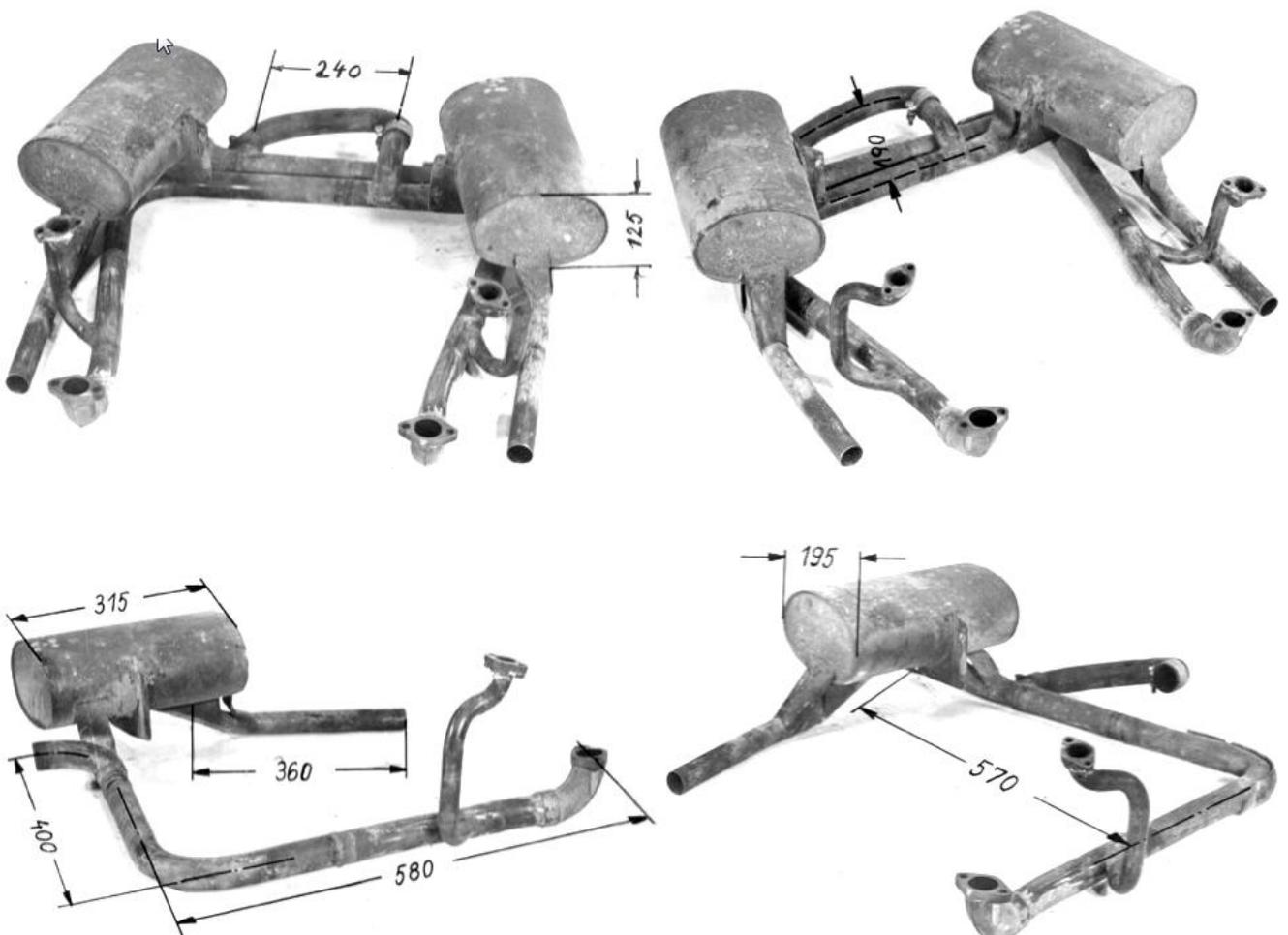




HRH
Steyr Puch
tuning

Die Monte-Carlo-Auspuffanlage für den Steyr-Puch 650 TR

Originalbilder vom Steyr-Puch-Werk



Die Monte-Carlo-Auspuffanlage für den Steyr-Puch 650 TR

Ursprünglicher Hersteller und Typen

Frage man Anfang der Siebziger Jahre beim Steyr-Puch-Werk in Graz um Konstruktionszeichnungen für die Monte-Carlo-Anlage an, so erhielt man die 4 Bilder, welche auf der Titelseite abgebildet sind.

Die Fa. Moser-Tuning in Wien fertigte damals die Monte-Carlo-Auspuffanlagen für das Puch-Werk.

Die Auspuffanlage wurde ohne und mit Heizung angeboten.

Moser hielt sich dabei weitgehend an die Vorgaben entsprechend den Werksfotos.



Die Monte-Carlo-Racing-Anlage (4-Endrohre) war eine Eigenentwicklung von Hrn. Moser und nie über das Puch-Werk erhältlich. Daher gibt es auch keine offiziellen Zeichnungen.

Sie unterscheidet sich an 2 Stellen:

1. Vier statt zwei Endrohre
2. Die Rohrlänge wurde an der Stelle, wo sie in den Topf mündet, um ca. 15 cm verlängert, daher mündet das Rohr dann nicht mehr unten in den Topf, sondern außen seitlich.

Bilder aus dem Moser-Katalog:



3131 MONTE CARLO Auspuffanlage
3132 MONTE CARLO Auspuffanlage mit Heizung



3133 MONTE CARLO - RACING

Kommentare im Moser-Katalog:

Die Auspuffanlage ist eine Expansionsanlage mit langen abgestimmten Gaswegen. Sie bringt einen starken Drehmomentzuwachs in den unteren Drehzahlbereichen und erlaubt überdies auch hohe Drehzahlen. Für diese Anlage empfehlen wir eine versetzte P92 Nockenwelle. Die MONTE-CARLO Anlage ist auch mit Heizung lieferbar. Auf Wunsch liefern wir die Anlage auch mit Dämpfer

Die MONTE-CARLO-RACING stellt eine Weiterentwicklung dar. Hier wurden Rohrlängen verändert und durch die 4 Auslassrohre konnte eine Leistungssteigerung von 3 PS erzielt werden.

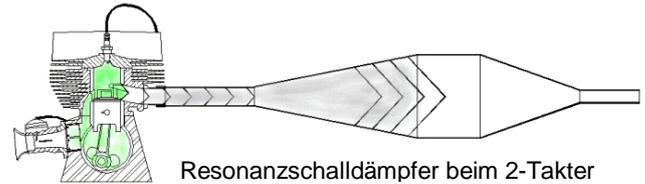
Das Funktionsprinzip

...beruht auf hin- und rücklaufenden Druckwellen.

Der Effekt wird üblicherweise bei Zweitaktmotoren angewandt, wo man Konus und Gegenkonus findet.

Bei 4-Takt-Motoren versucht man vor allem ein niedriges Abgasgegendruckniveau zu erreichen, in dem man den Strömungswiderstand im Abgasstrang niedrig hält.

Druckwellen im Auspufftrakt von 4-Taktmotoren werden meist nur bei Rennmotoren genutzt.



Der Effekt:

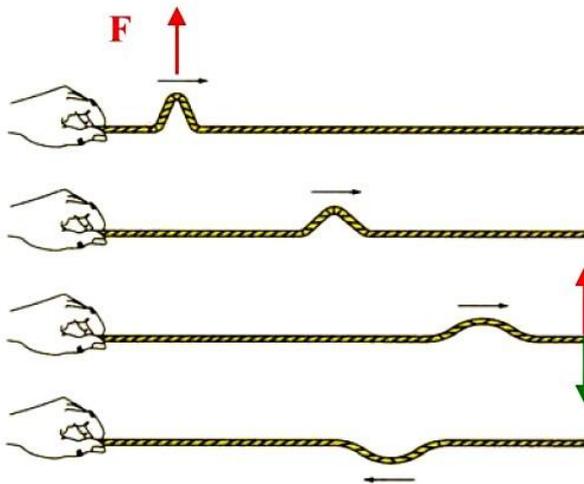
Betrachten wir den Weg der Schallwellen in Zeitlupe:

Die unter hohem Druck am Auslassventil entweichenden Gase strömen zunächst durch das zylindrische Rohr und erreichen nach kurzer Zeit eine Erweiterung, die wie ein offenes Rohrende wirkt. Ein Teil der positiven Druckwelle wird hier reflektiert, wechselt sein Vorzeichen und läuft als Unterdruckwelle in Richtung Auslassventil zurück. Ist das Ventil jetzt noch ein Stück offen, wird das Restgas aus dem Zylinderraum herausgesaugt.

Der Effekt wird in diesem Bild veranschaulicht:

Ein Seil ist an einer Wand beweglich befestigt.

Wird es am linken Ende kurz angeregt, so läuft die Welle nach rechts bis zur Wand und kommt dann entgegengesetzt wieder zurück



Der Effekt an der Monte-Carlo-Auspuffanlage

Das Auspuffrohr hat eigentlich **zwei** Enden

Das kurze Rohrende (Abzweigung zum Verbindungsrohr) wirkt bei 6000-7000 U/min

Das lange Rohrende (Mündung in den Topf) wirkt bei ca. 4000-5000 U/min

Die vom Motor kommende Druckwelle „sieht“ an der Einmündung zum Verbindungsrohr eine Querschnittserweiterung, wodurch eine rücklaufende Saugwelle entsteht

Das Verbindungsrohr schafft also Drehmoment bei hohen Drehzahlen. Außerdem hilft es, das Abgas eines jeden Zylinders über beide Töpfe los zu werden.

Der T-Stück-Anschluss muss daher sauber ausgeschnitten sein, dass der volle Verbindungsquerschnitt offen ist.

Die Rohreinmündung in den Topf erfolgt etwas später, hier erfolgt wieder eine (sehr große) Querschnittserweiterung, auch hier entsteht wieder eine rücklaufende Saugwelle.

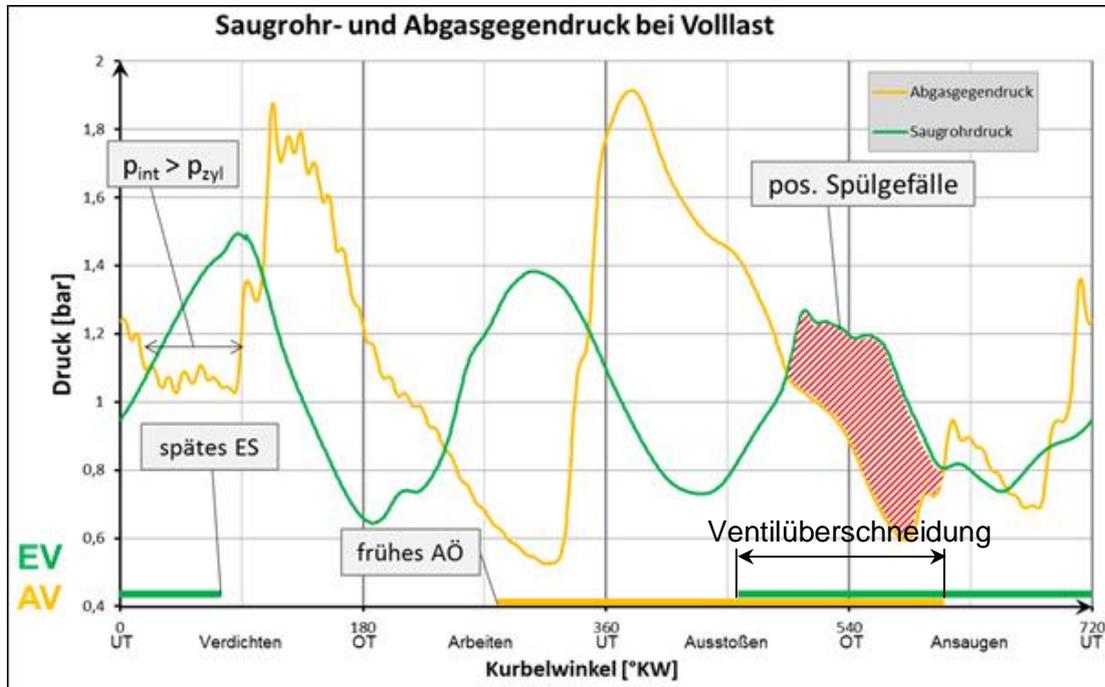
Da der Weg, den die hin- und rücklaufende Schallwelle zurücklegt jetzt länger ist, wirkt der Effekt bei niedrigerer Drehzahl.

Die Rohreinmündung in den Topf ist deshalb für das Drehmoment bei mittleren Drehzahlen zuständig.

Durch die Verlängerung des Rohres bei der Monte-Carlo-Racing-Anlage geht dieses Drehmoment zu etwas niedrigeren Drehzahlen herunter, wodurch das "Loch" zwischen 3000 und 5000 U/min verringert wird und so der Motor gutmütiger wird.

Theorie des Ladungswechsels

Im Ladungswechselschaubild werden über einen kompletten 4-Takt-Zyklus von 720° Kurbelwinkel die Druckverläufe von Einlass- und Auslasssystem, sowie die jeweiligen Steuerzeiten der Nockenwelle dargestellt.



Die Verläufe und Daten entstammen einer Simulationen eines älteren 4-Zylinder Rennmotors und entsprechen Messungen am realen Triebwerk. Die Druckverläufe sind bei einem 2-Zylinder-Motor ähnlich.

Als Ventilüberschneidung bezeichnet man den Winkel in der Nähe des oberen Totpunktes, wo Einlassventil UND Auslassventil gleichzeitig geöffnet sind. (Ende des Auspufftaktes, Beginn des Ansaugtaktes)

Der Effekt einer abgestimmten Abgasanlage kommt nur zum tragen, wenn eine große Ventilüberschneidung vorliegt. Daher bringt eine Monte-Carlo-Auspuffanlage bei einer Nockenwelle P94 mit einer Ventilüberschneidung von $3 + 3^\circ$ praktisch nichts.

Der Effekt wird mit einer P92 (Original TR2, Ventilüberschneidung $26 + 26^\circ$) gut wirksam, mit schärferen Nockenwellen noch mehr.

Im Diagramm oben ist gut erkennbar, dass während der Ventilüberschneidungsphase ein großes positives Spülgefälle anliegt; Saugrohrdruck im Maximum, Abgasgedruck im Minimum, durch gezieltes Timing der Druckwellen.

Die rot schraffierte Fläche (positives Spülgefälle) im Diagramm zeigt folgendes:

- Wir betrachten den Bereich „Ventilüberschneidung“
- Einlass öffnet lange vor OT
- Auslass schließt lange nach OT
- → „Große Ventilüberschneidung“, d. h. beide Ventile sind eine Zeit lang gleichzeitig geöffnet
- Auch im Saugrohr finden Druckschwingungen statt. Ein gut abgestimmtes Saugrohr erhöht zum Zeitpunkt der Überschneidung den Druck am Einlassventil, im vorliegenden Beispiel auf ca. 1,2 bar
- Die zurücklaufende Unterdruckwelle in der Monte-Carlo-Auspuffanlage erzeugt kurz vor schließen des Auslassventils einen Druck von 0,6 bar Absolutdruck
- → Während der Überschneidung herrscht am Einlassventil Überdruck und am Auslassventil unterdruck
- Der Zylinderraum wird mit frischem Gemisch durchgespült, es bleiben kaum Abgasreste im Zylinderraum. Das bewirkt die Leistungssteigerung
- Das Problem dabei ist, dass der Effekt nur bei einer bestimmten Drehzahl eintritt, sich bei halber Drehzahl sogar umkehrt und so das Leistungsloch bei 3500 U/min verursacht.

Berechnung der Rohrlänge

Der benötigte Weg der Abgasdruckwelle ist also der Weg vom Auslassventil bis zum offenen Rohrende und wieder zurück bis zum Auslassventil.

Ich nehme eine Drehzahl von 7000 U/min

Die brauchen wir natürlich pro Sekunde, da die Abgasdruckwellengeschwindigkeit in m/Sek angegeben wird.

also: 7000 U/min : 60 Sek/min = 116,7 U/Sek

somit: 1 Umdrehung = 1/116,7tel Sekunde oder 0,0086 Sek/U.

weiter: 1 Umdrehung = 360 Grad

bedeutet: 1 Grad = 0,0086 / 360 = 0,0000238 Sek/Grad Kurbelwelle.

Aus obigem Diagramm können wir entnehmen, dass von der Druckspitze am Beginn des Auslasstaktes bis zur gewünschten Unterdruckspitze am Ende des Auslasstaktes ca. 180° Kurbelwellenwinkel ablaufen

somit: 180° x 0,0000238 Sek/Grad = 0,00429 Sek.

für 180 Grad Winkel brauchen wir also 0,00429 Sek.

In dieser Zeit muss die Abgasdruckwelle vom Motor zum Rohrende und wieder zurück zum Motor laufen.

Die Schallgeschwindigkeit im heißen Abgas beträgt bei 350°C heißem Abgas ca. 490 m/s

also: 490 m/Sek x 0,00166665 Sek = 2,1 m

Das ist hin und zurück. Beim Zurücklaufen muss die Unterdruckwelle allerdings gegen die Strömung ankämpfen. Die Gasgeschwindigkeit beträgt ca. 100 m/sec, Daher wird die Geschwindigkeit um 1/5 reduziert.

Wir reduzieren das Ergebnis um 10% (Mittelwert aus 0% Druckwelle, 20% Saugwelle)

somit: 2,06 m : 2 : 1,1 = 0,95 m

Ergebnis: Resonanzpunkt für den kurzen Rohrabschnitt bis zur Einmündung des Verbindungsrohres

Das alles in eine Formel gepackt:

$$L = \frac{490 \text{ m/s} \times 180^\circ}{13,2 \times 7000 \text{ U/min}} = 0,95 \text{ m}$$

Da sich in Saug- und Abgasrohr wilde Schwingungen überlagern, ist das natürlich nur eine grobe Näherung. Weiters ist die Abgastemperatur und damit die Schallgeschwindigkeit von vielen Faktoren abhängig.

Der Ideale Auspuff

Nach allem bisher gehörten ergibt sich der ideale Auspuff, in dem man ein Rohr, abgestimmt auf 8000 U/min, also ca. 80 cm lang mit einer konischen Trompete verlängert. Wählt man die Trompete ca. 50 cm lang, so ergibt sich der Resonanzeffekt am Ende der Trompete bei ca. 5000 U/min.

Man hat dann den Aufladefeffekt kontinuierlich von 5000-8000 U/min.

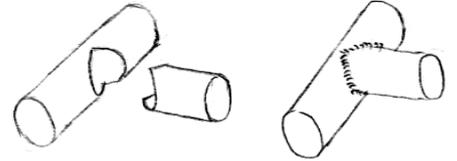
Ideal zum Rennfahren, aber höllisch laut.

Angewendet wurde dieser Auspufftyp beim legendären Steyr-Puch Prinoth Formel Baby Junior

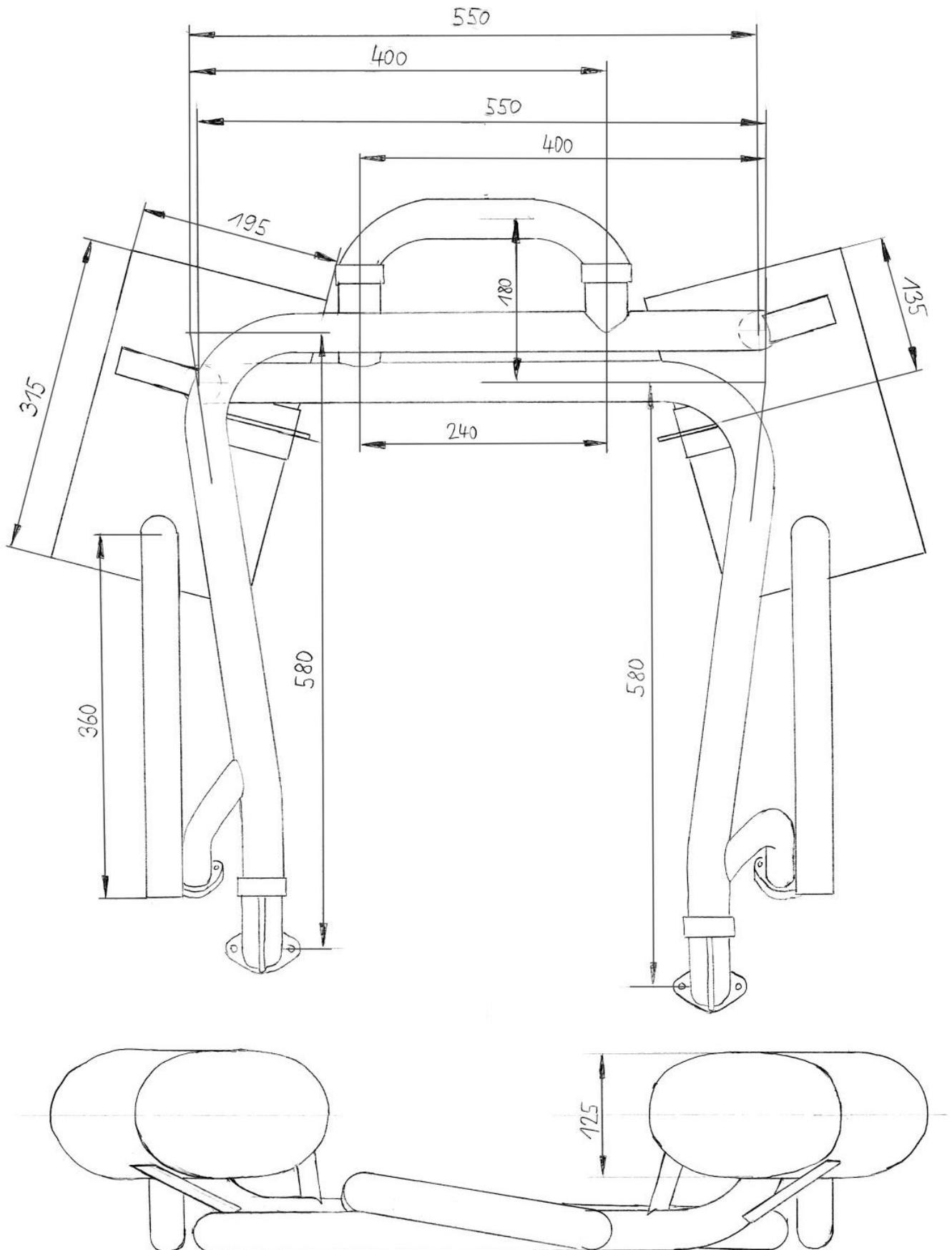


Beim Bau einer Anlage auf folgende Punkte besonders achten:

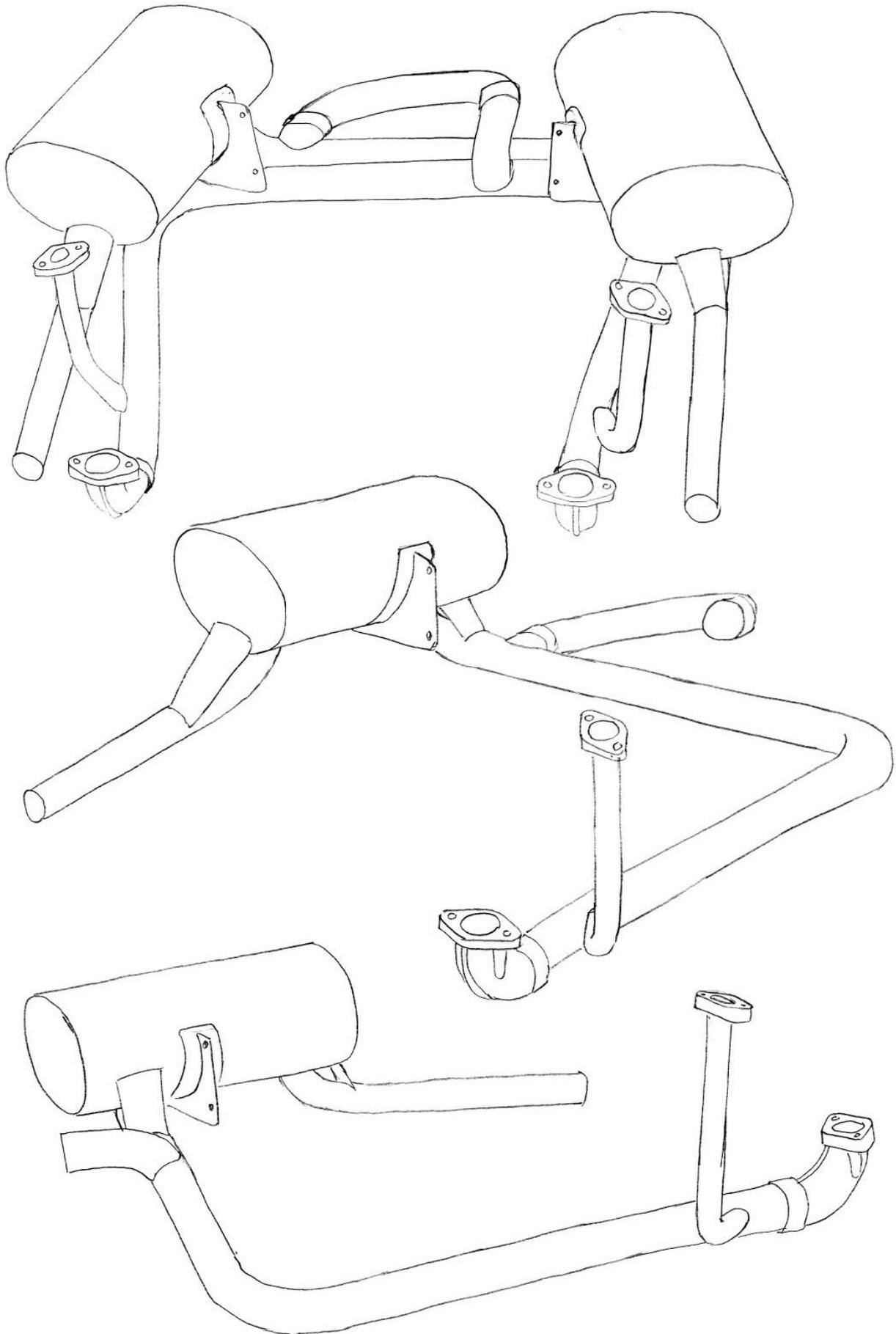
- Rohrlängen genau einhalten.
Besonders wichtig ist die Rohrlänge vom Gusskrümmer bis zur Verzweigung, sie soll 90-95 cm betragen.
- An den Verzweigungen (Verbindungskrümmen zwischen den beiden Auspuffrohren) die Rohre sorgfältig so ausschneiden und verschweißen, dass im Rohr nirgendwo vorstehende Kanten entstehen. Der Verbindungskrümmen ist von ausschlaggebender Bedeutung für den Drehmomentzuwachs im oberen Drehzahlbereich.
- Das Topfvolumen soll 6 Liter betragen.
Bei Einbau einer Heizung können die Topfabmessungen entsprechend vergrößert werden. So wird die Leistungseinbuße durch die Heizung minimal.
- Das Tragblech nicht direkt am Topf anschweißen.
Es muss ein Versteifungsblechstreifen vorgesehen werden, ansonsten kommt es zu Vibrationsrissen.
- Die Rohre so verlegen, dass 2 cm Abstand zum Schutzgummi des Schaltgestänges eingehalten wird.
- Die Vorwärmleitung zum Saugrohr bewirkt einen saubereren Lauf des Motors im Leerlauf und Teillastbereich, weiters einen geringeren Kraftstoffverbrauch. Nachteilig ist eine geringe Leistungseinbuße, weshalb häufig auf die Vorwärmleitung verzichtet wird.
- Blechstärke: Rohre 1,5 - 2 mm, Töpfe 1,5 mm, Trag- und Versteifungsbleche 2 mm.



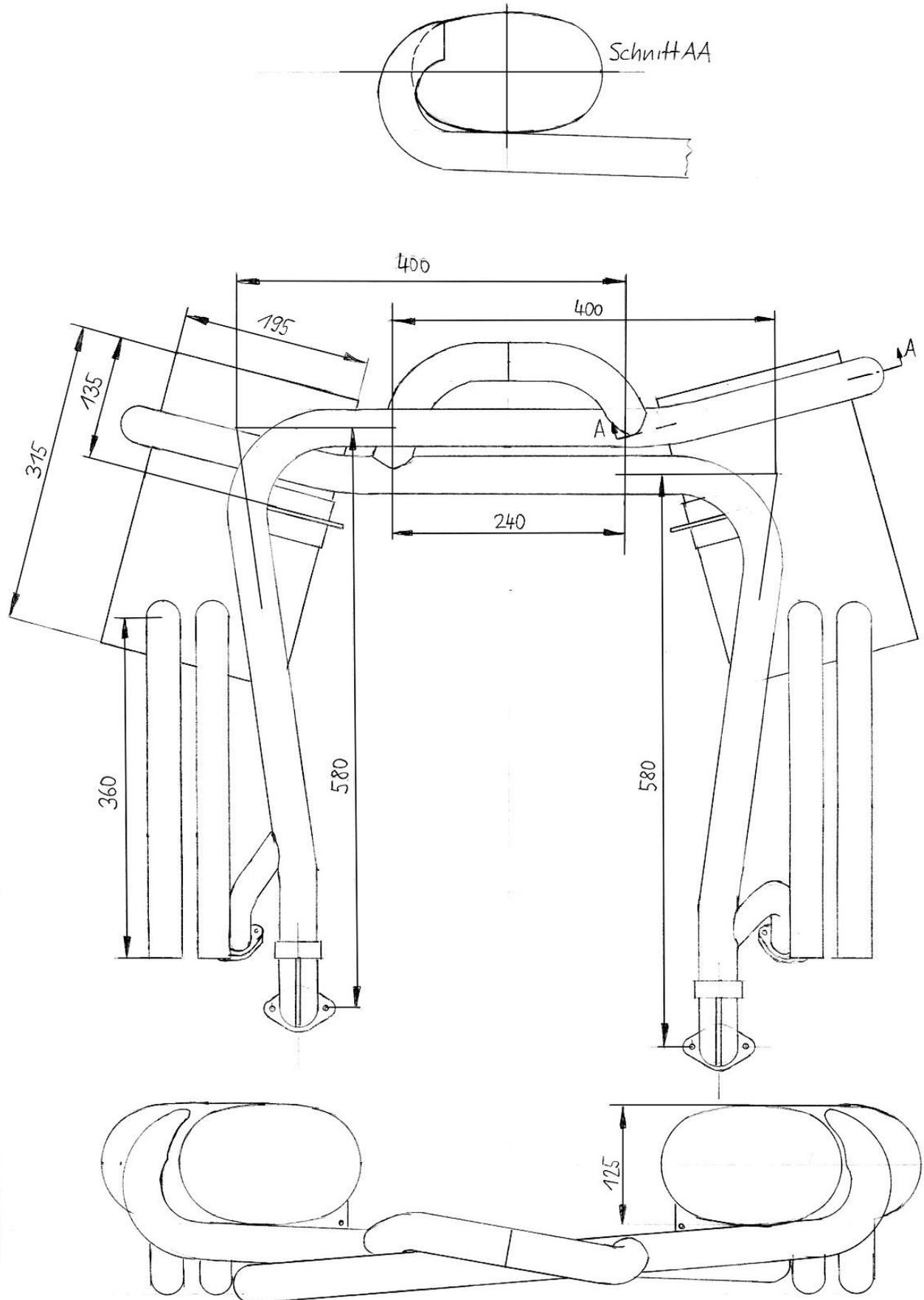
Maßskizze Monte-Carlo-Anlage



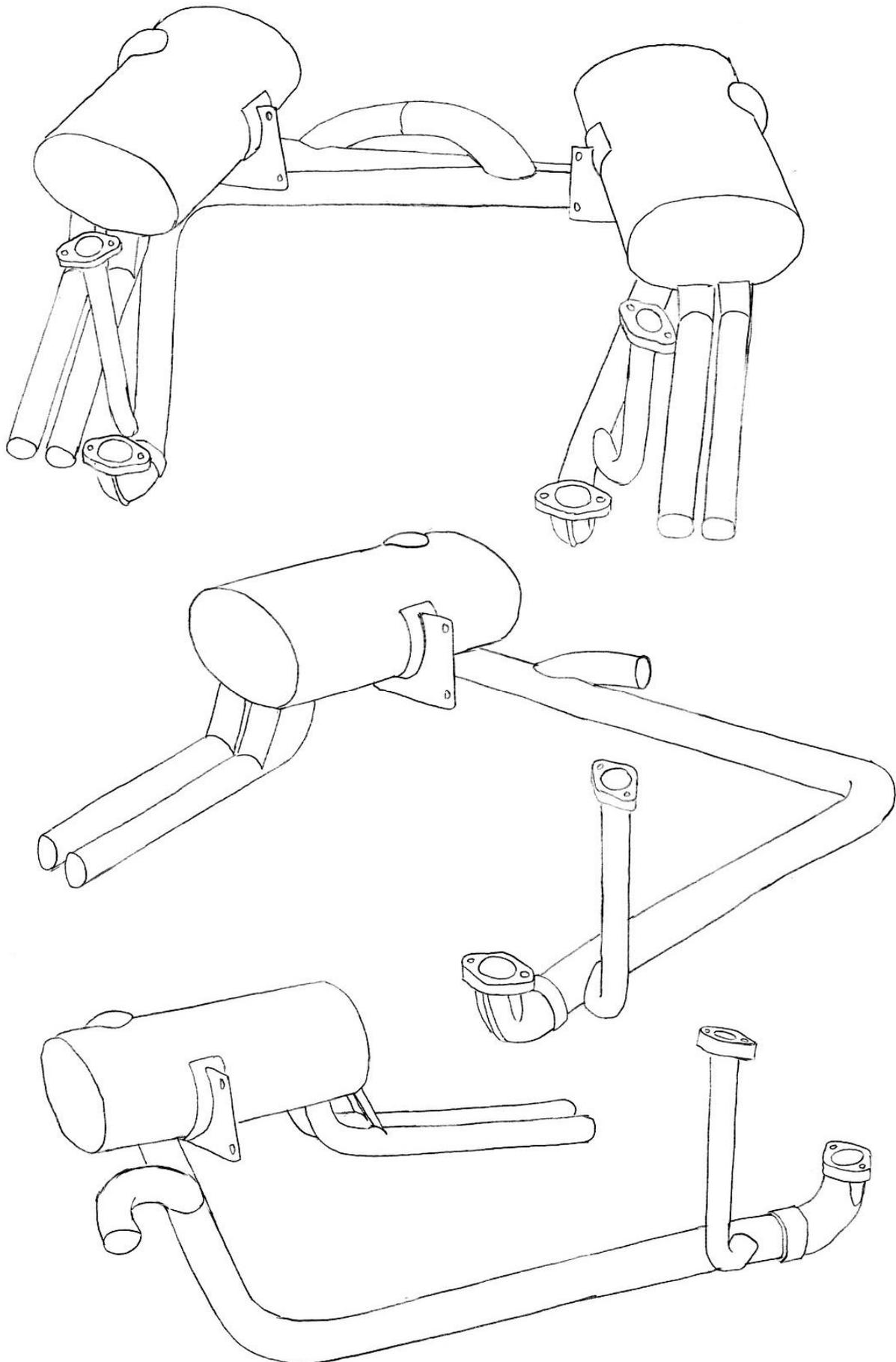
Aufbau Monte-Carlo-Anlage



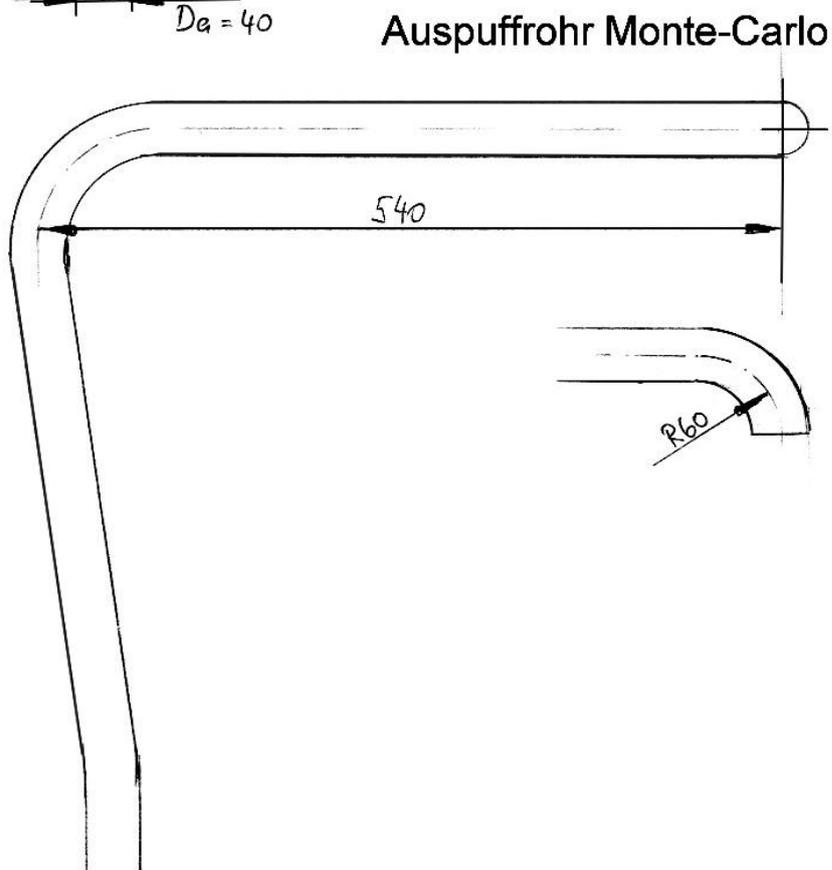
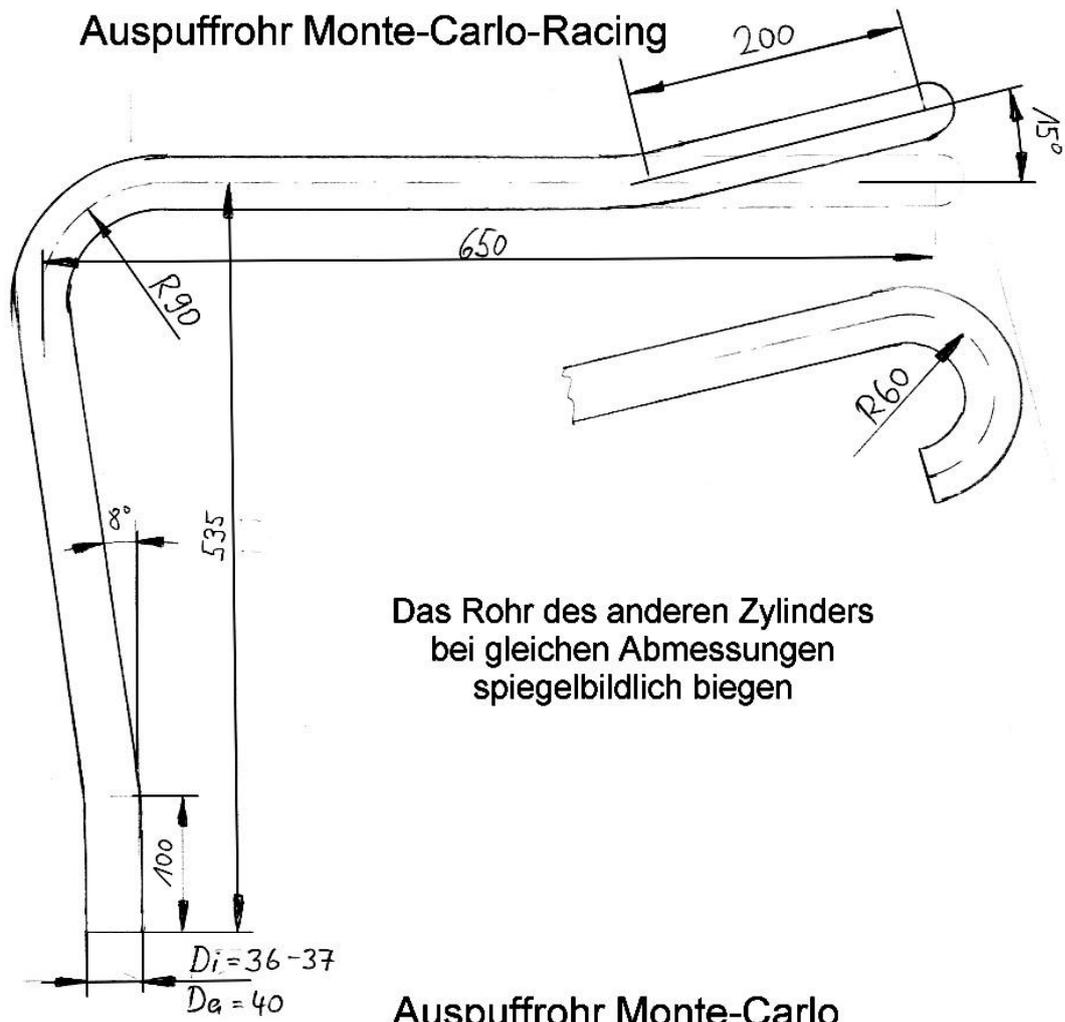
Maßskizze Monte-Carlo-Racing-Anlage



Aufbau Monte-Carlo-Racing-Anlage

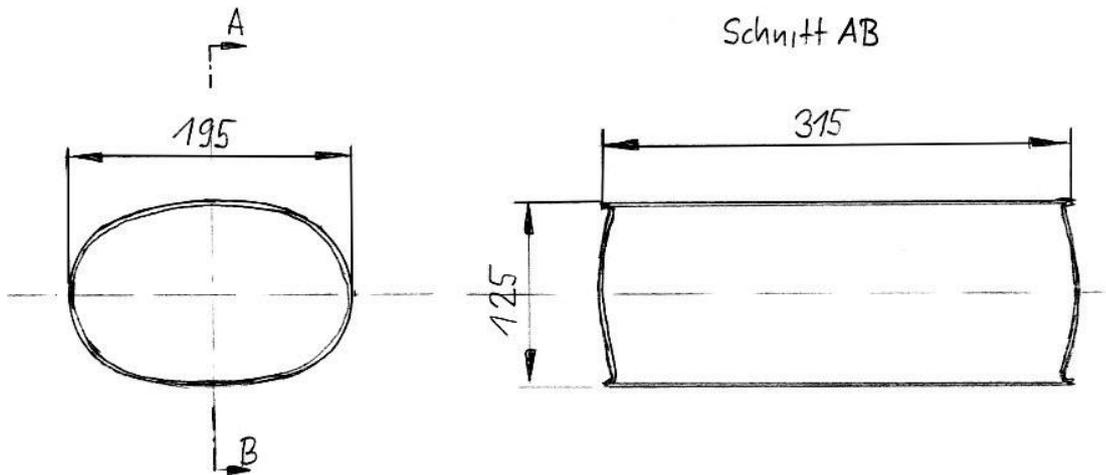


Die Monte-Carlo-Auspuffanlage für den Steyr-Puch 650 TR

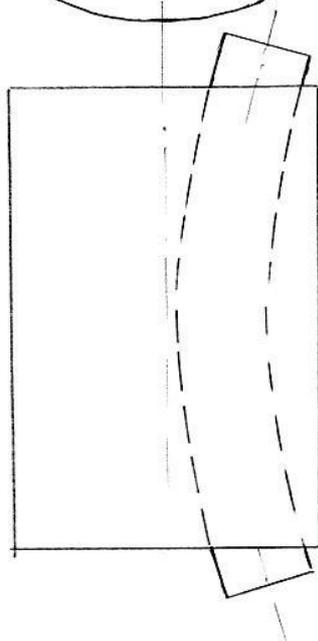
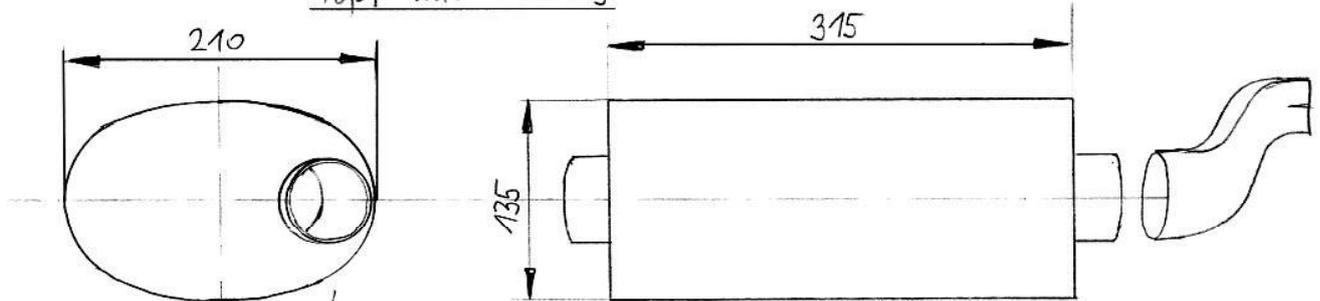


Auspufftöpfe

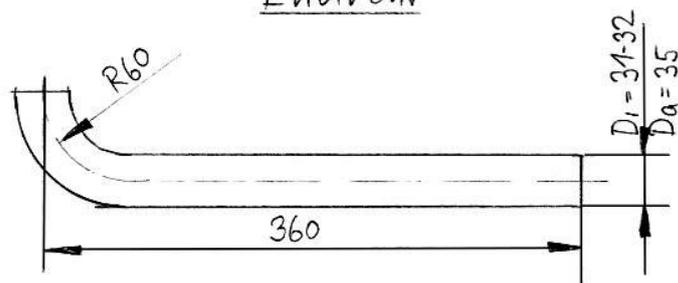
Topf ohne Heizung



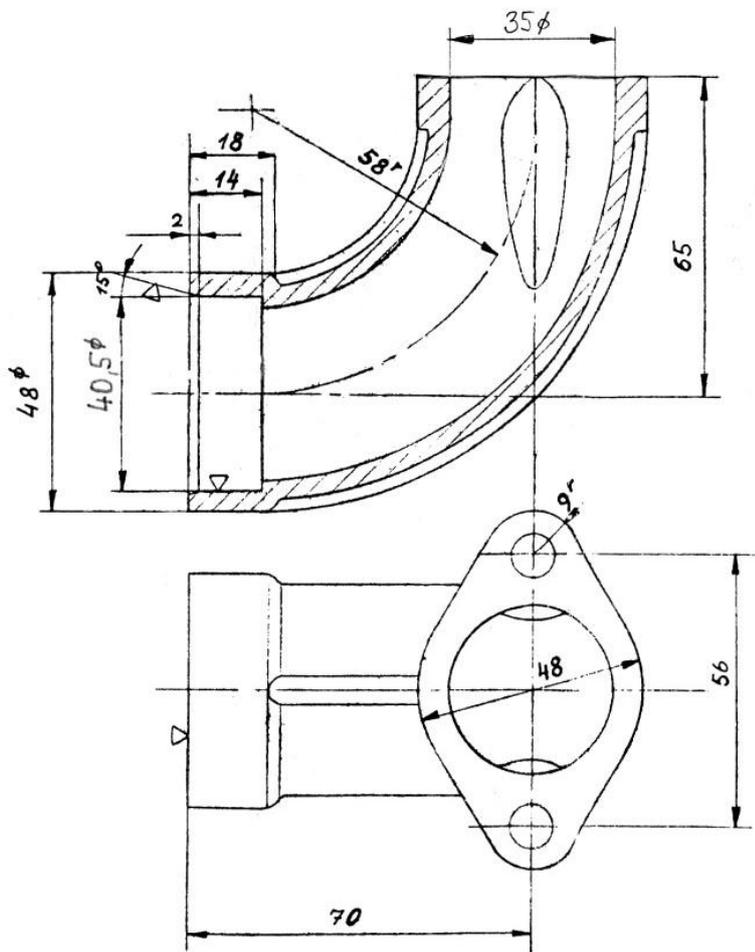
Topf mit Heizung



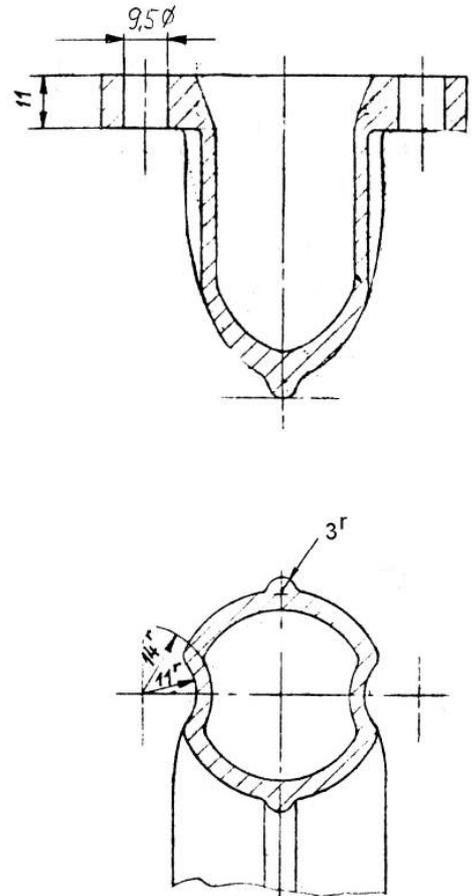
Endrohr



Auspuffkrümmer



nichtkotierte Radien: 2
Wandstärke 4
Gußschräge 2°



Auspuffkrümmer
Werkstoff: GTW-S38