

Einleitung

Kürzlich machte ich diesen 4-Takt Motor mit Glaszylinder , bei dem Sie die Verbrennung durch den Glaszylinder beobachten können. Ermutigt durch den Erfolg fasste ich den Plan , eine 2-Takt-Version davon zu bauen . Dieses , weil ein 2-Takter viel einfacher ist als ein 4-Takter , nämlich durch das Fehlen von beweglichen Ventilen und Steuerungssystemen mit Getriebe oder Zahnriemen . Aber auch deshalb , weil es eine besondere Herausforderung in diesem Fall war , wie weiter unten zu erkennen ist . Bei einem 2-Takt-Motor wird das das frische Gasgemisch im aufwärtsgehenden Hub unter den Kolben eingesaugt , und es verschiebt sich beim niedergehenden Hub , nämlich dem Komprimieren des vorherigen angesaugten Gasgemischs , nach oberhalb des Kolbens . Das Gasgemisch entzündet sich bei seiner maximalen Kompression , wenn der Kolben in seiner oberen Position angekommen ist . Wenn sich der Kolben während des Krafthubs nach unten bewegt , wird erneut das frische Gasgemisch unterhalb des Kolbens im Kurbelgehäuse komprimiert . Wenn der Kolben in seiner untersten Position angekommen ist hat er zugleich die Auslassöffnung in der Zylinderwand geöffnet , durch welche die verbrannten Gase entweichen . Im selben Augenblick gelangt das komprimierte Gasgemisch von unterhalb des Kolbens über den Kolben aufwärts und spült die verbleibenden verbrannten Gase aus dem Zylinder durch die Auslassöffnung hinaus . Das frische Gasgemisch über dem Zylinder wird komprimiert , wenn der Kolben wieder nach oben geht, nachdem die Auslassöffnung geschlossen wurde und dieser 2-Takt-Zyklus wiederholt sich . Aber hier wollte ich nicht den Boden des Glaszylinders mit einem Kurbelgehäuse oder einer flachen Platte verschliessen , durch welche dann eine starre Kolbenstange nach oben und unten gehend leakagefrei austritt . Ein Kurbelgehäuse ist viel zu komplex für mich zu fertigen und eine starre Kolbenstange muss verlängert werden , wobei eine weitere Treibstange gelenkig angebracht wird , um eine Verbindung zu der Kurbelwelle zu ermöglichen . Dadurch würde der Bau relativ hoch , auch abgesehen davon , dass diese Konstruktionen die freie Sicht auf den transparenten Glaszylinder beeinträchtigt . Also wollte ich den Glaszylinder nur an den Zylinderkopf mit Loctite 603 befestigen , was ich schon früher erfolgreich so machte mit meinen damaligen 4-Takt-Glaszylinder Modellen .

Also , um einen 2-Takt-Motor mit einem Glaszylinder zu bauen musste ich zwei Probleme lösen .

a) Herstellung einer Abgas-Offnung in der Wand des Glaszylinders

b) Komprimieren des frischen Gasgemisch in einer anderen Art , als es von

unterhalb des Kolben hochzuspülen.

Die Planung

1. Der Glaszylinder mit Auslasskanal.

Ich schneide den Zylinder aus einer Glas-Spritze (Marke Fortuna Optima 20 ml), wie ich es schon machte für meinen ersten Glas Zylinder 4-Takt-Motor . Die Wanddicke beträgt 2 mm und die Toleranz des Innendurchmessers ist extrem klein : + / - 0,01 mm . Das ist notwendig , damit ein Kolben luftdicht passt .

Das Fertigen eines Abgas-Lochs im Glas sah aus wie ein Problem , oder zumindest eine Herausforderung . Aber mit Hilfe von meiner Glas Schneide-Vorrichtung konnte ich leicht einen Schlitz hineinschleifen. Das Bild unten zeigt das Ergebnis:

Anfangs hatte ich Angst , dass der Schlitz die Glas Stabilität ernsthaft schwächen würde , aber das Glück war mit dem Dummen . Ohne rohe Gewalt könnte man den Zylinder nicht Aufbrechen und er überlebte sogar eine Erwärmung des Schlitzes mittels einer kontinuierlichen Spiritus Flamme ! Während der Verbrennung des Gasgemischs befindet sich der Kolben oberhalb der Abgasöffnung , deshalb weiss der Auslass-Schlitz auch garnicht , was da oben passiert . Dieser Glaszylinder überlebt den Verbrennungsprozess ebenso leicht wie auch jene bei meinen vorherigen anderen Glas-Zylinder-Motoren.

Auch hier verklebte ich den Zylinder mit dem Messing-Zylinderkopf mit Loctite 603. Der Durchmesser der Aufnahme Fassung dafür soll einen um 0,01 mm vergrößerten Durchmesser besitzen , so dass der dünne Flüssigkeitsfilm vom Loctite den Spalt ideal ausfüllen kann. Nach der Aushärtezeit von einer halben Stunde bei ca. 50 Grad Celsius ist die Verbindung ist extrem gut und überlebt alle Motor-Attacken.

2. Der Graphit-Kolben.

In diesem Fall ist Graphit ein ideales Material für den Kolben. Die Reibung des selbstschmierenden Graphits im Glaszylinder ist praktisch gleich Null mit einem Abstand von 0,01 mm oder noch weniger , ohne dafür Ölschmierung zu benötigen . Die thermische Ausdehnung ist sehr gering und etwas kleiner als die von Glas, so dass keine Störungen irgendwie auftreten können. Graphit ist nicht korrosiv und überlebt die heißen Verbrennungsgase leicht. Ich klebte ein Messingstück in den Kolben (auch mit Loctite 603) , um die

Verbindung zwischen der Antriebsstange und dem Kolben zu verstärken . Die Bohrung für den Kolbenbolzen wurde in einer einzigen kombinierten Herstellung beim Einkleben des Messingstück gefertigt . Siehe Bild unten.

3. Das Kugelventil.

Das Kugelventil zwischen dem Zylinderkopf und dem Vergaser ist ein ganz entscheidendes Bauteil und spielt eine besondere Rolle in dem Funktions-Ablauf , wie ich später noch erläutern werde . Sehr wichtig ist , dass die nicht federbelastete Kugel nur einen kleinen freien Hub in der vertikalen Richtung aufweist . Die optimale Einstellung ist hier doch sehr kritisch und muss mit einem laufenden Motor durch Verstellen des Anschlags vor der Kugel (hinein oder heraus) erfolgen . Bis auf die Stahlkugel ist alles aus Messing . Der Kugel-Sitz hat oben einen 90°-Winkelrand und muss sehr glatt mit einem scharfen Drehstahl an der Drehbank hergestellt werden .

Die Funktionsbeschreibung

1. Der Gaswechsel Vorgang

Anfangs habe ich angenommen , dass über dem Kolben eines 2-Takt-Motor ein teilweises Vakuum (Unterdruck) niemals auftreten kann und so kein frisches Gasgemisch angesaugt werden kann . Das ist immerhin der Grund , warum das frische Gasgemisch bei einem normalen 2-Takt-Motor unter den Kolben angesaugt wird und wieder im Kurbelgehäuse verdichtet wird um es in den Zylinder nach oberhalb des Kolbens zu verschieben . Und zwar in dem Moment wenn der Kolben bündig in der untersten Position angekommen ist , wobei dieser auch den Auslasskanal öffnet .

Aus Gründen die ich schon in der Einleitung erwähnte , wollte ich die Unterseite des Glaszylinders aber offen lassen . Daraus folgerte ich , dass ich eine Art von doppelt-wirkender Pumpe benötige , um das Gasgemisch aus dem Vergaser zu saugen und zu verdichten , sodass es in den Zylinder über das Kugelventil oben in dem Zylinderkopf hinein gedrückt wird , wenn der Kolben in seiner untersten Position ist . Ich verbrachte viel Zeit damit so eine doppelt wirkende Pumpe zu entwerfen und herzustellen , welche durch den Motor selbst mit einem Magnetsystem angetrieben wurde . Ich will nicht alle meine Erfahrungen damit hier aufzählen , wie ich es früher machte im "Logbuch". Das ist inzwischen eine von realen Fakten überholte Episode aus der Vergangenheit . Grundsätzlich erschien es möglich , eine solche Pumpe zu machen , aber es hat sich als ziemlich kompliziert erwiesen sie klein genug zu bauen . Und ebenso als schwierig , ausreichend genug den Druck und Volumenstrom zu erzeugen , welche ein guter Spülvorgang benötigt .

Aber während dieser Experimente machte ich eine unerwartete und sehr überraschende Entdeckung : auch ohne die Pumpe entstand ein großer Gasdurchfluss im Vergaser und schlug Wellen auf der Oberfläche vom Benzin , wie ich durch die Glaswand des Vergasers erkennen konnte . Ich dachte zuerst , dass sei durch den so genannten "Kadenacy-Effekt" verursacht . Einen thermodynamischen Prozesses wobei ein Unterdruck im Zylinder auftreten kann , wenn die heißen Verbrennungsgase durch die Auslassöffnung austreten ; und der manchmal verwendet wird , um den Wirkungsgrad von 2-Takt Motoren mittels besonderer Auspuff-Schalldämpfer zu verbessern . Aber dieser Gasstrom durch den Vergaser ist auch vorhanden , wenn ich die Zündung unterbreche und somit keine Verbrennung auftreten kann . Und deshalb ist es natürlich auch kein (thermodynamischer) Kadenacy-Effekt .

Also meine Erklärung für diesen Gasstrom ist eine andere und das hat vor allem mit der Tatsache zu tun , dass mein 2-Takt-Motor keine normale Bauweise darstellt . Der größte Unterschied besteht darin , dass ich ein Kugelventil im Zylinderkopf verwende anstelle einer festen Einlassöffnung in der Zylinderwand , wie sonst üblich für alle anderen 2-Takt Motoren. Meine Erklärung für dieses bemerkenswerte Phänomen ist wie folgt : Im Moment der Zündung tritt ein so hoher Verbrennungsdruck auf , dass die Kugel im Ventil während des gesamten Arbeitshubs auf ihrem Sitz bleibt. Wenn sich der Kolben nach dem Auslassen der Verbrennungsgase wieder nach oben bewegt werden auch wieder nicht mehr brennbare Gasreste verdichtet . Ich gehe davon aus , dass dies vor allem sehr heiße Luft ist , verursacht durch die Kadenacy Effekt . Sie wird vermutlich mit einer gewissen Verunreinigung von verbrannten Gasen gemischt sein. Durch die hohe Temperatur ist die Dichte der Gase relativ niedrig , und daher wird der Kompressionsdruck niedriger sein als wenn man kaltes Gasgemisch aus dem Vergaser verdichtet . Wenn der Kolben in seiner oberen Position ankommt und dort die Hubrichtung ändert , wird die Kugel im Ventil wahrscheinlich etwas prellen/springen , wodurch der Kompressionsdruck sofort auf den normalen Umgebungsdruck abfällt . In diesem Moment wird die Zündung aber auch ein unwirksamer "Aussetzer" sein , weil das nicht brennbare Gas sich nicht entzünden kann und der atmosphärische Druck wird so bestehen bleiben . Wenn der Kolben nun nach unten geht wird damit ein Unterdruck generiert , wodurch die Kugel im Ventil von ihrem Sitz abhebt und es wird Gasgemisch aus dem Vergaser angesaugt . Dieses Gasgemisch wird mit der Luft vermischt werden , welche kurz vorher zurück in den Vergaser hinein drückte . Das ist aber nicht so schlimm , weil das primäre Gasgemisch im Vergaser immer zu fett ist und es muss schliesslich sowieso mit zusätzlicher Luft angereichert werden . Anscheinend ist das Benzindampf / Luft - Verhältnis immer noch größer als die optimale 1 zu 14 . Infolgedessen muss ich noch zusätzliche Luft mit dem Regler am Vergaser hinzufügen , damit der Motor gut läuft . Wie gesagt , befinden sich einige verbrannten Gase auch in diesem Gasgemisch, aber das scheint wenig zu sein , weil das Gasgemisch

trotzdem gezündet wird .

Das Kugelventil hat einen verstellbaren Anschlag , mit dem der vertikale Hub der Kugel begrenzt werden kann . Diese Einstellung scheint hier eher kritisch , aber es ist gleichzeitig der Schlüssel für den Erfolg . **Das Glück der Ahnungslosen** nehme ich an !

Mit der optimalen Anpassung des Kugelventils und des Vergaser erreicht der Motor problemlos Drehzahlen von etwa 1000 Umdrehungen pro Minute und manchmal sogar 1500 Umdrehungen pro Minute . Bemerkenswert ist die Tatsache , dass der Motor mit der sehr niedrigen Drehzahl von 150 Umdrehungen pro Minute auch laufen kann . Wahrscheinlich , weil der Motor mechanisch ausgeführt ist " **für vom Windhauch angetrieben** " und zwar durch die sehr geringe Reibung des Graphit-Kolben im Glaszylinder , durch die Abwesenheit von entgegenwirkenden Drücken unterhalb des Kolbens und Kugellager an den rotierenden Teilen

Ich kann keine andere Schlussfolgerung ziehen, als dass sich dieser 2-Takt-Motor ein wie 4-Takt-Motor benimmt ! Oder, mit gleicher Berechtigung kann man sagen , dass dies ein 4-Takt Motor mit einer sehr einfachen 2-Takt-Konstruktion ist , es hängt nur davon ab , von wo man es betrachtet ..

Ich zeige diesen sehr bemerkenswerten Vorgang weiter unten in einer Video-Animation , die ich aufnahm , nachdem ich diesen Motor soweit brachte , dass er zufriedenstellend läuft .

Man kann deutlich die zyklischen Aussetzer hören , vor allem bei sehr niedrigen Drehzahlen . Und mit guter Aufmerksamkeit kann man einige dieser Fehlschläge im Zeitlupen-Abschnitt des Videos erkennen ; faszinierend zumindest für den Modellbau-Enthusiasten.

Die Leistung dieses Motors wird eher gering sein . Ich akzeptiere das , aber es stört mich überhaupt nicht , ich habe nicht die Absicht, mit ihm eine Kuh aus einem Graben zu ziehen !

2. Die Fremdzündung

Zunächst verwendete ich die „Mini Blokker“-Schaltung für diese Aufgabe . Sie ist dafür genauso geeignet wie bei all meinen Motoren , in denen ich sie installiert habe . Aber ich wusste auch , dass die Funken daraus weniger energiereich sind , als solche aus einer klassischen Motorrad Zündspule . Ich erlebte früher, dass 2-Takt-Motoren in der Regel einen stärkeren Funken als 4-Takt Motoren benötigen . Der Grund dafür muss wohl sein , dass die Reinheit des Gasgemischs im Zylinder beim 2-Takt durch den etwas schlechteren Spülvorgang weniger gut ist , welcher ja nicht immer alle die verbrannten Gase für 100% beseitigt . Tatsächlich haben wir hier im

vorliegenden Beispiel ja keinen normalen Spülvorgang , aber wie schon gesagt gibt es doch einige verbleibende verbrannte Gase gemäß der Funktionsbeschreibung .

Als ich versuchsweise die Schaltung einer Motorrad Zündspule angeschlossen habe lief Motor perfekt und zuverlässig . Manchmal benutze ich eine kleine Glimmlampe als einen Zündfunken-Indikator . Und damit konnte ich deutlich sehen, dass die (Zündspulen-)Funken viel energievoller waren , ohne jede Neigung zum Erlöschen . Nachdem ich später das Mini-System wieder unter den gleichen Umständen angeschlossen habe lief der Motor zwar auch , aber manchmal zögerlich oder gar nicht. Ich muss feststellen , dass der Mini-Zünder ein Grenzfall für diesen Motor ist . Zumindest so lange ich nichts zur Verbesserung der Reinheit des Gasgemischs im Zylinder tun kann , wofür ich im Augenblick nicht viel Hoffnung hege . Es scheint , als ob dies einen Nebeneffekt des beachtlich ungewöhnlichen Funktions-Vorgangs darstellt .

Also beschloss ich , eine klassische Motorrad Zündspule statt des Mini-Systems zu installieren . Ein bisschen schade , aber man kann die Physik nicht zwingen , alle Wünsche zu erfüllen . Die Verwendung war nicht unmöglich , denn ich konnte diese größere Spule im Holzsockel des Motors recht einfach einbauen (verstecken) .

3. Das Schwungrad

Anfangs machte ich ein hübsches Schwungrad aus Messing-Schrott Material , aber es erwies sich als zu leicht . Das ist auch nicht weiter verwunderlich , weil das Schwungrad diesem Motor im gesamten 4-Takt-Zyklus über drei antriebslose Hübe hinweg helfen muss . Also machte ich ein neues Stahl-Schwungrad mit etwas größerem Durchmesser und vor allem viel schwerer : jetzt ca. 1 kg statt der 0,5 kg vom Messing-Rad . Der Erfolg war unverkennbar . Und es ist schön zu sehen, wie dieses Schwungrad dem Motor hilft , um die antriebslosen Hübe zu überbrücken , vor allem bei sehr niedrigen Drehzahlen .

Endbetrachtung

Dieser Motor ist unbestritten das verrückteste , was ich bisher gebaut habe . Im Prinzip ist das Verfahren etwas ausser Kontrolle . In dem Sinne , dass es sein eigenes Leben mehr oder weniger auslebt , vor allem verursacht durch das unvorhergesehene Verhalten des kleinen Kugel-Ventils . Aber trotzdem läuft der Motor fein und zuverlässig , unterstützt durch die sehr niedrige System Reibungsverluste , durch ein ziemlich schweres Schwungrad und den recht starken Funken.

Das nicht 100% saubere Gasgemisch wird tatsächlich gezündet , aber mit wechselnder Explosions-Stärke , wie es nach Beurteilung der Videobilder

aussieht . Obwohl dies auch ebenso durch Stroboskop-Film-Effekte verursacht sein könnte ; wer kann das schon sagen ?

Der Wirkungsgrad ist nicht so gut , zumindest nicht im Vergleich zu den gesteuerten 4-Takt Motoren . Aber sicher ist es spektakulär im Video einmal die Verbrennungsflammen im Zylinder zu sehen und die Flamme hervorschiessend , aus der Auslassöffnung hustend .

Dieser Motor zeichnet sich aus durch eine extrem einfache Bauweise , wenn ich so sagen darf . Mit nur einem Zylinder mit Kolben , einem kleinen Kugelventil , einem Schwungrad , einen Funken Erzeuger und einem einfachen Vergaser . Sonst wirklich nicht mehr . Also keine angetriebenen Sitzventile mit Kurvenscheiben , Stößelstangen und Kipphebeln, ohne Steuersysteme mit Getriebe oder Zahnriemen , keine Kühlung oder Schmierung-Systeme , eine einfache freiliegende externe Kurbelwelle ohne Kurbelgehäuse , etc. Vielleicht ist es deshalb ein bisschen langweilig , ihn zu beobachten . Außer , wenn jemand erkennt , welche Art von speziellem Verfahren hier abläuft und er sich die Verbrennung Explosionen ansieht , wobei der Raum etwas abgedunkelt ist .

Er hat selbstverständlich keinen praktischen Nutzen , aber das ist fast immer der Fall bei Modell-Motoren .

Ich kenne Leute , die komplette Kathedralen bauen durch Zusammen-Kleben Tausender von Streichhölzern . Das ist eine fantastische Leistung wie ich mir denke , aber man kann darin nun mal keinen Gottesdienst abhalten .

Unter dem Motto : "Je verrückter , desto besser " und : " Einem Kind ist die Hand leicht gefüllt " , bin ich mal wieder sehr zufrieden und begeistert von dem Ergebnis.

Dank Jos für die Beratung , Anleitung und Unterstützung , und meinen Sohn Marc für die Videos und Huib Visser für die Gläser.