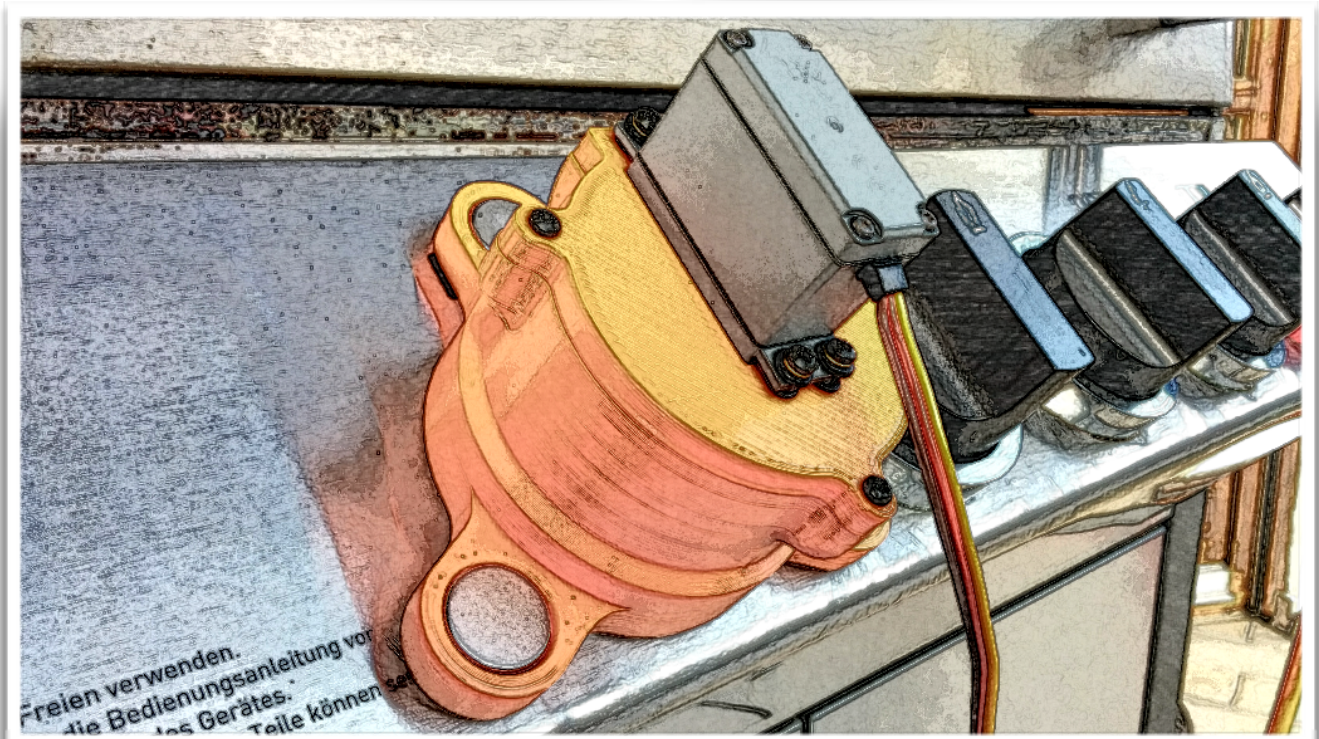


# Aufbauanleitung für den „Tripod“



# Einleitung

Der „Tripod“ ist ein modular aufgebauter Aktor, welcher in Verbindung mit dem WLAN-Thermometer des WLANThermo-Projekts, zur Steuerung der Temperatur eines Gasgrills verwendet werden kann.

Gedacht ist diese Steuerung vor allem für das indirekte Grillen, weswegen ein Aktor am Grill im Regelfall ausreicht. Das Grillen mit mehreren Aktoren ist derzeit nicht getestet, oder vorgesehen.

Hierzu wird der Aktor nach Zünden eines Brenners und Abziehen des Drehknopfes auf das Ventil gesetzt. Das WLAN-Thermometer kann anschließend über den im Aktor verbauten Servo, die Temperatur des Grills durch Drehen des Gasventils steuern.

Wird der Aktor am Grill nicht benötigt, so wird er einfach abgezogen (der Aktor fixiert sich über starke Neodym-Magnete) und der Gasdrehknopf wieder aufgesteckt. Bei vielen Grills ist die Anwendung ohne technische Veränderung des Grills, rückstandslos möglich (z.B. „Weber Spirit Original“). Bei manchen Grills muss für den verwendeten Zentrierstift ein Loch gebohrt werden.

Die 3D-Daten des „Tripods“ sind in „Free CAD“ konstruiert und für den Druck auf einfachen Filamentdruckern geeignet. Während der Konstruktion wurde bewusst ein schlichtes Design gewählt, um den Druck zu vereinfachen.

Der Aktor ist im Baukastenprinzip aufgebaut. Durch Austausch des Grundkörpers, sowie Austausch der Kupplung, kann unter Beibehaltung der übrigen Bauteile eine Anwendung für fast jeden Grill realisiert werden.

Es sind bereits Kupplungen für verschiedene Grillhersteller realisiert und auf Thingiverse hinterlegt. Falls eigene Kupplungen realisiert werden, die \*.stl-Dateien bitte an mich über das Forum (entweder private Nachricht, oder per Nachricht im Forum selbst) übermitteln, damit ich diese ebenfalls auf Thingiverse hinterlegen kann und der Baukasten im Sinne des „Open-Source-Gedankens“ stetig wächst und vielseitiger einsetzbar wird.

Link zum Forum:

<https://www.grillsportverein.de/forum/threads/servogesteuerte-temperaturreglung-gasgrill-fragen-und-anregungen.276722/>

User für private Nachrichten: „-mcp-“

# Die „Einkaufsliste“

Um den Aktor zu bauen, sind folgende Bauteile erforderlich (BOM):

Menge	Beschreibung	Typ	Beispiel/Anmerkung	
1	Servo	Hobby King HK 15328D	<a href="https://hobbyking.com/de_de/hobbykingtm-high-torque-servo-mg-bb-w-proof-12-8kg-0-22sec-58g.html">https://hobbyking.com/de_de/hobbykingtm-high-torque-servo-mg-bb-w-proof-12-8kg-0-22sec-58g.html</a>	w a h l w e i s e
1	Servo	TowerPro MG995	<a href="http://www.xxl-modellbau.de/1x-MG995-MG-995-150kg-DIGITAL-Servo-MG-viel-Kraft-fuer-wenig-Geld">http://www.xxl-modellbau.de/1x-MG995-MG-995-150kg-DIGITAL-Servo-MG-viel-Kraft-fuer-wenig-Geld</a>	
3	Schraube	M3x10	Für ZSB Kupplung. 10mm ist Mindestlänge	
5	Mutter	M3	2x Befestigung Positionierstift (Entfall bei eigener Lösung) 3x Montage ZSB Kupplung	
2	Beilagscheibe	M3	Montage Positionierstift – Entfall falls eigene Lösung verwendet	
1	Gewindestange	M3	Für Fertigung Zentrierstift. Länge abhängig von Grilltyp. Ersatzweise auch lange Schraube M3 möglich, dann Entfall 1x Mutter M3, oder Schraube M4, dann Entfall der vorgehaltenen Beilagscheiben, Muttern und Gewindestange M3.	
9	Magnet	Neodym	Abmaße (ø x Stärke) 18mmx3mm  <a href="https://www.pollin.de/p/neodymium-magnet-3er-pack-441303">https://www.pollin.de/p/neodymium-magnet-3er-pack-441303</a>	

Menge	Beschreibung	Typ	Beispiel/Anmerkung
7	Schraube	nach Wahl	Abmaße ca. 3x12 -> für Montage Servo und Montage Deckel auf Unterteil
4	3D-Druckteile	*.stl	<a href="https://www.thingiverse.com/thing:2511398">https://www.thingiverse.com/thing:2511398</a>

Die zu druckenden Dateien sind auf „Thingiverse“ hinterlegt:

<https://www.thingiverse.com/thing:2511398>

Nach einschlägiger Diskussion im Forum, empfehle ich die Bauteile in PETG, oder ABS zu drucken. Der Grund ist die höhere Temperaturbeständigkeit gegenüber PLA.

Ich habe alle Bauteile in PLA gedruckt. Diese sind in PLA bereits bei mehreren Grills im Einsatz und es gab noch keine Probleme mit der Temperaturbeständigkeit, jedoch wenn man die Wahl hat, sollte man die oben genannten Materialien bevorzugen. PLA ist hier grenzwertig!

## *Der prinzipielle Aufbau*

Die Konstruktion besteht aus einen Unterteil, in welchem Neodymmagnete zur Fixierung am Grill eingelassen sind. Ein Zentrierstift dient der Einhaltung der immer gleichen Nulllage - sonst macht das Servokalibrieren keinen Sinn.

Durch Anpassung der Grundkörperdurchmesser kann das Unterteil bei Bedarf auf andere Drehreglerarmaturen angepasst werden. Bis jetzt war dies jedoch bei den verschiedenen Anwendungen noch nicht notwendig. Die Empfehlung wäre den Grundkörper nur bei unbedingter Notwendigkeit anzupassen und die Grundadaption, wenn möglich, rein über die Kupplung zu realisieren.

Auf dem Unterteil ist der "Deckel" verschraubt. Er dient der Servoaufnahme und ist aus Herstellungsgründen auf dem 3D-Drucker ein Einzelteil. Der Servo ist im Deckel verschraubt.

Die ZSB Kupplung für das Gasventil wird am Servo montiert. Sie ist dreiteilig aufgebaut und besteht aus dem Servokreuz, einer Distanzscheibe und der eigentlichen Kupplung.

Die Kupplung kann als Einzelteil sehr schnell auf die jeweils grillspezifische Zapfengeometrie angepasst werden. Je umfangreicher der Baukasten mit der Zeit wird, umso einfacher wird es, sich aus der bestehenden Datenbank die passende Kupplung auszudrucken. Eine Anpassungskonstruktion machen zu müssen, wird somit dann immer seltener. Bereits jetzt sind verschiedene Kupplungen auf Thingiverse hinterlegt - danke an alle Einsender für die Übermittlung ihrer Daten!

Alle Schraublöcher, mit Ausnahme die der ZSB Kupplung sind von Hand gebohrt und bewusst nicht im 3D-Druck vorgegeben. So ist man vielseitiger und kann alte Schraubenbestände benutzen, anstatt wieder nur für dieses kleine Projekt alles neu kaufen zu müssen.

## *Aufbauanleitung (Schritt-für-Schritt)*

Nachdem man die notwendigen Einzelteile beschafft und die zu druckenden Bauteile vorliegen hat, kann man mit der Montage beginnen. Ich empfehle für die notwendigen Bohrungen einen manuellen Handbohrer statt z.B. einen Akkuschrauber zu verwenden. Dies verringert die Gefahr von Beschädigungen an den gedruckten Teilen.

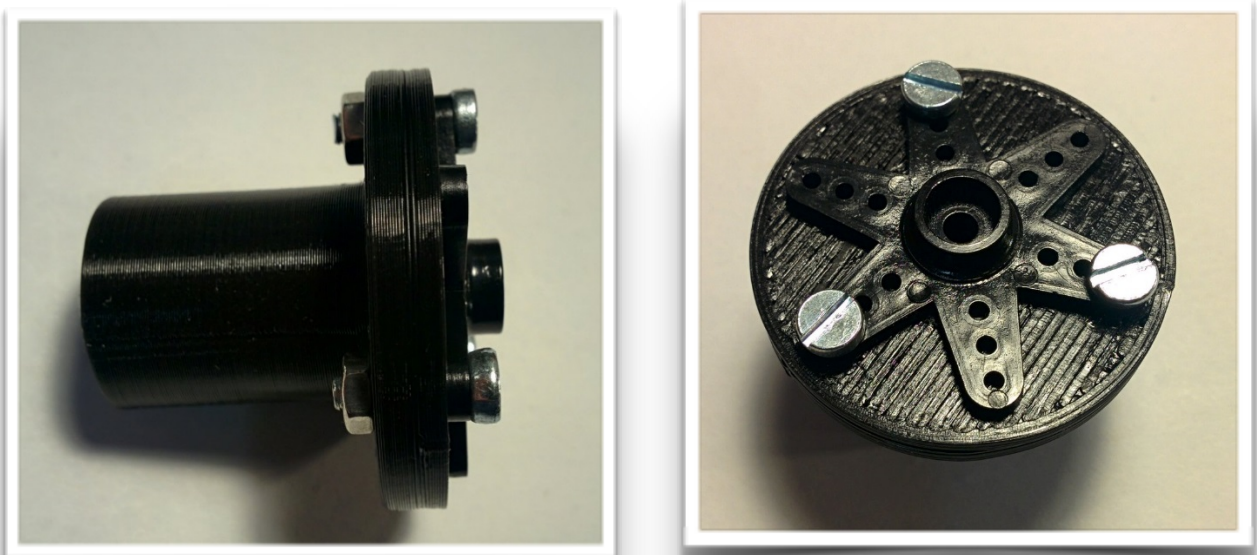
### *Schritt 1: „Montage der ZSB Kupplung“*

Die ZSB Kupplung besteht aus 3 Teilen: Kupplung, Distanzscheibe, Servokreuz (abgebildete Reihenfolge in der Seitenansicht Bild 1 von links nach rechts)



Das Servokreuz wie im Bild dargestellt mit 3x Schraube M3x10 und 3x Mutter M3 mit den zwei weiteren Bauteilen verschraubt. Die Bohrungen an den Bauteilen zuvor mit einem M3-Handbohrer passend weiten.

Es empfiehlt es sich zu prüfen, ob die dem Servo beiliegende Montageschraube für das Servokreuz auf leichtgängig durch die zentrale Bohrung des Servokreuzes passt. Teilweise sind die Toleranzen hier sehr schlecht, was eine spätere Montage der ZSB Kupplung am Servo unnötig erschwert.



**Bild 1: ZSB Kupplung montiert Seitenansicht (links) und Draufsicht (rechts)**

## *Schritt 2: „Montage Deckel auf Grundkörper vorbereiten“*

Wie oben erwähnt, ist bewusst auf die Schraublöcher zur Montage des Deckels auf den Grundkörper, sowie der Montage des Servos verzichtet worden. Somit ist man frei, abweichende Servoschrauben und/oder passende Schrauben aus dem heimischen Bestand zu verwenden.

Je nach Schraube und Druckmaterial ist ein Vorbohren notwendig, oder nicht. Beim Vorbohren darauf achten, dass die Bohrung nicht zu groß ist und die Schraube „beißen“ kann.

Es empfiehlt sich in folgender Reihenfolge vorzugehen:

1. 3x Bohrungen in Deckel zur Montage auf Grundkörper per Hand bohren
2. Den Deckel auf dem Grundkörper platzieren und die 3 Lochpositionen auf dem Grundkörper markieren
3. Die 3 Bohrungen in den Domen des Grundkörpers einbringen
4. Den Servo auf dem Deckel platzieren (Abgangswelle konzentrisch zu Deckel positionieren!) und Bohrungspositionen markieren.
5. Bohrungen des Servos per Hand vorbohren.
6. Grundkörper noch nicht mit Deckel verschrauben!
7. Servo noch nicht auf Deckel schrauben!

### *Schritt 3: „Montage Zentrierstift“*

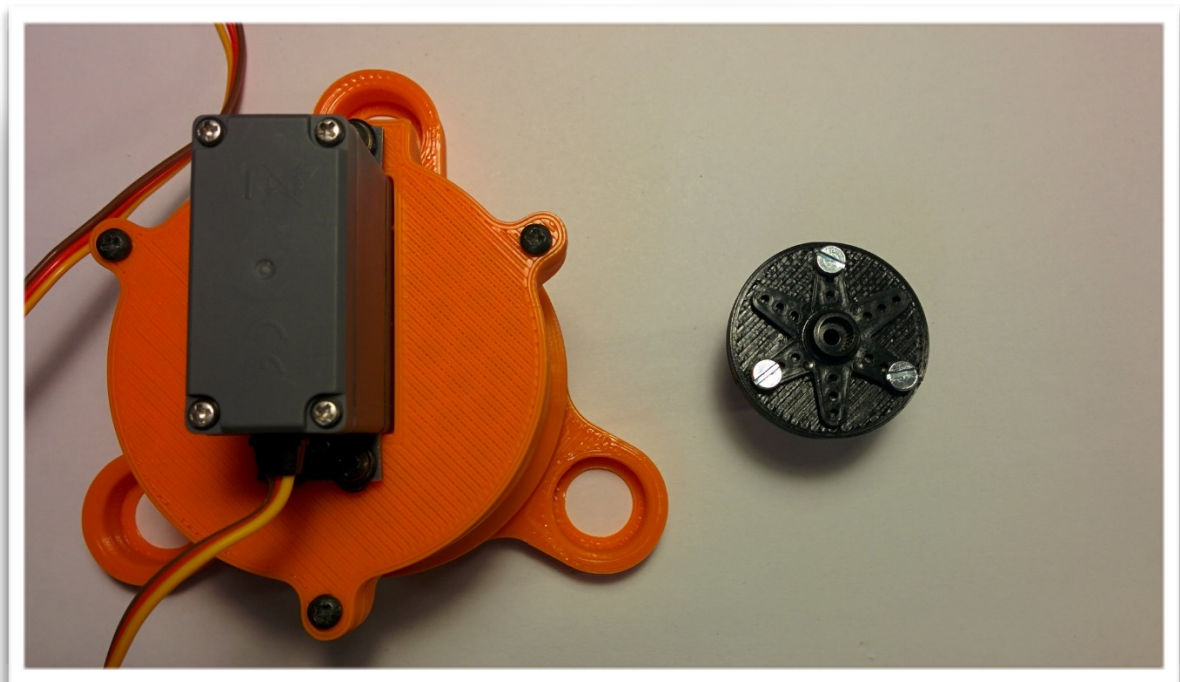
Vor der Montage des Deckels und des Servos auf dem Grundkörper muss der Zentrierstift eingebracht werden. Hierzu die für den Grill passend abgelängte Gewindestange M3 durch die auf ca. mittlerer Höhe liegende Lasche im Grundkörper stecken und mit jeweils einer Beilagscheibe und Mutter auf beiden Seiten sichern.

Die Gewindestange ist so lang zu definieren, dass sie in das Zentrierloch am Grill einfädelt, bevor die Kupplung auf den Zapfen der Gasarmatur einfädelt.

## *Schritt 4: „Montage Deckel und Servo“*

Den in Schritt 2 vorbereiteten Deckel auf dem mit Zentrierstift ausgestatteten Grundkörper verschrauben und anschließend den Servo auf den Deckel schrauben.

Der Zwischenstand sieht nun so aus:



**Bild 2: Draufsicht Grundkörper mit Deckel und Servo montiert, ZSB Kupplung montiert**

## *Schritt 5: „Magnete montieren“*

Abschließend müssen die Magnete in den Grundkörper eingebracht werden. Ich mache dies deswegen zum Schluss, weil diese eine derartige Anziehungskraft besitzen, dass wenn man dies zuvor macht, ständig das Werkzeug, oder Kleinteile angezogen werden und die Arbeit unnötig erschweren.



Hierzu in den Boden jeder der drei Laschen des Grundkörpers einen Magneten mit geeignetem Kleber (z.B. Sekundenkleber, 2K-Kleber usw.) festkleben. Nach Aushärten des Klebers, die jeweils 2 weiteren Magnete einfach auf den untersten, eingeklebten Magneten „aufklipsen“.

### *Schritt 6: „Kupplung montieren“*

Nun die ZSB Kupplung auf die Servowelle aufstecken. Es empfiehlt sich die Kupplung noch nicht festzuschrauben und dies erst nach dem groben Kalibrieren zu erledigen.

Der „Tripod“ sollten von innen nun so aussehen:



**Bild 3: Innenansicht fertig montiert**

# Inbetriebnahme

Nach Montage der Servoeinheit muss je nach Grill eine Aufnahmebohrung für den Zentrierstift gebohrt werden. Teilweise kann eine am Grill vorhandene Geometrie benutzt werden. Dies ist z.B. beim „Weber Spirit Original“ der Fall. Manche User haben dort nach Entfernen der Befestigungsschraube der Gasarmatur, deren Bohrung verwendet. Hierbei wurde dann eine M4-Schraube passender Länge, statt der abgelängten Gewindestange (M3) als Zentrierstift verwendet. Wie in der Tabelle der BOM angemerkt, entfallen dann die entsprechenden Bauteile der Gewindestangenlösung.

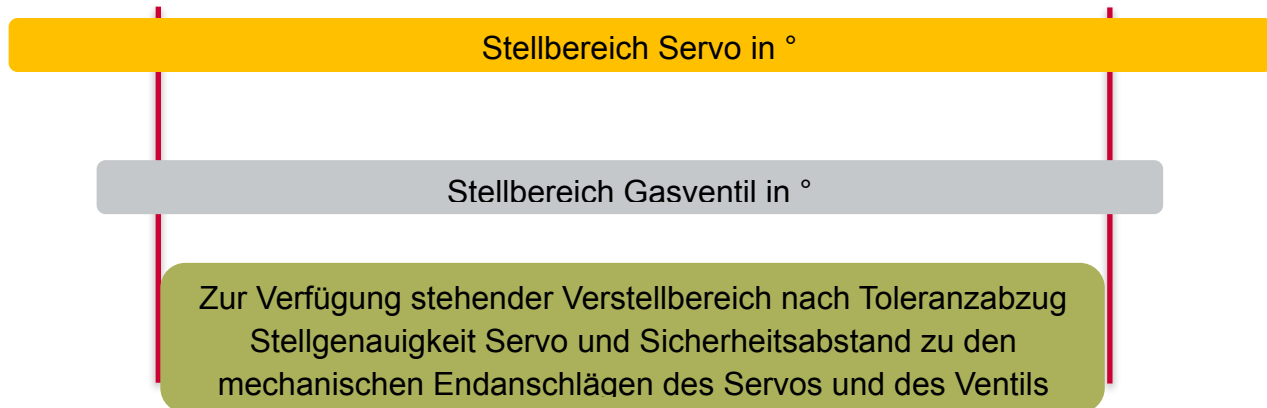
Bei einer Modifikation des Grills ist mit besonderer Vorsicht vorzugehen! Eine Beschädigung von gasführenden Bauteilen kann zu Brand- und Explosionsgefahr führen. Auch hier gilt wie eingangs erwähnt: jegliche Modifikation und Betrieb des Grills, abweichend vom Originalzustand geschieht auf eigene Gefahr und Verantwortung!

Vor der ersten Montage müssen der Fahrweg des Servos, sowie die 0-Stellung der Kupplung justiert werden.

Hierzu den Gasdrehknopf des Grills auf gewollte Minimalstellung drehen und den Originaldrehknopf abziehen. Die Kupplung muss nun entsprechend dieser Lage auf den Servo, bei Minimalansteuerung (Servoimpuls min. im Pitmastermenu) aufgesteckt werden.

Nun mit dem Originaldrehknopf am Grill auf Maximalstellung drehen und erneut abziehen. Der Servo muss mit eingestelltem Maximalwert (Servoimpuls max.) diese Stellung anfahren.

Den Servo nicht so einstellen, dass er in seinen Endlagen entweder hart an seinen inneren, oder hart an den Anschlag der Gasarmatur fährt. Zu beiden Hardwareanschlüssen mit den eingestellten Servoextremwerten einen ausreichenden Sicherheitswinkel lassen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Stellgenauigkeit des Servos berücksichtigt werden muss (der Servo kann die angefahrenen Punkte nur mit einer relativen Genauigkeit anfahren und halten!).



**Bild 4: Schema des theoretisch zur Verfügung stehenden Verstellbereichs**

Die am Grill ermittelten Endlagen (Stellung Gasventilzapfen min./max.) nun durch manuelles Anfahren verschiedener Servoimpulse, mit nicht am Grill aufgestecktem „Tripod“ iterativ anfahren. Wichtig ist, dass die eingestellten Servoextremwerte innerhalb der Spezifikation des Servos liegen! Nicht alle Servos fahren dieselbe Bandbreite!

Als Anhaltspunkte für die maximalen und minimalen Servowerte können die im Anhang dargestellten Werte herangezogen werden. Diese wurden freundlicherweise von verschiedenen Forumsnutzern rückgemeldet.

Bei Verwendung von anderen Drehwinkeln, oder anderen Servos, wäre es toll, wenn diese ebenfalls über das Forum (entweder private Nachricht, oder per Nachricht im Forum selbst) rückgemeldet würden, damit diese in der Anleitung ergänzt werden können. Dies unterstützt und erleichtert die Einrichtung für die Nachfolgenden Nutzer.

Sind die ermittelten Maximal-Impulse nun im „Trockenen“ bestimmt worden kann die ZSB Kupplung in dieser Position nun mit der Sicherungsschraube des Servo an der Servowelle fixiert werden.

Die Drehrichtung des Servos und die beiden Endlagen vor dem ersten Aufstecken auf die Gasarmatur prüfen! Vorsicht, wenn man von unten in die Servoeinheit blickt, ist die Servodrehrichtung spiegelverkehrt zur Benötigten!

Nun kann der „Tripod“ erstmals am Grill nach folgendem Schema montiert und getestet werden. Die Lage des Servos sollte hierbei auf Minimalstellung stehen. Ein Verdrehen des Servos an der Kupplung kann auch im unbestromten Zustand den Servo beschädigen. Besser ist es den Servo manuell über das Pitmastermenu anzufahren.

Montage des Aktors am Grill:

- 1) Gasbrenner zünden und auf Stellung "minimal" stellen
- 2) Originaldrehknopf abziehen
- 3) „Tripod“ nun mit dem Zentrierstift in Führungsbohrung am Grill einführen und auf das Ventil aufsetzen
- 4) Die Magnete halten den Aktor von selbst
- 5) fertig

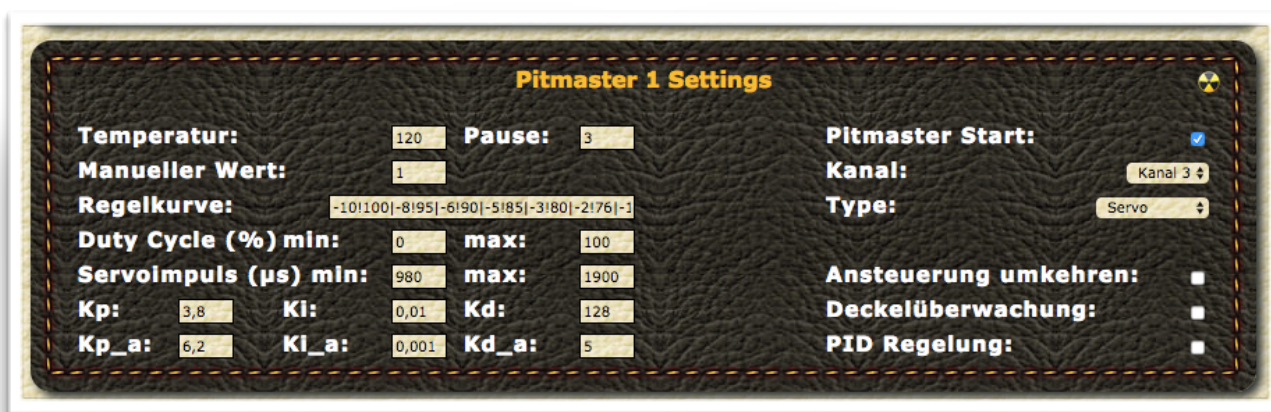
Nun die Extremwerte mit gezündeten Grill manuell anfahren und prüfen, dass der Servo richtig fährt und an keinen mechanischen Anschlag (Servo, Gasregler) kommt.

Falls die Ergebnisse positiv sind, steht einer ersten Pitmasterfahrt nichts mehr im Wege.

# Anhang

Im Anhang sind beispielhaft verschiedene Pitmaster-Einstellwerte von bereits applizierten Grills abgebildet. Diese können als Anhaltswerte für die Bestimmung der eigenen Maximalwerte dienen.

1)



Screenshot meiner eigenen Einstellungen mit HK-Servo an einem „Mr. Gardener Montreal“ (baugleich mit einem „Enders Monroe“). Verfahrensweg 90°. Bei Pitmaster in Aktion muss bei manueller Wert natürlich eine 0 rein! Ich fahre mit fester Regelkurve und halte die Temp. damit +- 1,5°C.

Die Werte der festen Regelkurve habe ich für meinen Grill "rausgefahren"

Sie sind:

-10!100 -8!95 -6!90 -5!85 -3!80 -2!76 -1!73 -0!70

Bei Abweichung -0 liege ich bei meinem Brenner mit 70% Drehwinkel zwischen 115-120°C, also für die meisten "Long Jobs" geeignet. Interessant ist hier vor allem die Schritte der Annäherung an 0. Der prozentuale Öffnungswinkel muss für jeden Grill einzeln appliziert werden. Mit diesen Annäherungsschritten klappt es bei mir wetterunabhängig perfekt.



2)

**Pitmaster 1 Settings**

Temperatur:	110	Pause:	3	Pitmaster Start:	<input checked="" type="checkbox"/>
Manueller Wert:	0			Kanal:	Kanal 0
Regelkurve:	-15 100 -10 75 -7 50 -5 40 -3 30 -2				
Duty Cycle (%) min:	0	max:	100	Type:	Servo
Servoimpuls (µs) min:	570	max:	2050	Ansteuerung umkehren:	<input type="checkbox"/>
Kp:	7,5	Ki:	0,016	Deckelüberwachung:	<input type="checkbox"/>
Kp_a:	2,344	Ki_a:	0,071	Kd_a:	0
				PID Regelung:	<input checked="" type="checkbox"/>

Screenshot der Einstellungen vom Alternativservo MG995, zur Verfügung gestellt von User „@roman1704“. Er benutzt ihn an einem "Weber Spirit Original" mit 180° Drehwinkel von Gas min. zu Gas max.. Hier wird allerdings mit PID geregelt, was aber für die Servogrenzwerte keinen Unterschied macht.

3)

**Pitmaster 1 Settings**

Temperatur:	120	Pause:	3	Pitmaster Start:	<input type="checkbox"/>
Manueller Wert:	0			Kanal:	Kanal 0
Regelkurve:	-15 100 -10 75 -7 50 -5 40 -3 30 -2 20 -10				
Duty Cycle (%) min:	0	max:	100	Type:	Servo
Servoimpuls (µs) min:	650	max:	2250	Ansteuerung umkehren:	<input type="checkbox"/>
Kp:	2,5	Ki:	0,013	Deckelüberwachung:	<input type="checkbox"/>
Kp_a:	2,5	Ki_a:	0,025	Kd_a:	0
				PID Regelung:	<input checked="" type="checkbox"/>

Screenshot der Einstellungen für einen "Weber Spirit Original" mit "HK-Servo". Zur Verfügung gestellt von User „@Lichte“. Der Drehwinkel des Servos liegt hier bei 180°. An den PID-Werten wird noch gearbeitet, sie funktionieren aber bereits als Startbasis gut.

Viel Erfolg damit,  
über Rückmeldungen und Anregungen würde ich mich freuen!

-mcp-





**Jede Änderung an einem bestehenden Grill ist vom jeweiligen Hersteller aus Prinzip untersagt. Jegliche Änderung des gekauften Produkts birgt Risiko in sich und führt zum Garantieverlust. Betreiben Sie niemals Ihren Grill unbeaufsichtigt und seien Sie bereit jederzeit manuell eingreifen zu können, während Sie diese, oder andere Modifikationen nutzen!**

**Ändern Sie nichts an Ihrem Grill, wenn Sie die Auswirkungen nicht vollumfassend einschätzen können und bereit sind jegliche Risiken auf eigene Gefahr zu verantworten!**



**Every modification of a BBQ is prohibited by any manufacture and made by your own risk. Every change of the product may cause hazard and loose of guarantee! Never leave your BBQ unattended and be ready to involve manually at every time, during use of this or any other modification.**

**Don't change anything at your BBQ if you cannot assess the complete effects and you aren't prepared to take any possible risks and consequences by your own.**