

DER PITMASTER



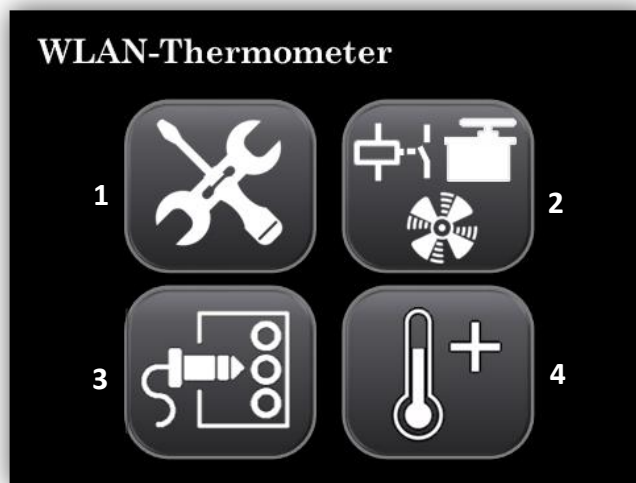
Inhaltsverzeichnis

1	Der Pitmaster im Display	4
2	Der Pitmaster im Detail.....	5
2.1	Pitmaster Einstellungen	5
2.1.1	Pitmaster Ein / Aus.....	5
2.1.2	Temperatur	6
2.1.3	Pause	6
2.1.4	Manueller Wert.....	6
2.1.5	Kanal.....	7
2.1.6	Pitmastertypen	7
2.1.7	Ansteuerung umkehren	9
2.1.8	Deckelüberwachung	10
2.1.9	PID Regelung	11
2.1.10	Regelkurve	11
2.1.11	Duty Cycle min / max	12
2.1.12	Servoimpuls min / max	14
2.2	PID Parameter	15
2.2.1	Regler Parameter Kp, Ki, Kd	15
2.2.2	Regler Parameter Kpa, Kia, Kda	15
3	Inbetriebnahme Pitmaster.....	16
3.1	Allgemeines	16
3.2	Ein Vorschlag wie man vorgehen kann	18
3.2.1	Workflow.....	18
3.2.2	Duty Cycle min beim Lüfter ermitteln	19
3.2.3	Test - Duty Cycle min beim Lüfter.....	19
3.2.4	Servoimpuls min und max. bei einer Klappe ermitteln:	20
3.2.5	Stellung des Deckelschiebers:.....	21
3.2.6	Die Stellung des Deckelschiebers – Test ob das System regelbar ist	21
3.2.7	Option: Duty Cycle max ermitteln	22
3.2.8	Pitmaster Parameter - Regelung mit Standartwerten in Betrieb nehmen.....	22

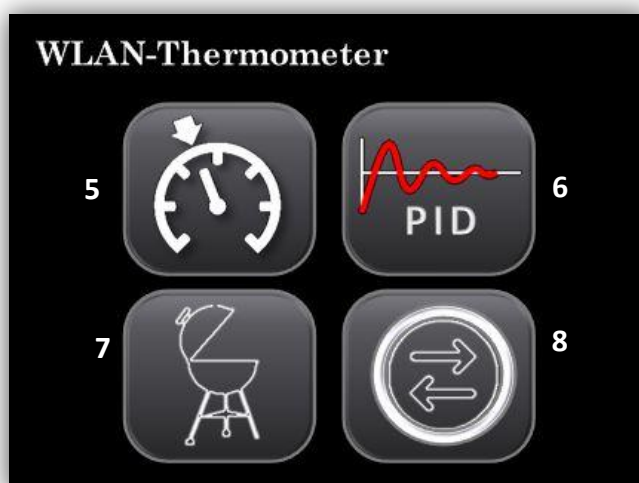
4	Rechnerische Ermittlung der Regler Parameter	25
4.1	Näherungsverfahren zur rechnerischen Bestimmung dieser Parameter.	25
4.1.1	Die Sprungantwort und das Wendetangentenverfahren:.....	25
5	Beispiel von funktionierenden Setups:	29
5.1	Kugelgrill.....	29
5.1.1	Beispiel 1:	29
5.1.2	Beispiel 2:	29
5.2	UDS	30
5.2.1	Beispiel 1:	30
5.3	Sous Vide	31
5.3.1	Beispiel 1:	31
5.4	Smoker	32
5.4.1	Beispiel 1:	32

1 Der Pitmaster im Display

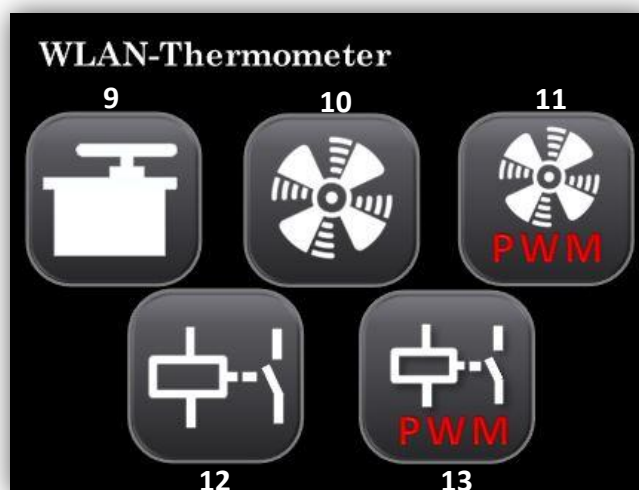
1. Pitmaster Einstellungen
2. Typ
3. Kanal
4. Solltemperatur



5. Pitmaster Ein / Aus (clock icon)
6. PID Ein / Aus (PID graph icon)
7. Deckelüberwachung Ein / Aus (grill icon)
8. Ansteuerung umkehren Ein / Aus (circular arrows icon)



9. Servo (servo motor icon)
10. Lüfter (fan icon)
11. Lüfter PWM (fan icon with PWM text)
12. IO (circuit board icon)
13. IO PWM (circuit board icon with PWM text)



2 Der Pitmaster im Detail



Pitmaster Einstellungen

Temperatur: Pause:

Manueller Wert:

Regelkurve:

Duty Cycle (%) min: max:

Servoimpuls (µs) min: max:

Kp: Ki: Kd:

Kp_a: Ki_a: Kd_a:

Pitmaster Start: ☒

Kanal:

Type:

IO GPIO:

Ansteuerung umkehren: ☐

Deckelüberwachung: ☐

PID Regelung: ☒

Der Pitmaster (Temperaturregler) bestimmt anhand der Abweichung zwischen Ist- und Solltemperatur des gewählten Kanals über einen PID-Regelalgorithmus oder einer Regelkurve die notwendige Stellgröße (Drehzahl eines Lüfters, Klappenstellung, oder IO Signal) die zum Erreichen der Solltemperatur notwendig ist und steuert damit den angeschlossenen Aktor. (Lüfter, Klappe, Relais ...)

2.1 Pitmaster Einstellungen



2.1.1 Pitmaster Ein / Aus

Pitmaster Start:
☒



Wird dieser Hacken gesetzt, schaltet man den Pitmaster ein und der ausgewählte Aktor (Lüfter, Servo oder IO) wird angesteuert.

2.1.2 Temperatur



In diesem Feld wird der Sollwert für den Pitmaster als Solltemperatur in °C eingegeben.

2.1.3 Pause



Hier kann der Zyklus in dem der Pitmaster die Berechnung des Stellsignals ausführt angepasst werden.

2.1.4 Manueller Wert



Mit diesem Parameter kann man den Pitmasterausgang manuell auf einen gewünschten Stellwert stellen. Der Pitmaster muss dafür aktiviert sein.

Ist der Parameter **Manueller Wert** größer 0, so ist die Regelungsfunktion komplett deaktiviert und der Pitmasterausgang folgt dem eingetragenen Wert.

Dieser Wert ist Duty Cycle bereinigt d.h.:

Manueller Wert = 0 entspricht **Duty Cycle Min** bzw. **Servoimpuls min**

Manueller Wert = 100 entspricht **Duty Cycle Max** bzw. **Servoimpuls max**

Wenn man genau 0 ausgeben möchte muss man die Solltemperatur z.B. auf 0°C setzen weil sonst der Regler übernimmt und gegebenenfalls den Ausgang verändert.

2.1.5 Kanal



In diesem Feld kann man auswählen welcher Kanal als Ist Temperatur zum Regeln genutzt werden soll.

2.1.6 Pitmastertypen



2.1.6.1 Servo



Der Typ „**Servo**“ ermöglicht das Ansteuern eines handelsüblichen Modellbau Servo. Die Ansteuerung erfolgt über eine PWM (Pulsweitenmodulation) mit 50 Hz. Die Breite (= Zeitdauer) der Pulse bestimmt den vom Servo angefahrenen Winkel. Die Pulsbreiten für den linken und rechten Anschlag eines Servos unterscheiden sich von Modell zu Modell. In der Weboberfläche können die beiden Grenzwerte unter **Servoimpuls min** und **Servoimpuls max** eingestellt werden.

2.1.6.2 Lüfter



Der Typ „**Lüfter**“ ermöglicht das Ansteuern eines beliebigen 12 V-Lüfters über zwei Leitungen (Steuerspannung und GND). Die Drehzahl des Lüfters wird über die Steuerspannung eingestellt. Die Steuerspannung wird auf der Mini durch die Transformation einer PWM mit 500 Hz in eine konstante Gleichspannung im Wertebereich von etwa 3V bis ca. 10,0 V erzeugt. Durch die Anpassung der Duty Cycle-Grenzwerte kann der Wertebereich der Steuer-spannung verkleinert werden. Somit kann ein zu „starker“ Lüfter in seiner Maximaldrehzahl beschränkt werden.

2.1.6.3 Lüfter PWM



Der Typ „**Lüfter PWM**“ ermöglicht das Anschließen von speziellen PWM-Lüftern. Diese verfügen über 4 Anschlussleitungen. Zum einen zwei Leitungen zur konstanten 12 V-Spannungsversorgung (12 V und GND), eine Leitung zur Übertragung der PWM und einer nicht benötigten Leitung zur Übersendung des Tachosignals. Die Steuerung der Lüfter Drehzahl erfolgt direkt durch das Übermitteln der vom Pitmaster berechneten Pulsbreite. Die interne Umwandlung der PWM in eine Gleichspannung wird hier nicht benötigt. Aus diesem Grund wird ein PWM-Lüfter beim Typ „**Lüfter PWM**“ nicht über die beiden Anschlusspins im Bereich der Markierung „Lüfter“ angeschlossen. Stattdessen müssen Anschlusspins aus verschiedenen Bereichen der Miniplatine verwendet werden. Benötigt wird ein Pin mit konstanter Spannung von 12 V (bspw. am BD 131), einem GND-Pin (bspw. im Bereich „Lüfter“) und dem Pin, der die PWM überträgt (im Bereich „Servo“ => Anschlusspin „Data“).

2.1.6.4 I/O Ausgang



Der Typ „**IO**“ ermöglicht das Anschließen eines Relais zum Schalten von Wechselstromverbrauchern. Angeschlossen wird das Relais über die Anschlusspins im Bereich „Servo“ oder alternativ im Bereich „Lüfter“. Das Steuersignal wird vom Pitmaster den Pin „+12V“ (im Bereich „Lüfter“) übertragen. Das Steuersignal wechselt zwischen den konstanten Zuständen AUS = 0 V und EIN = ca. 10 V. Der entsprechende Zustand wird vom Pitmaster bestimmt. Ein Wechsel des Zustands findet dabei nur statt, wenn die Regelgröße die Grenze von 50 % überschreitet. Durch setzen der Checkbox „Ansteuerung umgekehrt“ in der Weboberfläche werden die Werte für AUS und EIN vertauscht. Diese Option wird dann benötigt, wenn das Relais nicht bei EIN sondern bei AUS den Wechselstromverbraucher aktiviert.

Hinweis: Pitmaster ausschalten per GUI oder Display stellt die Steuerspannung unabhängig von der Einstellung auf 0 V ein.

2.1.6.5 I/O PWM



Der Typ „IO PWM“ ermöglicht ebenfalls das Anschließen eines Relais zum Schalten von Wechselstromverbrauchern, jedoch ist das Regelverhalten deutlich dynamischer als beim Typ „IO“, da ein häufigerer Wechsel zwischen den Zuständen AUS und EIN stattfindet (alle 0 – 2 s, aufgrund der PWM-Frequenz von 0,5 Hz). Der komplette Duty Cycle-Regelbereich (zwischen den eingetragenen Werten in den Feldern min und max. in der Weboberfläche) wird ausgenutzt. Der Anschluss erfolgt identisch zum Anschluss beim Typ „IO“.

!!! Achtung !!! Diese Einstellung wird **nicht** für mechanische Relais empfohlen!

2.1.7 Ansteuerung umkehren



Durch setzen der Checkbox **Ansteuerung umkehren** in der Weboberfläche kann die Wirkungsweise des Pitmasters gedreht werden.

- Checkbox nicht angewählt:
 - Lüfter: Temperatur steigt => Pitmaster Signal fällt
 - Klappe: Temperatur steigt => Pitmaster Signal fällt (Klappe fährt nach: z.B. rechts)
 - I/O : Temperatur steigt => Pitmaster Signal AUS
- Checkbox angewählt:
 - Lüfter: Temperatur steigt => Pitmaster Signal steigt
 - Klappe: Temperatur steigt => Pitmaster Signal steigt (Klappe fährt: z.B. links)
 - I/O : Temperatur steigt => Pitmaster Signal EIN

2.1.8 Deckelüberwachung



Deckelüberwachung: ☐

Durch setzen der Checkbox **Deckelüberwachung** wird eine Überwachung des Temperatursignal aktiviert, die anhand eines starken Temperaturfalls ein Öffnen des Deckels erkennt und das Pitmaster Signal auf 0% schaltet. Wird der Deckel wieder geschlossen, erkennt das System, dass die Temperatur wieder steigt und sich einpendelt und gibt den Pitmasterausgang wieder für Regelung frei.

Sollte die Temperatur innerhalb von 300 Sekunden nicht erreicht werden, wird die Deckelüberwachung automatisch deaktiviert.

2.1.9 PID Regelung



Mit diesem Schalter kann man zwischen 2 Regler Arten auswählen:

1. PID Regelung EIN => Hacken gesetzt => PID Regler aktiv
(Details im weiteren Verlauf der Anleitung)
2. PID Regelung AUS => Hacken nicht gesetzt => Regelkurve aktiv

2.1.10 Regelkurve



Die Regelkurve ist ein einfacher Algorithmus mit Hilfe dessen der Pitmaster in Abhängigkeit von der Regelabweichung (Differenz zwischen Ist Temperatur – Soll Temperatur) den Ausgang beeinflusst.

Mit Hilfe von Wertepaaren, die aus Regeldifferenz und Stellgröße bestehen, kann man eine solche Kennlinie in diesem Feld hinterlegen.

Bsp: Isttemp. – Solltemp. = $100^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C} = -20^{\circ}\text{C}$ => Lüfter soll auf 100% laufen

Isttemp. – Solltemp. = $105^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C} = -15^{\circ}\text{C}$ => Lüfter soll auf 75% laufen

Isttemp. – Solltemp. = $110^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C} = -10^{\circ}\text{C}$ => Lüfter soll auf 50% laufen

Isttemp. – Solltemp. = $115^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C} = -5^{\circ}\text{C}$ => Lüfter soll auf 25% laufen

Isttemp. – Solltemp. = $120^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C} = -0^{\circ}\text{C}$ => Lüfter soll auf 0% laufen

Folgender Eintrag ist erforderlich:

Regelkurve: -20!100 | -15!75 | -10!50 | -5!25 | 0!0

2.1.11 Duty Cycle min / max



2.1.11.1 Duty Cycle min

Lüfter:

Da fast jeder Lüfter u.a. wegen der Reibung und Trägheit nicht bei 0% (0V) stehen bleibt bzw. wieder anläuft, kann man mit Hilfe des **Duty Cycle min** Parameter dieses Problem beseitigen. Das Ziel ist, wenn der Pitmaster 0% ausgibt, dass der Lüfter auch erst genau dann **stoppt** bzw. bei 1% gerade so anläuft und weiter läuft.

Info: Da ein Lüfter für das Anlaufen etwas mehr Energie braucht, wurde im Pitmaster eine Art Startautomatik eingebaut. Wenn der Pitmasterwert von 0 auf z.B. 1% fährt, wird im Hintergrund der Ausgang automatisch für eine Sekunden auf den Wert 50 % und dann erst auf die 1 % gefahren.

Wenn der Pitmasterwert 0% annimmt passiert folgendes:

Bei einem Lüfter wird der Ausgang immer ausgeschaltet (Spannung = 0 V) und der Lüfter bleibt stehen.

Bei einem Servo wird weiterhin Spannung zugeführt um die Position zu halten.

Bei einem IO wird weiterhin Spannung zugeführt um die Position (Duty Cycle min) zu halten.

Beispiele für 2 Titan Lüfter :

- Titan 50x50 : duty cycle min = 22
- Titan 60x60 : duty cycle min = 33

Sous Vide:

Im Bereich der Sous Vide Steuerung mit der IO PWM Einstellung muss Duty Cycle min = 0 sein sonst kann die Heizung nie von der Regelung ausgeschaltet werden.

2.1.11.2 Duty Cycle max

Der **Duty Cycle max** Parameter ist die Begrenzung des Pitmaster Ausgangs in Richtung Enddrehzahl des Lüfters, max. Spannung für den IO oder max. Pulsbreite beim IO PWM.

Lüfter:

Eine Anpassung dieses Parameters ist eventuell notwendig wenn man einen großen Lüfter benutzt und hauptsächlich bei den Grills, bei denen man keinen Minionring aufbaut und die Temperatur somit nicht durch die Anzahl der gleichzeitig brennenden Briketts einigermaßen begrenzt ist.

Sous Vide:

Im Bereich der Sous Vide Steuerung mit der IO PWM Einstellung kann man die Leistung des Heizelements damit begrenzen. Es kann somit ein Überspringen der Temperatur beim Aufheizen besser vermieden werden. Durch solch eine Begrenzung wird die Heizung zyklisch ausgeschaltet wird, somit kann sie ständig leicht abkühlen und das Medium hat mehr Zeit die Wärme anzunehmen.

Wenn man einen Temperaturbegrenzer von z.B. 95° C einsetzt und versucht direkt auf eine Wassertemperatur von 85 ° aufzuheizen, kann es dazu kommen, dass der Begrenzer Anspricht und die Spannung unterbricht. Jetzt muss man warten bis die Temperatur soweit abgekühlt ist und die Spannung für die Regelung wieder freigegeben wird.

(Grund: Die direkte Temperatur der Heizmatte ist etwas höher als die des Wassers und im der ersten Aufheizphase ist diese Differenz meistens am größten. Dieses Problem ist auch abhängig von der Position wo der Begrenzer montiert wurde und wie man diesen Bereich isoliert hat.)

Wenn man eine Begrenzung über den Duty Cycle max einstellt, kann dieses Problem meistens vermieden werden, mit dem kleinen Nachteil, dass die Aufheizphase etwas länger dauert.

2.1.12 Servoimpuls min / max



Die Pulsbreiten für den linken und rechten Anschlag eines Servos unterscheiden sich von Modell zu Modell. Weiterhin ist auch der Weg (Winkel) den ein Aktor von Auf nach ZU macht auch oft unterschiedlich. (z.B. eine Klappe zur Luftregulierung).

Aus diesem Grund ist es notwendig diese Grenzwerte für den jeweiligen Servo mit dem entsprechenden Aktor genau zu ermitteln und hier einzutragen so dass:

- Pitmastersignal = 0% => Aktor (z.B. Klappe) ist ZU
- Pitmastersignal = 100% => Aktor (z.B. Klappe) ist 100% AUF

Auch wenn „Ansteuerung umkehren“ (Wirksinn des Reglers) angewählt ist, gilt weiterhin, dass im Feld **Servoimpuls min** die kleinere und im Feld **Servoimpuls max** die größere Pulsbreite eingetragen wird.

2.2 PID Parameter

2.2.1 Regler Parameter Kp, Ki, Kd



Mit den **Kp**, **Ki** und **Kd** Parameter wird das Regelverhalten im Bereich von +/- 10% um die Solltemperatur eingestellt. Dieser Grenzwert bezieht sich auf die eingestellte Solltemperatur und kann in der Wlanthermo.conf über den Eintrag: „pit_switch_a = 90.0“ angepasst werden.

2.2.2 Regler Parameter Kpa, Kia, Kda



Die Parameter **Kpa**, **Kia** und **Kda** sind für den Aufheizvorgang, für größere Abweichung und größere Solltemperatursprünge zuständig.

Mit den **Kpa**, **Kia** und **Kda** Werten wird das Regelverhalten bis 90% vor dem Erreichen der Solltemperatur eingestellt.

Wenn also die Abweichung der Ist Temperatur von der Solltemperatur größer +/-10 % (bezogen auf die Solltemperatur) ist, regelt der Pitmaster mit den Werten **Kpa**, **Kia** und **Kda** und sobald die Abweichung kleiner +/-10% ist mit den Werten **Kp**, **Ki** und **Kd**.

3 Inbetriebnahme Pitmaster

3.1 Allgemeines

Grundlage für diese Anleitung ist die Release > 2.4.0.0

Für das erste Mal muss man etwas Zeit mitbringen und Geduld haben. Wer sich mit Regelungen auskennt braucht diese Anleitung sicherlich nicht und für den Ein und Anderen ist es vielleicht zu detailliert beschrieben, die können ja die entsprechenden Punkte überspringen. Ich kann es nur empfehlen die Reihenfolge wie hier beschrieben so einzuhalten. Auch wenn es etwas Zeit in Anspruch nimmt.

So, jetzt einige Grundgedanken zu diesem Thema:

- Das System sollte möglichst keine Falschlufte zulassen, d.h. die Luft darf nur über den Lüfter (Klappe) rein (wichtig!!!!) und hauptsächlich nur über den Deckelschieber raus, restliche Öffnungen sollten möglichst dicht sein.
Später wird ein kurzer Test beschrieben wodurch man sehen kann ob das alles dicht genug ist.
- Auch bei der Verwendung eines Wlanthermometers mit der Pitmasterfunktion für die Regelung des Grills, macht es Sinn das System erstmal grundsätzlich so vorzubereiten wie man es schon immer gemacht hat. Der Pitmaster soll ja "nur" das ständige Anpassen der Luftzufuhr durch das Verstellen des Luftschiebers für uns übernehmen.
- Da die Temperaturhaltung ja auch händisch funktioniert hat, und das System mit der natürlichen Zugluft sehr gut zu Recht kommt, macht es nicht viel Sinn stark überdimensionierte Lüfter zu verwenden.
- Zum Thema " Den Grill so vorbereiten wie immer... :
Wenn man die Temperatur händisch einstellen muss, ist ein Wärmespeicher (z.B. Wasser, Sand ...) im Grill schon was Feines. Möchte man jetzt ein Regelungssystem einsetzen ist dieser Wärmespeicher nicht ideal für eine gute Regelung, da er das System entsprechend träger macht und sogenannte Verzögerungs- und Totzeiten verursacht, die eine gute Regelung nicht begünstigen. Manche möchten aber eine gewisse Feuchtigkeit im Grill haben, dann muss man halt einen Kompromiss eingehen indem man die Menge des Wassers minimiert.
- Es sollte möglichst immer der gleiche Aufbau und auch die gleichen Briketts / Kohle genutzt werden, dann passen die ermittelten Parameter. Sobald man davon abweicht, kann es sein dass man die Regler Parameter Kp Ki und Kd anpassen muss.

- Die Regler Parameter K_p , K_i und K_d sind von der sogenannten Regelstrecke abhängig, d.h. jede Änderung an der Regelstrecke hat einen kleineren oder auch größeren Einfluss auf diese Parameter. Die Regelstrecke umfasst hauptsächlich folgende Komponenten: den Aktor (z.B.: Lüfter bzw. Klappe), Grill Typ, Grillabdichtungen, Grilleinbauten wie Speicher... , Stellung der Deckelschieber , Kohle Art und Menge, Duty Cycle Parameter ..."

- Wichtig ist auch das Verhältnis Briketts zu Luft:

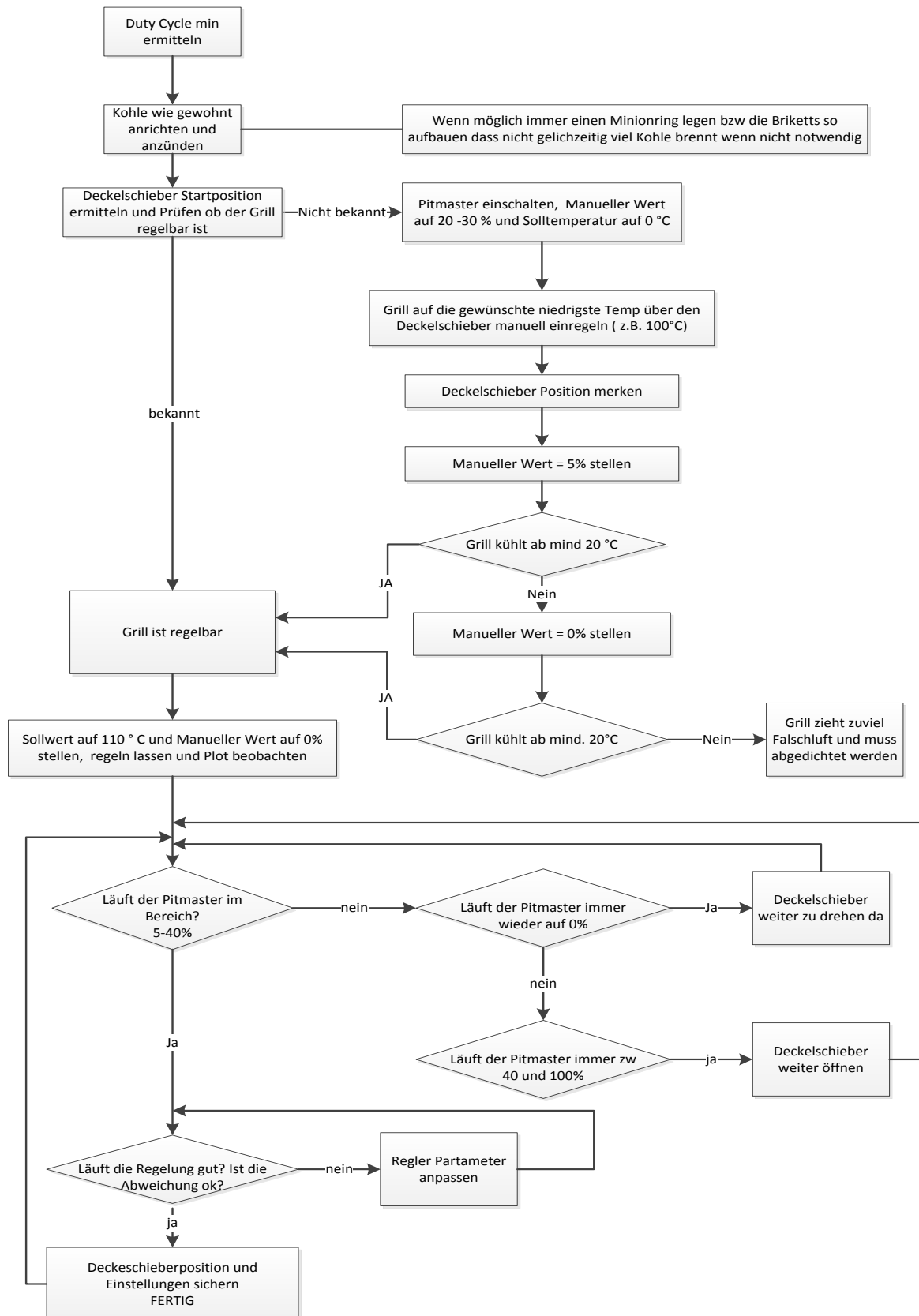
Wenn man viele Briketts einsetzt und damit auch viele gleichzeitig brennen, braucht man wenig Luft um die Temperatur zu halten, der Lüfter läuft in diesem Fall im unteren Bereich (durch die Falschlufte sogar im Bereich 0-5 %)und der Deckelschieber muss stark geschlossen werden.

Verwendet man weniger Briketts z.B. einen 3er Minion Ring bei dem auch weniger Briketts gleichzeitig brennen, braucht man etwas mehr Luft und der Deckelschieber kann stärker geöffnet werden und der Lüfter läuft in einem höheren Bereich (gut: 5-40%).

Wenn möglich: Für kleinere Temperaturen wenige gleichzeitig brennende Briketts und bei höheren Temperaturen entsprechende mehrere.

3.2 Ein Vorschlag wie man vorgehen kann

3.2.1 Workflow



3.2.2 Duty Cycle min beim Lüfter ermitteln

Der Wert **Duty Cycle min** muss für den eigenen Lüfter und Wlanthermo möglichst genau bestimmt werden um sogenannte Totzeiten im Regelkreis zu verhindern. Diese Totzeiten würden eine gute Regelung erheblich schwieriger machen.

!!!Wichtig !!! Man muss den Punkt bestimmen wann der Lüfter stoppt und nicht wann der Lüfter anläuft.

Eine Möglichkeit dieses zu machen:

1. Folgende Werte einstellen:
 - **Duty Cycle min** = 0
 - **Duty Cycle max** = 100
2. Den Pitmaster einschalten und den Fühler, auf den der Pitmaster eingestellt ist, ausstecken.
3. Den Parameter **Manueller Wert** im Webinterface auf der Konfigurationsseite auf z.B. 40 % stellen, so dass der Lüfter sicher läuft.
4. Dieser Wert wird dann schrittweise erst in größeren und zum Ende hin in 1% Schritten reduziert und so genau ermittelt wann der Lüfter **stoppt**.

Beispiel: 60x60 Titan Lüfter

40%=> läuft 34% => läuft noch ; 33% => läuft noch => 32% stoppt

also **Duty Cycle min** = 33% eintragen."

Auf der Konfigurationsseite sollte dann folgendes stehen:

- **Duty Cycle min** = 33
- **Duty Cycle max** = 100

3.2.3 Test - Duty Cycle min beim Lüfter

Pitmaster einschalten und den Fühler auf den der Pitmaster eingestellt ist ausstecken.

Den Parameter **Manueller Wert** auf 0 % stellen => der Lüfter steht

Den Parameter **Manueller Wert** von 0 % auf 1% stellen => der Lüfter läuft an und läuft auch weiter! => Fertig!

Sollte der Lüfter anlaufen und dann stehen bleiben, muss der Wert **Duty Cycle min** um 1% erhöht und der Test ab Punkt 1 wiederholt werden.

3.2.4 Servoimpuls min und max. bei einer Klappe ermitteln:

Benutzt man eine Klappe mit Servo sollten man den Wert **Servoimpuls min** so einstellen, dass beim Pitmasterausgang von 0% die Klappe gerade komplett geschlossen ist, d.h. => bei 1-2 % lässt sie schon leicht Luft durch.

Den Wert **Servoimpuls max** muss man so einstellen dass bei 100% Pitmasterausgang die Klappe gerade so ganz auf ist.

Diese Werte kann man mit Hilfe des Parameters **Manueller Wert** leicht ermitteln:

1. Als erstes Servo auf den Aktor montieren und anschließen
2. Pitmaster einschalten und den Fühler auf den der Pitmaster eingestellt ist ausstecken.
3. In der Weboberfläche folgende Werte eintragen:
 - **Manueller Wert** = 0
 - **Servoimpuls min** = 1250
 - **Servoimpuls max** = 1750
4. Jetzt wird Wert **Servoimpuls min** so lange reduzieren bis der Aktor in Stellung ZU ist.
5. Im nächsten Schritt folgende Werte einstellen
 - **Manueller Wert** = 100%
 - **Servoimpuls min** = ermittelter Wert
 - **Servoimpuls max** = 1750
6. Jetzt den Wert **Servoimpuls max** so lange erhöhen bis der Aktor in Stellung AUF ist.

Sollte man z.B. eine extrem große Klappe benutzen und eine Begrenzung des Öffnungswinkels aus regelungstechnischer Sicht sinnvoll sein (Verkleinerung des Regelbereichs), kann man diese durch die Reduzierung des Parameters **Servoimpuls max** machen. z.B:

- Pitmastersignal = 0% => Aktor (z.B. Klappe) ist ZU
- Pitmastersignal = 100% => Aktor (z.B. Klappe) ist 75% AUF

3.2.5 Stellung des Deckelschiebers:

Es macht Sinn die richtige Stellung des Deckelschiebers zu ermitteln um den Grill möglichst schon beim Aufheizen optimal hinzustellen und zu prüfen ob der Grill so überhaupt regelbar ist. Eine Möglichkeit wie man das machen kann wird später beschrieben.

Wenn die Regelung später dann läuft, wird man diese Stellung weiter optimieren bzw. anpassen.

3.2.6 Die Stellung des Deckelschiebers – Test ob das System regelbar ist

- Den Grill wie gewohnt vorbereiten und anzünden
- Pitmaster einschalten und Solltemperatur = 0°C einstellen (damit der Regler bei einem **Manueller Wert** = 0 nicht übernimmt.)
- Im Webinterface den Parameter **Manueller Wert** auf einen Wert zw. 10-30 % stellen
- Mit dem Deckelschieber wie gewohnt den Grill auf eine Temperatur im gewünschten Bereich händisch einregeln.
(wenn man den Grill im Bereich 100°C -120°C betreiben möchte macht es Sinn den Grill auf 100° einregeln.)"
- Wenn sich die Temperatur abgefangen hat und in diesem Bereich rel. stabil läuft, kann man sich diese Stellung als Startstellung merken.
!!! Achtung !!! : Sobald man einen anderen Lüfter, Lüfter Einstellungen oder andere Kohlemenge ... nutzt, kann diese ermittelte Stellung wieder etwas abweichen!!! => das ist zwar kein großes Problem aber man muss es wissen!
- Jetzt kann / sollte man prüfen ob bei einer kleinere Stellgröße von z.B. 5% oder spätestens bei 0% (wenn der Lüfter steht), die Temperatur fällt => z.B. um ca. 20-40°C unter der gewünschten Temperatur. Sollte dieses nicht der Fall sein, zieht das System wahrscheinlich immer noch zu viel Falschluf und muss abgedichtet werden. So ist das System ist nicht wirklich regelbar.
- Wenn alles geklappt hat, kann man den Pitmaster mit den Standard Regler Parameter regeln lassen, indem man den Parameter **Manueller Wert** = 0 und den Sollwert auf die gewünschte Temperatur einstellt (z.B. = 110°C).

3.2.7 Option: Duty Cycle max ermitteln

In den meisten Fällen ist diese Anpassung nicht erforderlich, sollte es aber dennoch sein kann man folgendermaßen vorgehen:

- Vorausgesetzt der Grill brennt, der Deckelschieber ist eingestellt und der Grill ist regelbar, kann man jetzt den **Duty Cycle max** Wert ermitteln um zu vermeiden dass der Lüfter bei einem Pitmasterausgang von 100% zu viel Luft in den Grill fördert.
- Man stellt den Parameter **Manueller Wert** einen Wert zwischen 10-30 %
- Sobald eine rel. stabile Temperatur von erreicht ist (z.B. 100°C), erhöht man den diesen Wert z.B. in 10% Schritten und lässt dem Grill nach jedem Sprung etwas Zeit um sich einzupendeln.
- Wenn man z.B. schon bei 50 -60 % z.B: über 200 °C liegt, dann bläst der Lüfter zu viel Luft in das System (bei der verwendeten Kohlemenge) und kann über den Wert **Duty Cycle max** begrenzt werden, indem man diesen Wert verringert, z.B. von 100% auf 80%

!!!Achtung !!! Wenn man den Grill zu hoch aufheizt dauert es sehr lange bis er wieder im Bereich 110 °ist!!!!

Bei einer Klappe mit Servo ist es in den meisten Fällen nicht notwendig den ermittelten **Duty Cycle max** = Stellung AUF der Klappe weiter zu begrenzen, da die Querschnitte des Lufteinlasses und der Deckelschieber schon die Begrenzung übernehmen.

3.2.8 Pitmaster Parameter - Regelung mit Standartwerten in Betrieb nehmen

Wenn die oberen Punkte abgearbeitet sind, sollte man jetzt folgendes von seinem System kennen:

- **Duty Cycle min** bzw. **Servoimpuls min**
- **Duty Cycle max** bzw. **Servoimpuls max**
- Startstellung des Deckelschiebers
- der Grill ist regelbar

Um die Regelung jetzt in Betrieb zu nehmen, muss man passende Parameter **Kp**, **Ki** und **Kd** haben.

3.2.8.1 Regler Parameter für den Aufheizbetrieb , größere Störungen und Sollwertänderungen

Info: An Ende der Anleitung findet man für die verschiedenen Grillsysteme und Setups entsprechende Beispiele für gut funktionierende Parameter. Wir sind bestrebt diese ständig zu erweitern und zu aktualisieren.

Folgende Standardwerte für das Aufheizen übernehmen und erstmal nicht ändern

Kpa=6 ; Kia= 0.001 Kda=5

3.2.8.2 Regler Parameter für den "normalen" Betrieb:

- **Kp => Proportionalfaktor** Standardwert = 3.8

Über den sogenannten P-Anteil wird der Ausgang des Pitmaster proportional zur Regeldifferenz zwischen Soll- und Ist Temperatur beeinflusst.

=> Regelung zu langsam erreicht schwer die Solltemperatur => Wert muss erhöht werden

(Temperatur muss nicht genau den Sollwert erreichen, es reicht wenn sie sich im Bereich $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ um den Sollwert einpendelt.)

=> Regelung erreicht zwar schnell den Sollwert schwingt sich aber auf (schwingt ständig hin und her) => Wert muss verkleinert werden

Bei sehr Trägen Systemen wie z.B. einem Keramikgrill kann man mit kleineren Werten starten z.B. $Kp = 2$

Empfehlung : Änderungen in max 0,5 er Schritte auch wenn das etwas dauert....

- **Ki => Integralfaktor** Standartwert = 0.001

Der Ki Faktor ist für den I-Anteil zuständig und regelt die bleibende Abweichung zwischen Ist und Solltemperatur aus.

d.h. Solange es eine Abweichung zwischen Soll- und Istwert gibt, erhöht bzw. senkt dieser Anteil das Ausgangssignal mehr oder weniger langsam (vom Ki Faktor abhängig) so dass Sollwert genau gleich Istwert wird.

- ⇒ null oder zu klein, es bleibt eine sogenannte Bleibende Regelabweichung...
d.h. man stellt 110°C ein und der Regler pendelt sich um die 114 °C ein , also ca. 4°C Abweichung die immer bleibt. (""bleibende Regelabweichung"")
- ⇒ zu groß : **!!!Achtung!!!!** Wenn der Wert zu groß wird schwingt sich das System sehr schnell auf, speziell bei so trägen Regelstrecken wie die Temperatur im Grill!!! Das Ganze wird unstabil...

Empfehlung: Änderungen in 0.001 / 0.003 er Schritten und nach jedem Schritt beobachten ob es reicht oder ob das System anfängt sich aufzuschwingen.

- **Kd => Differenzialfaktor** Standartwert = 128

Dieser Anteil ist dafür da, dass bei den trägen Regelstrecken erkannt wird, dass der Istwert fällt bzw. steigt und in Abhängigkeit wie stark dieser fällt oder steigt, erhöht oder senkt dieser Anteil den Ausgang und greift schon vorher ein ...

Dieser Anteil stabilisiert den Regelkreis.

4 Rechnerische Ermittlung der Regler Parameter

Es gibt verschiedene Möglichkeiten diese Parameter zu bestimmen:

- Näherungsverfahren zur rechnerischen Bestimmung dieser Parameter.
- Empirische Ermittlung

4.1 Näherungsverfahren zur rechnerischen Bestimmung dieser Parameter.

Info !!!! Achtung !!!!

Wenn man die entsprechenden Aufzeichnungen nicht richtig und sehr genau macht, kann man sehr falsche und damit unbrauchbare Werte rauskriegen... Aus diesem Grund ist es empfehlenswert erstmal mit den Standardparameter zu versuchen, diese passen meistens schon gut. Wenn man diese dann etwas an das eigene System anpasst, klappt das noch besser. Es werden für die verschieden Setups immer mehr Erfahrungswerte im Forum veröffentlicht, wenn man mit Regelungstechnik nicht viel zu tun hat, macht es erst mal Sinn auf solche Parameter zurück zu greifen bevor man hier tiefer einsteigt...

Seit der Release 2.4.0.0 sind standardmäßig optimierte Parameter schon voreingestellt.

4.1.1 Die Sprungantwort und das Wendetangentenverfahren:

Um Regelstrecken (hier unser Grillsystem) für die Festlegung von Regelparametern zu bewerten, hat es sich bewährt diese durch 3 Kenngrößen zu beschreiben:

- Streckenverstärkung: **Ks**
- Verzugszeit: **Tu**
- Ausgleichszeit: **Tg**

Um diese Parameter zu bestimmen, braucht man eine sogenannte Sprungantwort der Regelstrecke (auch Übertragungsfunktion genannt). Siehe Abbildung 1

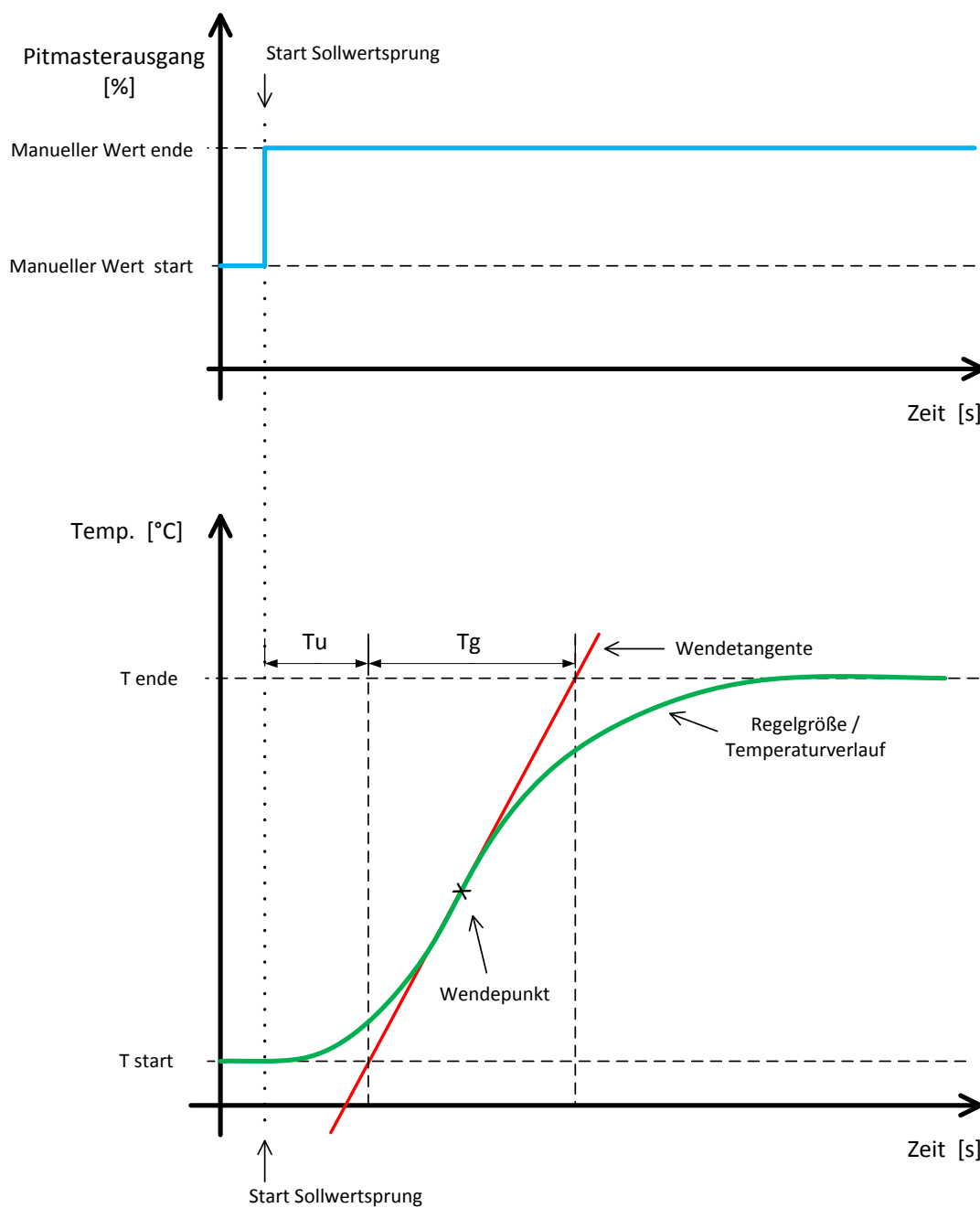


Abbildung 1

1. Um eine Sprungantwort zu generieren wird aus einem stabilen Zustand des Regelsystems (konstante Temperatur) die Stellgröße über den Parameter **Manueller Wert** um einen Betrag $y\%$ sprunghaft verändert und die Änderung des Istwertes (Temperatur im Grill) aufgezeichnet.
Es macht Sinn mehrere Sprungantwort zu generieren um auch die Bandbreite der einzelnen Regler Parameter für das eigene System zu erkennen bzw. diese zu bestätigen.
 - Pitmaster mit Standardparameter in Betrieb nehmen und Solltemperatur auf einen Wert aus dem unteren gewünschten Regelbereich eintragen.
(Wenn man z.B. im Bereich von 100 – 130 °C regeln möchte dann kann man z.B. 105 °C einstellen)
 - Wenn der Grill nach 1-2 Stunden gleichmäßig brennt und sich eine rel. stabile Temperatur eingestellt hat, wird der aktuelle Wert des Pitmasterausgangs in das Feld **Manueller Wert** eingetragen und abgewartet bis sich wieder eine stabile Temperatur eingestellt hat. => **Manueller Wert start** und **Tstart** merken.
 - Jetzt wird der **Sprung** gestartet indem der Wert **Manueller Wert** um z.B. 5 oder 10% erhöht wird und abgewartet bis sich eine stabile Temperatur eingestellt hat. (ähnlich Abbildung 1)
Wie groß dieser Sprung sein soll, hängt vom Grillsystem ab und muss ausgetestet werden. Es macht Sinn mit einem kleinen Sprung anzufangen.

2. Für die Beschreibung der Regelstrecke müssen diese 3 Kennzahlen **Ks, Tu, Tg** anhand des sogenannten Wendetangentenverfahren ermittelt werden:
 - Zuerst wird der Plot auf ein Din A4 Blatt ausgedruckt.
 - Dann sucht man in der **Regelgröße** (Temperaturverlauf) die Stelle mit der größten Steilheit des Temperatursignals und zeichnet in diesem Punkt eine **Tangente** in die Kurve ein, die sowohl den Ausgangswert **Tstart** als auch den **Tende** erreicht.
 - Der Zeitabschnitt zwischen dem Beginn der Veränderung der Stellgröße **Manueller Wert start** (Start Sollwertsprung) und dem Schnittpunkt der Tangente mit dem Ausgangstemperatur **Tstart** wird als Verzugszeit **Tu** bezeichnet. Diese Kenngröße ist sehr wichtig für die Bestimmung der Regelstreckencharakteristik, daher muss man diese mit höchster Genauigkeit ermitteln.
 - Der Zeitabschnitt zwischen dem soeben abgeleiteten Punkt und dem Schnittpunkt der Tangente mit dem Endwert **Tende** wird als Ausgleichszeit **Tg** bezeichnet

3. Die so ermittelten Kenngrößen für Regelstrecke können jetzt für die Herleitung von Regelparametern genutzt werden, dafür müssen sie in die beigefügte Berechnungstabelle eingetragen werden :

Werte die eingegeben werden müssen
 Werte die berechnet werden

Parameter Regelstrecke		
Startstellgröße	Pit-man start =	10 %
Starttemperatur	T start =	99,3 °C
Endstellgröße	Pit-man ende =	15 %
Enddtemperatur	T ende =	118 °C

Streckenverstärkung berechnet	Ks =	3,74
-------------------------------	------	------

Ermittelter Tu Wert	Tu =	30 s
Ermittelter Tg Wert	Tg =	300 s

Parameter für einen PID Regler (Ziegler /Nichols)		
Kp = 1,2 / Ks * Tg/Tu	Kp =	3,2
Tn = 2 * Tu	Tn =	60
Tv = 0,5*Tu	Tv=	15
Ki = Kp / Tn	Ki =	0,053
Kd = Kp* Tv	Kd =	48

Parameter für einen PI Regler (Kd = 0) (Ziegler /Nichols)		
Kp = 0,9 / Ks * Tg/Tu	Kp =	2,4
Tn = 3,3 * Tu	Tn =	99
Ki = Kp / Tn	Ki =	0,024
Kd= 0	Kd =	0,000

Abbildung 2

4. Jetzt können die berechneten Regler Parameter **Kp**, **Ki** und **Kd** über die Weboberfläche eingetragen werden, den Parameter **Manueller Wert** = 0 stellen dann übernimmt wieder der Pitmaster.

5 Beispiel von funktionierenden Setups:

5.1 Kugelgrill

5.1.1 Beispiel 1:

Grill:	Weber Kugelgrill 57
Lüfter:	Titan 50 x 50
Brennstoff:	Profagus Briketts als 3 er Minionring
Führertype:	GSV – Maverick
Deckelschieber:	ca. 1/3 geöffnet
Duty Cycle:	22 – 100 %
Parameter:	Kp=3.8; Ki=0.01; Kd=128
	Kpa=6; Kia= 0.001 Kda=10

5.1.2 Beispiel 2:

Grill:	Monolith
Aktor:	Klappe mit Servo (Innendurchmesser ca. 20mm)
Brennstoff:	Profagus Briketts
Führertype:	GSV - Maverick
Deckelschieber:	ca. 1/3 geöffnet
Duty Cycle:	0 – 100 %
Parameter:	Kp=15 ; Ki=0.007; Kd=128
	Kpa=18; Kia= 0.001 Kda=0

5.2 UDS

5.2.1 Beispiel 1:

UDS:	Selbstbau aus Metallfass
Lüfter:	Titan 50 x 50
Brennstoff:	Profagus Briketts
Temp. Bereich:	110 -170 °C
Führertype:	GSV – Maverick
Duty Cycle:	22 – 100 %
Parameter:	Kp=?; Ki=?; Kd=? Kpa=?; Kia=?; Kda=?

5.3 Sous Vide

5.3.1 Beispiel 1:

Behältergrösse:	1/1 GN 200mm
Wassermenge:	ca. 22 Liter
Heizung:	Heizmatte
Heizleistung:	1kW
Isolation:	schwebend in einer 32cm tiefen Kängabox
Deckel:	mit Silikon Dichtung
Führerart:	Fantast Neu
Duty Cycle:	0 – 80 %
Parameter:	Kp=165; Ki=0.591; Kd=1000
	Kpa=100; Kia= 0.08 Kda=5

5.4 Smoker

5.4.1 Beispiel 1:

UDS :	Selbstbau
Lüfter:	Titan 75 x75
Brennstoff:	Profagus Briketts Temp. Bereich: 110 -170 °C
Führertype:	Fantast Neu
Parameter:	$K_p=?$; $K_i=?$; $K_d=?$ $K_{da}=?$; $K_{ia}= ?$; $K_{da}=?$

