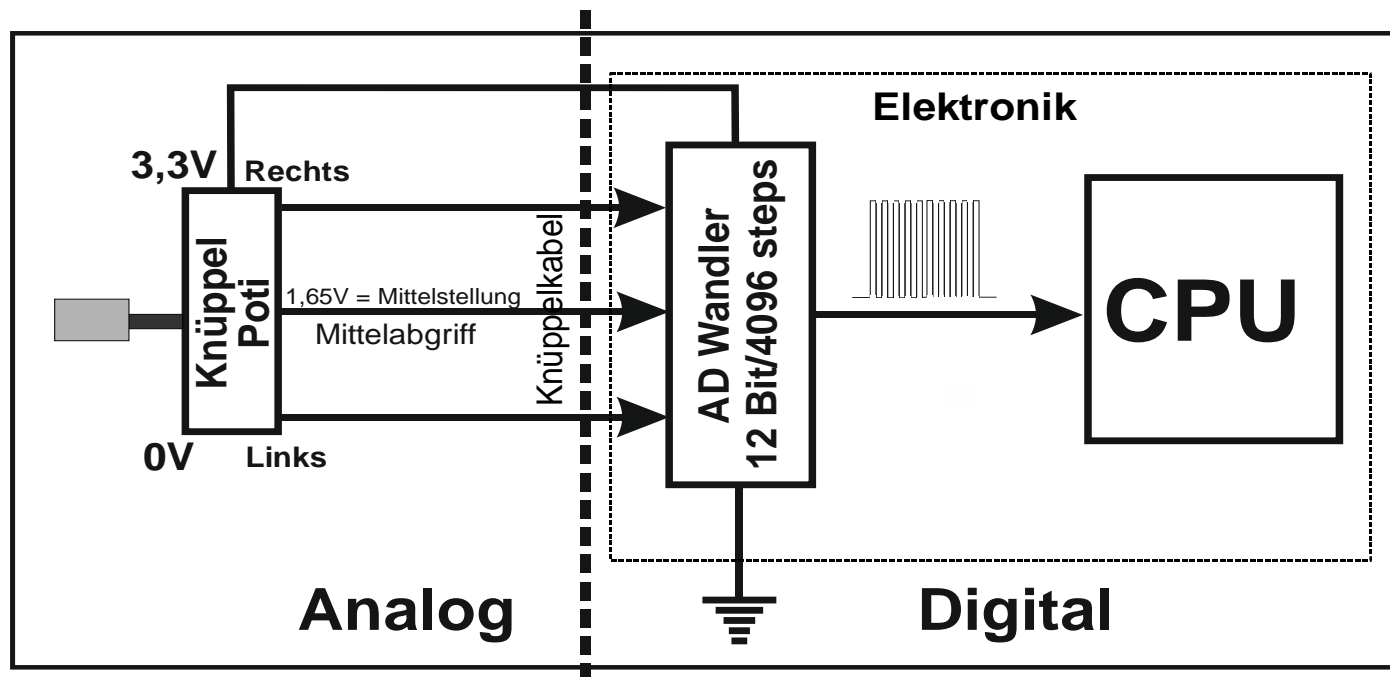


Technik der Potless Umrüstung, kurz erklärt.

Normaler Steuervorgang mit Knüppel-Potis (Potentiometer = einstellbarer Widerstand)

Das Steuer-Poti ist daher ein Widerstand mit Mittelabgriff. An diesem Steuerknüppelpoti liegt eine Spannung an, heute verwendet man in Computer-Sendern dafür 3,3V.



Der Mittelabgriff stellt die Spannung und damit die Servoposition ein und ist direkt mit der Drehachse des Steuerknüppels verbunden. So wird der Mittelabgriff des Steuerpotis bewegt, dadurch wird die Spannung zwischen Maximalspannung (z.B. Linksausschlag) und Minimalspannung (z.B. Rechtsausschlag) eingestellt.

Jede Knüppelstellung entspricht daher einer bestimmten Spannung, oder umgekehrt.

Wie genau und mit welcher Auflösung dieser Vorgang erfolgt ist zum größten Teil abhängig von der Präzision des Steuerpotis. Dieser beschriebene Steuer-Vorgang ist bis hierher reine Analog-Technik.

Die analoge Spannung am Mittelabgriff wird dann in den Analog-Digital-Wandler der Elektronik geleitet.

Ab hier reden wir dann von Digital-Technik.

Wie der Name schon sagt wird im A/D-Wandler die analoge Spannung vom Mittelabgriff in digitale Impulse/Informationen gewandelt. Die nachfolgende Prozessor-Elektronik kann nur digitale Informationen zu Steuerbewegungen verarbeiten.

Die Präzision der Steuer-Auflösung ist damit abhängig von der Qualität/Auflösung des Analog-Digital-Wandlers. Diese wird in Bit dargestellt. Dabei sind 12 Bit = 4096 (kleine) Schritte.....

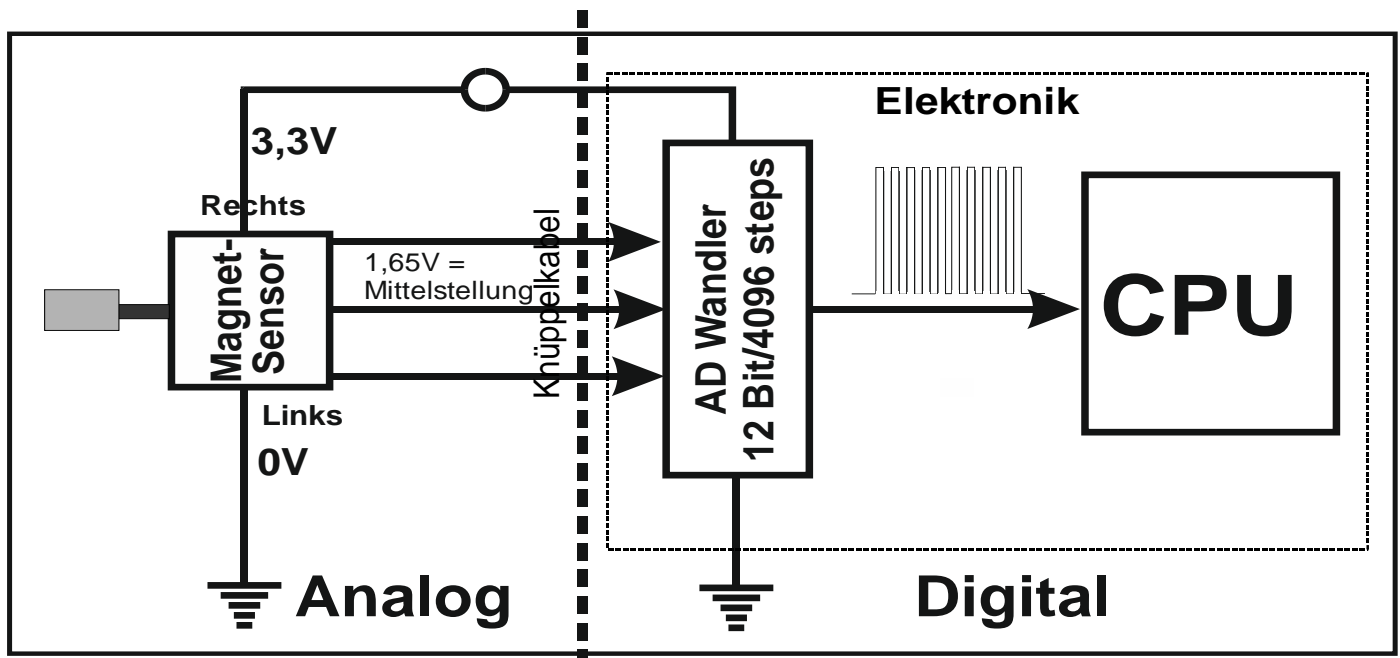
Potless-Umrüstung

Wenn nun Knüppelpotis (Potentiometer) durch analoge Magnetsensoren ersetzt werden, kann dies ohne jegliche Änderung aller bestehenden Elektronikteile des bisherigen Senders/Steuergeräts erfolgen.

Der Magnetsensor macht dabei genau den gleichen Job wie ein Steuer-Poti. Es wird mit dem Sensor an der Knüppelmechanik und dem Magnet, welcher auf der Drehachse des Steuerknüppels sitzt und der berührungslos über sein Magnetfeld die Knüppel-Stellungsinformation in den Sensor einsteuert, die Knüppel-Stellungsinformation erzeugt.

So wird, wie vom Poti, aus der Drehbewegung des Steuerknüppels eine variable, analoge Spannung erzeugt, jede Knüppelstellung entspricht einer bestimmten Spannung, oder umgekehrt.

Diese Spannung wird wieder in den A/D-Wandler auf der Hauptplatine geleitet, usw. Jeder weitere Vorgang entspricht dabei wieder der Beschreibung der Poti-Technik (s.o.).



Die Auflösung ist dabei genauer als die von Potis, denn die Auflage des Poti-Abnehmers auf der Widerstandsfläche des Potis ist immer eine Fläche, die auf der Abgriff-Seite im Lauf der Zeit auch noch immer grösser wird, und der Widerstandbahn. Beide unterliegen mechanischem Verschleiss, es ergibt sich eine sog. Hysterese der Mittelstellung, welche durch mechanische Abnutzung systembedingt ein wenig grösser wird.

Dieses Problem gibt es bei Potless-Technik generell nicht, da der ganze **Spannungs-Abtastvorgang berührungslos** erfolgt, mechanischer Verschleiss ist ausgeschlossen. Diesen mechanischen Verschleiss zu verhindern, ist die Haupt-Aufgabe der Potless-Technik.

Präzise Sensoren und die richtigen Magnete ergeben dann keine Hysterese, die Genauigkeit der Steuerausschläge wird hier nur durch die Mechanik des Steuerknüppels und die Auflösung des A/D-Wandlers begrenzt.

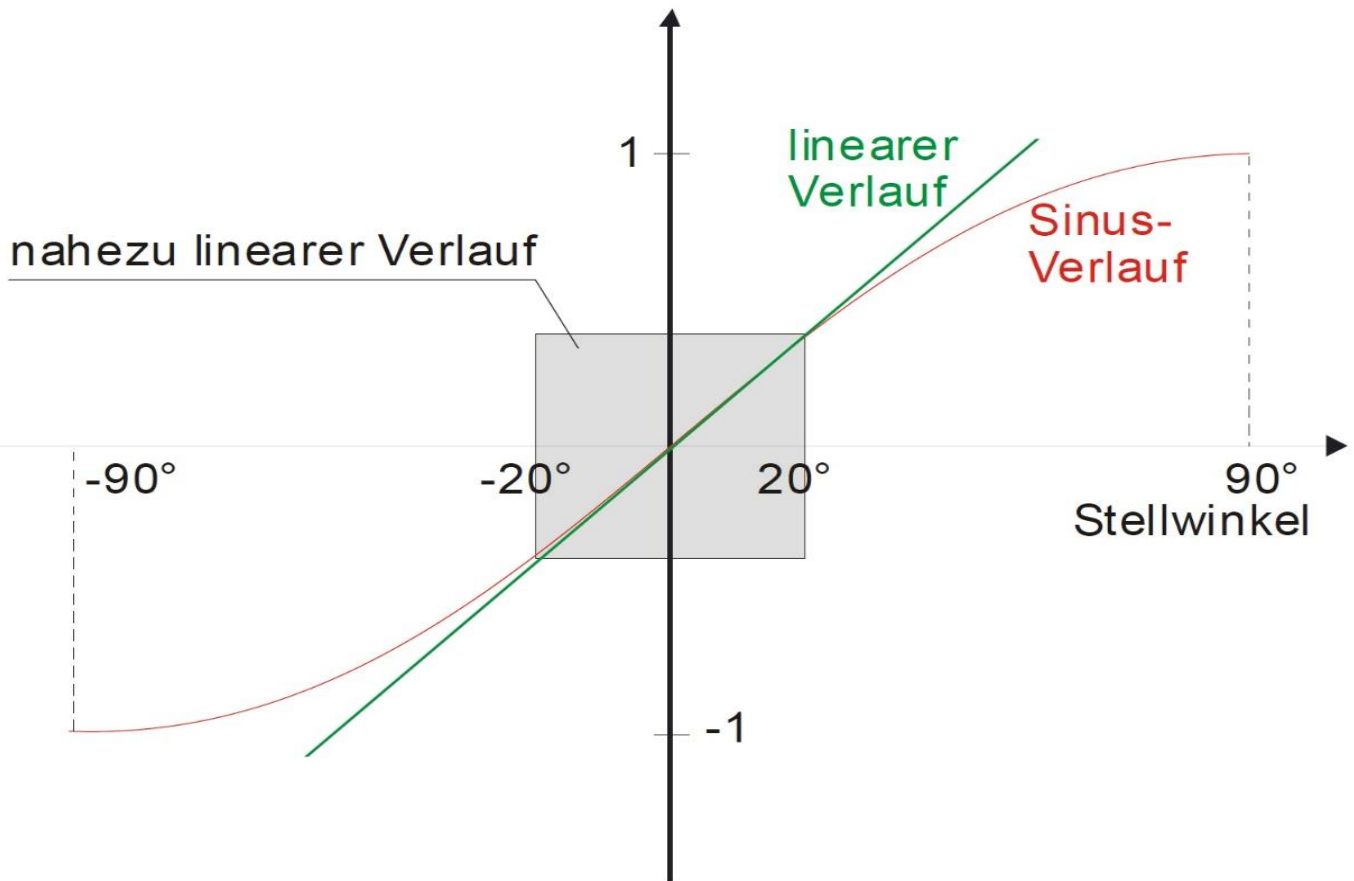
Linearität

Viel wichtiger als die systembedingt hohe Auflösung der Steuerknüppel ist aber bei Einsatz von Magnetsensoren die **Linearität des Steuerausschlages**. Diese wird durch die mechanische Potless-Konstruktion und die Position zwischen Sensor und Magnet bestimmt. Dies wird häufig unterschätzt und wohl auch nicht unbedingt für wichtig erachtet. Man glaubt offensichtlich, dass die meisten Kunden eine Unlinearität kaum bemerken.

Aber oft lässt sich das ungewohnte Steuergefühl bei Umstieg von Poti-auf Magnet-Sensortechnik durch eine Unlinearität erklären, man spürt einen Unterschied, ein bisher bekanntes das Modell reagiert irgendwie anders....., weiss aber nicht wieso....

Wie Untersuchungen des Helmholtz-Institutes zeigen, ist das abgetastete Magnetfeld nur über eine kleine Strecke (20%) linear, daher muss die Magnet/Sensorkombination genau im richtigen Betriebsfeld des Magneten liegen, nur dann ist der Steuerausschlag tatsächlich linear.

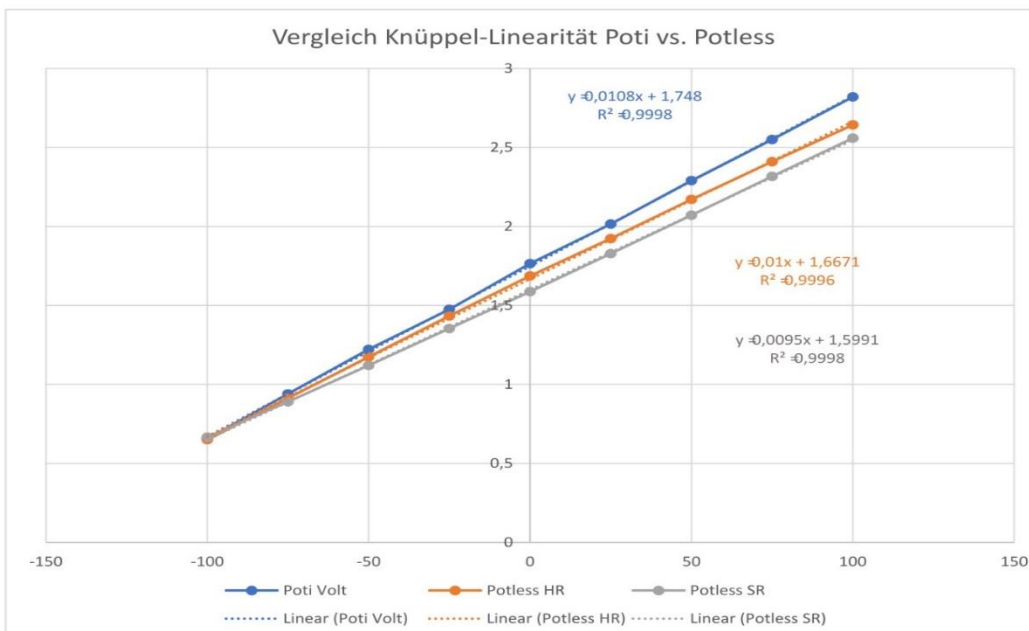
Liegt die Sensor/Magnetkombination ausserhalb dieser Parameter, bewegen sich vielleicht die Servos bei Knüppel-Ausschlag, , aber mit Sicherheit dann nicht linear.



Für uns hat das Herr Ingenieur Kronlachner aus Österreich getestet und direkt mit dem Standard-Futaba Knüppelpoti verglichen. Unsere Potlesstechnik arbeitet nicht nur mit einer höheren Auflösung und einer geringeren Hysterese, sondern eben auch mit völlig linearen Steuerausschlägen. Da haben wir schon ganz andere Ergebnisse gesehen.

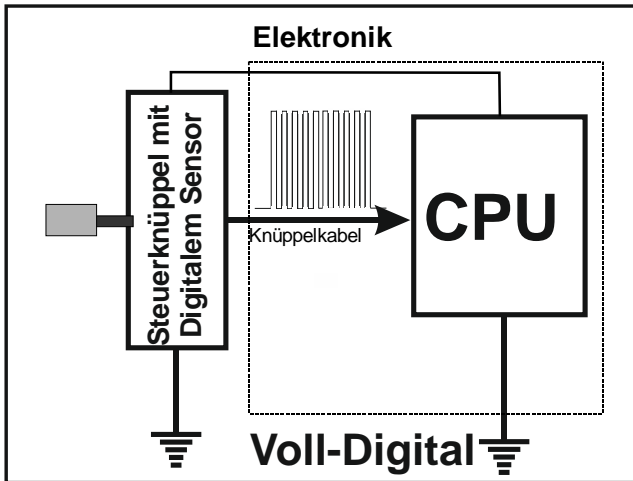
Knüppel Linearität.xlsx

Knüppel verlängert	Poti Volt	Potless HR	Potless SR
100	2,82	2,643	2,559
75	2,55	2,41	2,317
50	2,29	2,171	2,071
25	2,015	1,923	1,828
0	1,765	1,687	1,587
-25	1,475	1,433	1,354
-50	1,222	1,174	1,12
-75	0,94	0,913	0,89
-100	0,655	0,65	0,666



Warum analoge Steuerknüppel-Abstastung, Definition 4096 steps

Futaba verwendet Prozessoren je nach Gerät mit einer analog/digital Auflösung von 12Bit bis zu 16Bit-Abtastung bzw. Auflösung. Futaba Steuerknüppel arbeiten deshalb mit mindestens 4096 Steps, maximal bis zu 65536 Steps.



Es gibt auch Lösungen sowohl ohne Poti, als auch ohne Magnet-Potless-Sensor. Man kann das auch mit digital arbeitenden Hall-Sensoren (s. Bild) lösen.

Nur wenn tatsächlich voll digital arbeitende Hall-Sensoren verwendet werden, ist kein analoger Schritt in der Steuerbewegungsabtastung mehr vorhanden.

Was aber im Grunde gar nichts ändert, denn ob die Steuerinformation schon ausserhalb der Hauptplatine mit der CPU als digitale Information anliegt, oder ob die Steuerinformation aus einer analogen Spannung in einem A/D-Wandler der CPU in digitale Informationen gewandelt wird.

Vorteile in der Praxis können wir da keine erkennen, und selbst theoretische Vorteile wären letztlich sehr umstritten.

Man kann nun bei jeder Technik diese max.16Bit/65.536 Steps als Knüppel-Auflösung angeben. Eine digitale Abstastung ohne Analog-Anteil ist damit jedoch nicht unbedingt gemeint.

Es kann dabei immer noch eine analoge Abstastung gemeint sein, die dann mit 16Bit im 16Bit-A/D Wandler in der Elektronik (CPU) verarbeitet wird. Bei manchen Angaben scheint hier sehr viel Marketing im Spiel zu sein, grössere Zahlen = mehr Aufmerksamkeit.....

4096 steps sind daher immer die Untergrenze der Knüppel-Auflösung von Futaba Potless Anlagen.

Zusammenfassung

Es gilt nach wie vor die oberste Regel für die Steuerknüppel-Auflösung:

Die Steuerknüppel-Auflösung muss immer besser sein als die der besten Servos !

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, sind hochauflösende Servos sinnlos, ist der Steuerknüppel das begrenzende Element im „System Steuerknüppel – Servo“.

Ist diese Bedingung erfüllt, tritt die Anzahl der eventuell vorhandenen „digitalen Schrittschritten“ völlig in den Hintergrund, diese ist dann nur von theoretischem Wert.

Wir haben uns, zusammen mit Futaba, nach wie vor für die analoge Abstastung entschieden. Richtig ausgeführt, ist dies mit weniger Problemen verbunden als mit der rein digitalen Abstastung. Gleichzeitig sind die Steuerknüppel so in jedem Fall besser als die besten bekannten Servos, einschliesslich der weltbekannten Futaba Industrieservos.

Sieht man die Mehrzahl der in der Masse in der Praxis eingesetzten Servos, insbesondere Servos ohne S.BUS, ist es jedenfalls sinnlos, über die Knüppelauflösung zu diskutieren.

Oder anders ausgedrückt: Modellflieger, die keine Futaba-Servos verwenden, werden von der hohen Auflösung der Potless-Steuerknüppel kaum was bemerken, geniessen aber den Vorteil der verschleissfreien Abstastung.

Bei Wettbewerbs-Car-Fahrern und Hubipiloten sieht das schon anders aus. Diese benutzen sehr oft schnelle und hochauflösende Servos. Diese Anwender berichten uns von einer deutlichen Steigerung der Lenkpräzision bzw. Taumelscheibensteuerung und einer deutlich aggressiveren Steuercharakteristik. Woher wohl ?

Und bekannte Flugmodell-Wettbewerbs-Piloten wie Wolfgang Matt und Heinz Kronlachner, Hubi Piloten wie Sascha Kunz und Stefan Wachsmuth werden das gerne bestätigen, die nutzen schon länger von ACT umgerüstete Potless-Anlagen im Betrieb.

Was will man mehr.....

ACTeurope, Juni 2020