

Servotest

mit Produkten der Fabrikate

robbe/Futaba

Graupner/JR

Hitec

Multiplex

Parameter

Stellzeit

Haltefreude

Rückstellfehler

Haltekraft

Stellkraft

Auflösung

Mechanisches Abtriebsspiel

Ausführung
Konstruktion und Bau Messeinrichtung
Elektronik
Auswertung und Bericht

Erich und Kurt Wächter et al.
Erich Wächter
Patrick Drack
Kurt Wächter

März 2002

Inhaltsverzeichnis

Seite

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 1 | Einleitung | 3 |
| 1.1 | Team | 3 |
| 2 | Evaluation der Servos | 3 |
| 3 | Testprogramm | 5 |
| 4 | Versuchseinrichtung | 6 |
| 4.1 | Mechanischer Teil | 6 |
| 4.2 | Elektronischer Teil | 6 |
| 4.3 | Fernsteuer-Equipment | 7 |
| 5 | Vorgehen und Ergebnisse | 8 |
| 5.1 | Stellzeit | 8 |
| 5.2 | Drift oder Haltetreue bei Belastung | 12 |
| 5.3 | Rückstellfehler | 15 |
| 5.4 | Stell- und Haltekraft | 18 |
| 5.4.1 | Stellkraft | 18 |
| 5.4.2 | Haltekraft | 18 |
| 5.6 | Auflösung | 19 |
| 5.7 | Abtriebspiel | 20 |
| 6 | Schlussbetrachtung | 21 |

Anhang Fotodokumentation

1 Einleitung

Das derzeitige Angebot auf dem Servomarkt ist sehr vielfältig und auch unübersichtlich. Kommt hinzu, dass der Einzug und die weitgehende Akzeptanz der Digitalservos in der Königsklasse (F3A (X)), mit der Jahrtausendwende gewissermassen zu einer epidemischen Verunsicherung in breiten Modellfliegerkreisen geführt hat. Niemand – so hat man den Eindruck – weiss so richtig was diese Digitalservos können und was nicht, ob deren Kennwerte tatsächlich so berauschend sind, wie es uns die Werbung weismachen möchte. Aber auch bei den Analogservos wissen wir eigentlich nicht so genau, welche Eigenschaften sie beispielsweise unter Belastung haben. Auf der anderen Seite haben wir Modellflugpiloten offensichtlich die gute alte Rudermaschine – so nannten wir die Servos vor 30 Jahren – wieder neu entdeckt. Die Rede ist hier aber nicht vom primitiven Einer, ein Zweier, vielleicht auch ein Vierer sollte es schon sein. So viele Servos werden mittlerweile von einzelnen Exponenten der Akroszene über Seilzüge, kinematische Kunstwerke oder vielleicht auch nur über einfache Servogehäuse-Verwindungsgestänge hintereinander gespannt um das Rennen am Geigenhimmel zu gewinnen. Kurz die Servos so scheint es uns sind derzeit das Thema schlechthin.

Wir wollten es etwas genauer wissen und haben deshalb einen umfassenden Servotest mit 20 verschiedenen Servos der vier Traditionsanbieter Futaba, Graupner/JR, Hitec und Multiplex durchgeführt, deren Ergebnisse wir hier weitergeben möchten.

1.1 Team

| | |
|---|---|
| Konzept und Testdurchführung: | Erich und Kurt Wächter sowie ein Anonymus |
| Konstruktion und Bau mechanischer Teil: | Erich Wächter |
| Elektronischer Teil: | Anonymus |
| Auswertung und Bericht: | Kurt Wächter |

2 Evaluation der Servos

Unser Ziel war es, typische oder häufige Servomuster unterschiedlicher Anwendungs- und/oder Preiskategorien der vier Traditionsmarken Futaba, Graupner/JR, Hitec, und Multiplex zu testen (vgl. Tabelle1). In einer Evaluationssitzung legten wir 20 Servomuster fest. Sie sind in Tabelle 1 aufgeführt. Geplant war ursprünglich, je 5 Servos des gleichen Musters also insgesamt 100 Servos je mit 4.8V und 6V zu testen. Damit wäre eine statistische Auswertung möglich, bei der die Produktstreuung erkennbar und Montag morgen Ausreisser eliminiert würden. Dieses hehre Vorhaben mussten wir dann aber schnell wieder aufgeben, denn Vortests zeigten, dass der zeitliche Aufwand für eine derartige Testserie enorm wäre. So wurden schliesslich nur noch je 2 Servos mit 4.8V und eines davon zusätzlich mit 6V getestet; dies ergibt somit insgesamt 60 Tests.

Tabelle 1:

Liste der getesteten Servos, geordnet nach Fabrikat und Kategorie (Digitalservos sind fett hervorgehoben).

| Kategorie | Futaba Graupner/JR | | Hitec | Multiplex | Anzahl |
|-----------------------------|--------------------|----------------|------------------|--------------------------|--------|
| Standardgrösse Tiefpreis | S148 | C577 | HS-303 | MS-X6 | 4x2 |
| Standardgrösse Mittelklasse | S9202 | C4041 | HS-605B | Royal BB | 4x2 |
| Standardgrösse Hig-End | S9151 | DS 8231 | HS-5925MG | ProfiBB mc/V2 | 4x2 |
| Querruderservos £15mm | S9602 | DS3728 | HS-225MG | MicroBB mc/V2 | 4x2 |
| Jumbogrösse | S5301 | C12021 | HS-5735MG | Jumbo speed mc/V2 | 4x2 |
| Total | 5 | 5 | 5 | 5 | 20/40 |

Die Servos wurden uns von den Firmen Witeco Schweiz (Futaba), Graupner Deutschland, Lemaco Schweiz (Hitec) und Multiplex Deutschland leihweise und ohne Zusatzbedingungen zur Verfügung gestellt, was wir hier gleich nochmals herzlich verdanken möchten.

Erörterungen zu unserer Servowahl

- ⌚ **Standardgrösse Tiefpreis:** Wir wollten diese Servokategorie, die vorwiegend von Einsteigern, sicher aber auch von vielen Routiniers häufig eingesetzt werden einmal miteinander vergleichen. Hier ist ein Quervergleich denn auch hinsichtlich Preis am besten möglich, weil diese Servos alle in einem engen Bereich von unter 20 Euro zu haben sind. Multiplex hat kein eigenes Produkt in dieser Preiskategorie, das MS-X6 ist fernöstlicher Provenienz, und wird unseres Wissens exklusiv von MPX vertrieben.
- ⌚ **Standardgrösse Mittelklasse:** Servos im mittleren Preissegment, wie sie vermutlich fast jeder RC-Pilot irgendwo einsetzt. Alle Servos sind mit 2 Kugellager am Abtrieb ausgestattet. Das S9202 von Futaba gehört preislich nur noch knapp – und erst seit Einführung der Digitalservos bei Futaba – in diese Kategorie, es ist aber ebenso verbreitet wie bewährt und wurde deshalb ausgewählt. Die anderen drei Kandidaten sind ebenfalls zumindest in unserem Bekanntenkreis sehr verbreitet.
- ⌚ **Standardgrösse High-End:** Hier wollten wir mehr oder weniger das derzeitige (Frühjahr 2001) Ende der Fahnenstange bei der Standardgrösse Digitalservo der 4 Hersteller miteinander vergleichen. Dies, obwohl die Servodaten, namentlich was die Stellkraft betrifft, sehr unterschiedlich sind und von 49 Ncm (Multiplex) bis 95 Ncm (Futaba) reichen. Um die Unterschiede etwas zu verringern stellte uns MPX optional auch zwei Powerspeed mc/V2 (Stellkraft 60 Ncm bei 4.8V) zur Verfügung. Dieses hat jedoch mit 23 x 47mm Übermass (Standardgrösse = 20x40mm), und ist mit 170 ms/40° etwas langsam zudem ist es mit 82 g deutlich schwerer als die Konkurrenten, angesichts der genannten Kennwerte also doch eher für Warbirds und Grosssegler geeignet. Bei High-End haben wir jedoch schon eher die F3A-Szene im Auge. Obwohl wir eigentlich der Meinung sind, dass Servos mit Stellmomenten von 60 -100 Ncm ruhig etwas voluminöser sein dürften als die Standardgrösse und uns die Auslegung des Powerservos diesbezüglich eigentlich sehr gut gefällt, testeten wir letztlich wegen der besseren Vergleichbarkeit doch das Profi BB. Im Servosortiment

Standardgrösse von Multiplex fehlt somit heute eigentlich ein vergleichbares Kraft-Speed-Konzentrat mit Digital- oder MC-technik.

- ⌚ **Querruderservos £ 15mm:** Einsatzgebiet nebst Querruder heute hauptsächlich in der Funflyer-Szene. Auch in dieser Kategorie streuen die Kennwerte der einzelnen Fabrikate. Der Ausreisser stellt das ultraschnelle Futaba S9602 dar. Es ist deutlich weniger kräftig als die Konkurrenz.
- ⌚ **Jumbogrösse:** Diese, nach unserer Einschätzung künftig für Grossmodelle zunehmend wichtige Kategorie wollten wir unbedingt auch ins Programm aufnehmen. Zum Zeitpunkt unserer Servo-Evaluation (Anfang 2001) fand gerade eine Rochade im Jumbo-Sortiment praktisch aller Servohersteller statt. Die neusten Muster waren aber im Frühjahr 2001 noch nicht lieferbar. So sind das Graupner/JR C12021 und das Futaba S5301 bereits etwas betagt aber immer noch häufig im Einsatz. Das Jumbo mc/V2 von MPX hat auch schon ein paar Jährchen auf dem Buckel. Brandneu hingegen ist das Hitec HS5735MG, das uns erst Mitte Jahr von Hitec Schweiz (Lemaco) zugestellt wurde.

3 Testprogramm

Das ganze Testprogramm wurde mit genau 4.8V (je 2 Servos/Typ=40 Tests) und 6 V (je 1 Servo/Typ=20 Tests) durchgeführt. Diese Spannungen bedeuten das Minimum beim Einsatz von 4 bzw. 5 Zellen, die im Flugbetrieb am Akku anliegende Spannung liegt in der Regel deutlich darüber

Die Servos wurden wie folgt belastet:

- ⌚ keine
- ⌚ mit 1/3 der Servokraft gemäss Werksangaben bei 4.8V (nachfolgend als **1/3 WA** bezeichnet).
- ⌚ mit 2/3 der Servokraft gemäss Werksangaben bei 4.8V (nachfolgend als **2/3 WA** bezeichnet).

Bei wenigen Servotypen gibt es nur Werksangaben zur Stellkraft bei 6V (z.B. Futaba S9602 und Futaba S5301), bei 4.8V wurde mit 80% der angegebenen Stellkraft angenommen, in diesem Fall 21.6 statt 27 Ncm, beim S5301 mit 168 statt 210 Ncm.

Etwa die Hälfte aller Muster wurden zusätzlich mit einem Referenzgewicht von 2 kg (^a20 Ncm) belastet. Die Ergebnisse ermöglichen den direkten Vergleich der Servos.

Test- Parameter:

- ⌚ Stellzeit über 40°
- ⌚ Drift bzw. Abweichwinkel oder auch Weichheit bei Belastung mit 1/3 WA bzw. 2/3 WA
- ⌚ Rückstellfehler bei Belastung mit 1/3 WA bzw. 2/3 WA
- ⌚ Stellkraft
- ⌚ Haltekraft, Servo wird belastet bis Abtrieb um x Grad driftet
- ⌚ Auflösung am Servoabtrieb: Anzahl Schritte für 2° Drehung
- ⌚ Mechanisches Abtriebsspiel, Getriebe sowie Abtriebszapfen radial und axial.

Achtung: Zuverlässigkeit wurde nicht getestet:.

Wir können selbst ein 20 kg schweres Modell mit einem zu schwachen oder zu langsamen, und/oder ungenauen Servo noch einigermaßen steuern. Bleibt hingegen das teuerste Servo stehen oder, was noch fataler ist, läuft es in den Endanschlag, so sind wir in aller Regel – und sofern das Servo nicht redundant vorhanden ist – ziemlich hilflos. Bei all dieser Messerei und Zahlenstaplerei waren wir uns zu jeder Zeit darüber im Klaren, dass das Wichtigste, nämlich die Zuverlässigkeit der Servos mit diesen Tests nicht erfasst wurde. Dies sei hier nochmals ganz unmissverständlich betont. Deshalb die Bitte, zuverlässige Servos nicht gleich in den Müll werfen, wenn deren Leistungswerte hier nicht ganz wunschgemäß ausgefallen sind.

Die ganze Bewertung wird ohne Berücksichtigung des Kaufpreises durchgeführt, da wir rein physikalische Kriterien miteinander vergleichen wollten. Das Monetäre ist selbstverständlich auch für uns wichtig, doch trübt es den klaren Blick bei einer Beurteilung, das wollten wir verhindern. Dennoch haben wir in Tabelle 5 den Servopreis Stand Anfang März 2002 eines Billiganbieters in Deutschland angegeben und daraus auch gleich den Preiskoeffizient, bezogen auf das kostengünstigste aller hier getesteten Servos (HS303 = 12 Euro) angegeben.

4 Die Versuchseinrichtung

4.1. Mechanischer Teil

- ⌚ Servohalterung universell verstellbar;
- ⌚ Fabrikatsspezifische Abtriebscheiben \varnothing 100mm (± 0.1) mit Aufnahme des Zugseils, 40° Fenster für die Lichtschranke und Halterung für die Zeigernadel
- ⌚ Lichtschrankenaufnahme
- ⌚ Kugelgelagerte Umlenkrollen
- ⌚ Zeigernadel aus CFK Radius= 33 cm
- ⌚ Tisch mit Gradskala
- ⌚ Elektronisches Dehnelement mit software cassi (aus dem Lehrmittelbereich) zur Bestimmung der Haltekraft bis 25N bzw. bei 5cm Radius 125 Ncm.
- ⌚ Präzise Federwaage (aus dem Lehrmittelbereich) zur Bestimmung der Haltekraft über 125 N.
- ⌚ **Gewichte:** Hierfür benutzten wir Pet-Flaschen die mit Wasser gefüllt wurden bis deren Gewicht samt Seilzug genau 1/3 oder 2/3 der Stellkraft gemäss WA betrug. Bei allen Hitec- und Multiplex-Servos, sowie beim Graupner/JR C12021 und dem Futaba S148 führten wir den Test noch mit einem Einheitsgewicht 400 g (entspricht bei 5 cm Scheibenradius 2 kg oder ca. 20Ncm) durch.

4.2 Elektronischer Teil

- ⌚ Lichtschranke kpl.
- ⌚ Oszillograph, für die Zeitmessung;

- ⌚ Elektronisches Dehnelement mit Interface und Computer zur Bestimmung der Stell- und Haltekraft bis 50 N → entspricht 250 Ncm bei 5cm Scheibenradius
- ⌚ Spannungsstabilisiertes Netzgerät bis 8 A
- ⌚ präzise Federwaage (aus dem Lehrmittelbereich) zur Bestimmung der Stell- und Haltekraft
- ⌚ Briefwaage digital 2000 g ±1g
- ⌚ Backwaage digital 5000 g ± 2g

4.3 Fernsteuer-Equipment:

Die Servos wurden, im Sinne einer möglichst grossen Praxisnähe, über handelsübliches RC-Equipment der Oberklasse angesteuert und nicht über Servotester, denn uns interessiert primär, was über die RC-Kette im Modell ans Servo gelangt. Astronomische interne Auflösungen sind irrelevant, zumindest solange das restliche Equipment hier nicht mitzieht (was ja auch nicht unbedingt nötig ist). Um markenspezifische Artefakte zu umgehen, führten wir die Tests (ausser bei Hitec) mit dem jeweiligen Markenzubehör durch (vgl. Tabelle 2). Sämtliche Servobewegungen wurden über Schalter mit vorprogrammierten Abläufen und Sloweinstellungen durchgeführt. Aus praktischen Gründen, aber auch wegen der Hysterese der Senderknüppel hätte die Verwendung der Steuerknüppel das Resultat verfälscht und aus dem geplanten Servotest wäre eher ein - sicherlich interessanter – Sendertest geworden.

Tabelle 2:

Für die Servotests verwendete Fernsteuerequipment.

| Fabrikat | Eingesetztes Equipment |
|-----------------|---------------------------------------|
| Futaba | 9Z + Empfänger PCM R149DP; |
| Graupner/JR | MC24 + Graupner/JR Empfänger PPM C19; |
| Hitec | Multiplex oder Futaba Equipment |
| Multiplex | MC4000 + Empfänger RX12DS; |

5 Vorgehen und Ergebnisse

Versuchseinrichtung schematisch

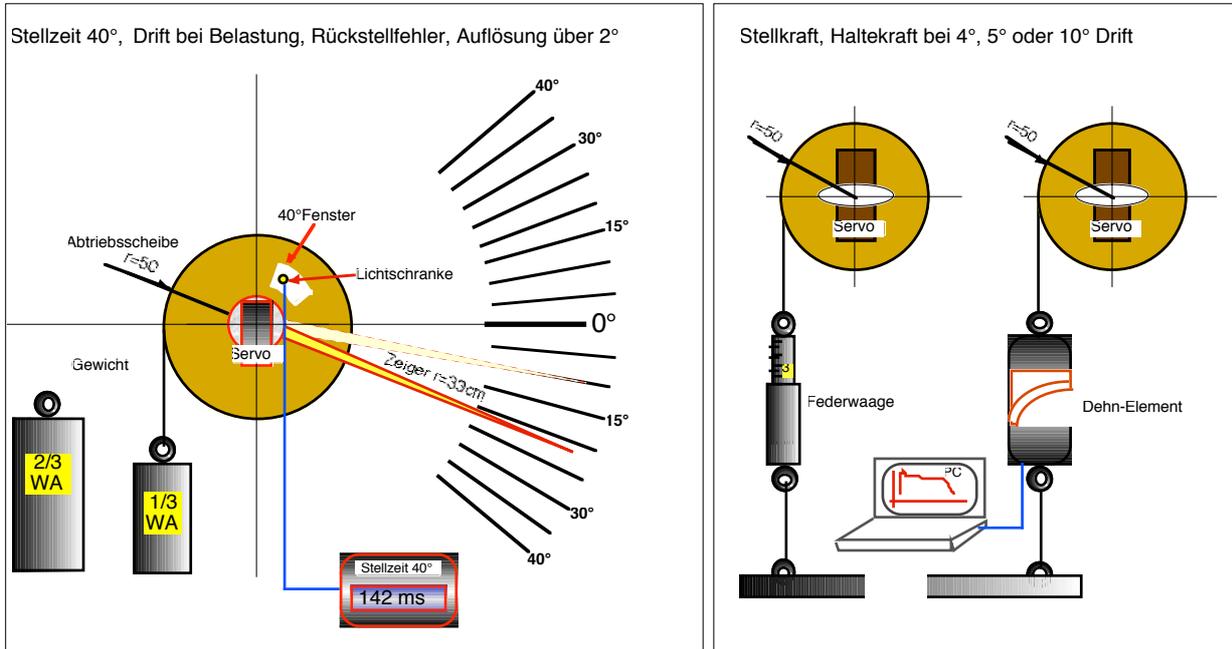


Abbildung 1:

Versuchseinrichtung schematisch für die Messung der Stellzeit, Drift bei Belastung, Rückstellfehler und Auflösung über 2° (linke Grafik) sowie für die Stell- und Haltekraft bei 4, 5 oder 10° Drift (rechte Grafik).

5.1 Stellzeit

Für manche ist eine hohe Stellzeit das wichtigste Merkmal eines Servos überhaupt. Hierbei wird häufig nicht gefragt ob dieser Speed nötig oder der Sache zuträglich ist. Dennoch, für Flugzeugkategorien wie z.B. Akrobatik und 3-D ist Speed an den Rudern unabdingbar, am liebsten in Kombination mit einer geballten Ladung Kraft. Genau diese Kombination ist aber aus den Prospekten nicht ersichtlich. Hier sollte der Test Licht ins Dunkel bringen.

Methode: Die Abtriebsscheibe besitzt ein 40° Fenster das über eine Lichtschranke bewegt wird. Letztere wird mit dem Zeitmesser des Oszillographen verbunden, der die Öffnungszeit der Schranke erfasst (vgl. Abbildung 1). Über einen Schalter am Sender wird das Servo mit Maximalspeed etwa 60° ausgelenkt und daraufhin im Slowmodus wieder zurückgefahren. Die Messung ist fliegend, die Lichtschranke wird erst nach einem Anlaufwinkel von mindestens 10° also bei voller Drehgeschwindigkeit überstrichen. Es werden je 5 Bewegungen durchgeführt und der Mittelwert aus den Stellzeiten berechnet.

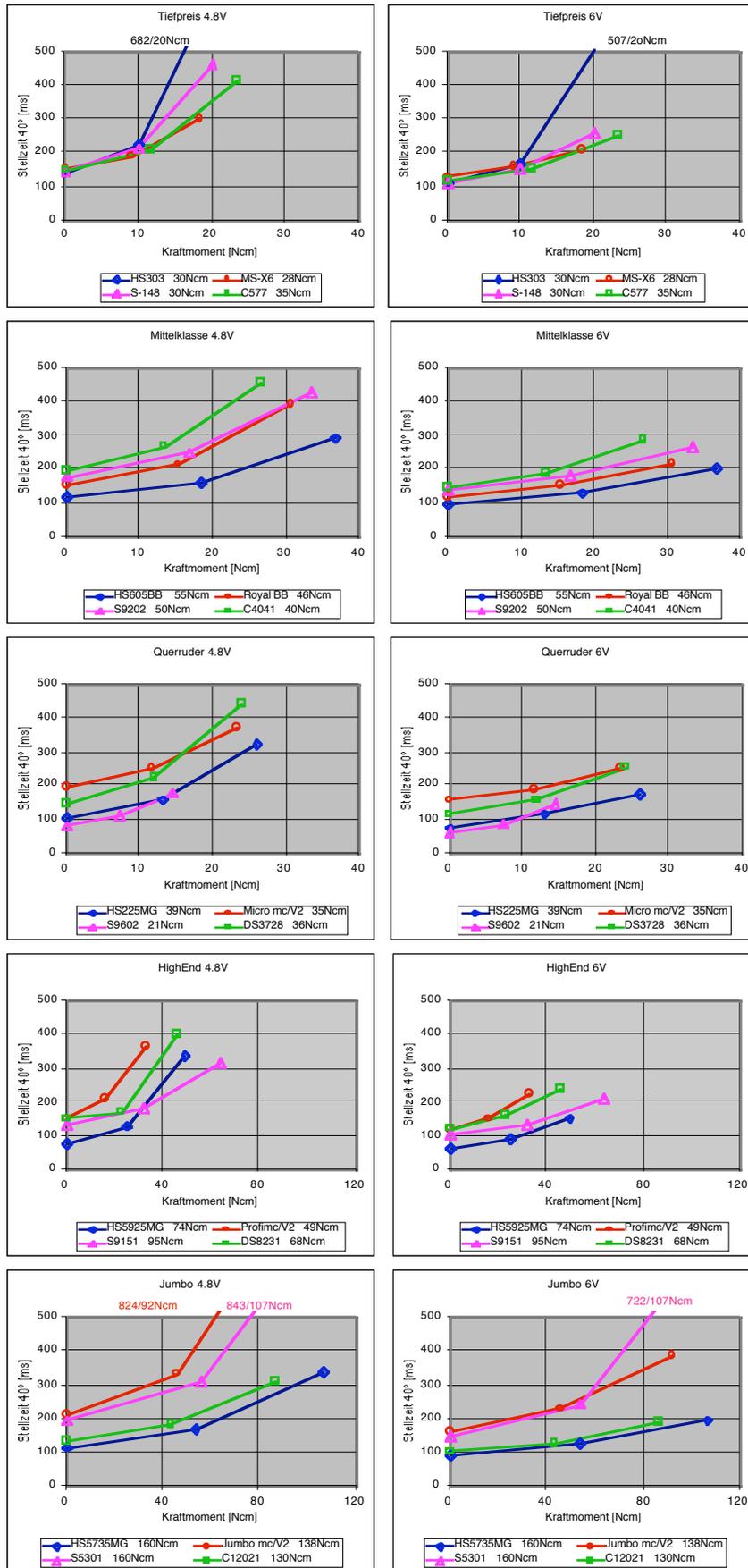


Abbildung 2

Stellzeit über 40° unbelastet, sowie bei 1/3 resp. 2/3 Belastung gemäss Werksangaben. Dargestellt ist der Mittelwert aus jeweils 5 Servobewegungen gegliedert in 4.8 und 6V.

Bei allen Servos lag die Streuung der 5 Messwerte bei höchstens wenigen Millisekunden, so dass hier ausser dem Mittelwert keine weiteren statistischen Angaben gemacht werden müssen. Es zeigte sich, dass die Servos beim langsamen Zurückstellen unter Last unterschiedlich zittern. Diese Zittern ist aber eher vom restlichen Equipment und nicht a priori vom Servo abhängig. Beim Futaba-Equipment wurde am wenigsten gezittert. Dies könnte mit der höheren Framerate bei Futaba zusammenhängen. Anfänglich führten wir die ganzen Tests in beiden Drehrichtungen durch. Nachdem aber höchstens minimale Moment-Unterschiede zwischen Links- und Rechtsdrehung festzustellen war, legten wir aus Zeitgründen die Drehrichtung im Uhrzeigersinn fest.

In Abbildungen 2 sind die Ergebnisse einheitlich gestaltet und nach Servogruppe sowie nach Spannung gegliedert dargestellt. Aufgetragen ist die Stellzeit bei Belastung 0, 1/3 und 2/3 WA. Aus der X-Achse geht die Belastung des Servos hervor, die Y-Achse liefert die Stellzeit für 40° in Millisekunden. Neben den Absolutwerten bedeuten flache Kurve grundsätzlich ein geringer Speedrückgang über einen grossen Belastungsbereich und umgekehrt.

Auffallend sind vorerst einmal die deutlichen Unterschiede zwischen 4.8 und 6V namentlich bei 2/3 WA. Viele Servos sind hier um 50% schneller als bei 4.8V.

Bei den **Tiefpreisservos** liegen die Konkurrenten bei beiden Spannungen bis 1/3 WA im selben beachtlichen Bereich von ca. 170-200ms. Bei Zunahme der Belastung auf 2/3 WA trennt sich die Spreu vom Weizen, das Hitec HS 303 verabschiedet sich, das FS148 und das neue C577 werden um 40 - 100% das MS-X6 lediglich um 30-50% langsamer. Unter Berücksichtigung der doch respektablen Stellkraft von 3.5kg würden wir in dieser Disziplin gesamthaft dem C577 den Vorzug geben.

Bei der **Mittelklasse Standardgrösse** bewegen sich die Stellmomente zwischen 40 Ncm (C4041) und 55 Ncm (HS605BB). Das Hitec-Produkt stellt bei dieser Disziplin eine Speedklasse für sich dar und geht als Winner hervor. Die drei Klassiker liegen eng beieinander, wobei das in unseren Modellen sehr bewährte C4041 wegen der geringsten Stellkraft das Siegerpodest von der Seite anschauen muss. Das Royal BB und das S9202 sind hier etwa gleich auf.

Mit Blick auf die Akroszene waren wir sehr gespannt auf die Tests der **High-End Digitalservos** Standardgrösse. Hier ist eine seriöse Rangverteilung wegen der erheblichen Streuung in jeder Hinsicht zwischen den Servofabrikaten schwierig. Aus den Ergebnissen sticht aber auch hier das Hitecservo als schnelles und mit 7.4 kg Stellkraft auch kräftiges Servo heraus. Wo rohe Gewalt gepaart mit sehr hoher Laufkultur gefragt ist, kommt aber klar das S9151 zur Anwendung. Das DS8231 macht namentlich bei 4.8V eher einen zahmen Eindruck, das Servo besitzt jedoch wie das S9151 eine ausgezeichnete Laufkultur. Die Kennwerte des Profi mc/V2 liegen – wie oben ausgeführt – bei der Kraftmoment und Speed im Bereich der Mittelklasseservos. Das Rote muss neben dem Treppchen stehen.

Bei den **Querruderservos** ist das Futaba S9602 mit Abstand am flinksten, es hat aber mit 2.1 kg (umgerechnet auf 4.8V) auch die weitaus geringste Stellkraft. Direkt vergleichbar sind diesbezüglich die drei restlichen Servos. Hier ist wiederum das sehr preisgünstige Hitec HS225MG vorne. Die beiden Digitalservos, das DS3728 und das Micro BB mc/V2 schenken sich beim Speed unter dem Strich gar nichts.

Spitzenreiter in der Speed-Disziplin bei den **Jumbo-Servos** ist unbestritten das brandneue Digitalservo Hitec HS5735MG, das wir mit 5.33 und 10.66kg bzw. mit 53 und 107 Ncm plagten. Es hievte die Gewichte wieselflink fünf Mal hintereinander und dies ohne spürbare Wärmeentwicklung an den offenen Motor-Kühlrippen. Positiv überrascht waren wir vom bereits angegrauten 130 Ncm Servo C12021 von Graupner/JR (Testgewichte mit 4.33 und 8.66 kg) welches ebenfalls einen hervorragenden Eindruck hinterliess. Ziemlich abgeschlagen und vergleichsweise flügelahm wirkten indessen die beiden anderen

Kandidaten. Ausgehend von Stellzeiten im Bereich von 200 ms ohne Belastung, sank deren Temperament insbesondere bei 4.8V und 2/3 WA in den Keller. Das Jumbo mc/V2 konnte sich wenigstens bei 6V wieder einigermaßen rehabilitieren und zeigte mit knapp 400 ms bei 9.2kg Last akzeptable Leistung, beim S5301 hingegen schienen uns die versprochenen Werksangaben schlicht und einfach für dieses Servo zu hoch gegriffen. Dies liess sich schon am mickrigen Kabelchen mit Silberkontaktsteckern erahnen und wurde mit der Stellkraftmessung dann auch verifiziert. Genau die gegenteiligen Hoffnung schürt diesbezüglich das Multiplex Jumbo Servo. Dieses feuerrote, sechsfach verschraubte, wasserdichte Ungetüm mit dickem Anschlusskabel, Goldkontakten und grossem Metallabtrieb suggeriert eigentlich Kraft ohne Ende und ist unseres Erachtens für die genannte Hardware etwas untermotorisiert.

In Tabelle 3 ist ergänzend zu den absoluten Daten noch die relative Veränderung der Stellzeit bei Belastung aufgeführt. Die Werte streuen bei einzelnen Servos zwischen 4.8V und 6V ganz erheblich. Angegeben sind hier auch die beim Einheitsgewicht 2kg (20 Ncm) gemessenen Werte.

Als 100% und Ausgangsbasis dient jeweils die beim Servo gemessene Stellzeit ohne Belastung bei 4.8V. Mit Ausnahme der Analogservos von Hitec und dem S5301 von Futaba entspricht der Speed bei 6V und 1/3 WA etwa dem Leerlaufspeed bei 4.8V. Die Stellzeit nimmt bei Belastung generell und mit grosser Streuung deutlich zu. Bei 1/3 WA und 4.8V beträgt die Zunahme etwa 50%. Bei 2/3 WA und 6V etwa 80%. Die Stellzeit bei 6V und 1/3 WA entspricht etwa dem Leerlaufspeed 4.8V.

Tabelle 3:

Relative Stellzeit (40°) bei unterschiedlicher Belastung und Spannung, bezogen auf die Stellzeit ohne Belastung bei 4.8V (=100%).

| Servo | Stellmoment | Relative Stellzeit 40° bei 4.8V | | | | Relative Stellzeit 40° bei 6V | | | |
|------------------|----------------|---------------------------------|--------|--------|--------|-------------------------------|--------|--------|--------|
| | bei 4.8V [Ncm] | unbelastet | 1/3 WA | 2/3 WA | 20 Ncm | unbelastet | 1/3 WA | 2/3 WA | 20 Ncm |
| C577 | 35 | 100% | 144% | 281% | | 80% | 106% | 170% | |
| FP S-148 | 30 | 100% | 149% | 321% | 321% | 77% | 107% | 179% | 179% |
| MS-X6 | 28 | 100% | 128% | 200% | 233% | 87% | 105% | 140% | 154% |
| HS303 | 30 | 100% | 160% | 480% | 480% | 78% | 120% | 357% | 357% |
| C4041 | 40 | 100% | 139% | 236% | | 76% | 98% | 147% | |
| S9202 | 50 | 100% | 139% | 238% | | 78% | 101% | 147% | |
| Royal BB | 46 | 100% | 141% | 258% | 162% | 79% | 102% | 142% | 112% |
| HS605BB | 55 | 100% | 141% | 251% | 147% | 83% | 112% | 173% | 117% |
| DS8231 | 68 | 100% | 114% | 264% | | 81% | 106% | 160% | |
| S9151 | 95 | 100% | 138% | 236% | 121% | 78% | 101% | 156% | 91% |
| Profi mc/V2 | 49 | 100% | 139% | 242% | 154% | 79% | 101% | 148% | 109% |
| HS5925MG | 74 | 100% | 163% | 426% | 142% | 81% | 116% | 193% | 106% |
| DS3728 | 36 | 100% | 149% | 295% | | 78% | 106% | 171% | |
| S9602 | 21 | 100% | 136% | 223% | | 80% | 110% | 185% | |
| Micro BB mc/V2 | 35 | 100% | 130% | 193% | 171% | 81% | 99% | 130% | 120% |
| HS225MG | 39 | 100% | 153% | 310% | 231% | 73% | 113% | 170% | 143% |
| C12021 | 130 | 100% | 138% | 237% | 115% | 78% | 99% | 145% | 89% |
| S5301 | 160 | 100% | 158% | 432% | | 77% | 125% | 370% | |
| Jumbospeed mc/V2 | 138 | 100% | 158% | 387% | 118% | 77% | 108% | 181% | 87% |
| HS5735MG | 160 | 100% | 148% | 290% | 111% | 80% | 108% | 167% | 88% |

Fazit:

Die Stellzeit nimmt bei Belastung generell und mit grosser Streuung deutlich zu. Bei 1/3 WA und 4.8V beträgt die Zunahme etwa 50%. Bei 2/3 WA und 6V etwa 80%. Die Stellzeit bei 6V und 1/3 WA entspricht etwa dem Leerlaufspeed 4.8V.

5.2 Drift oder Haltetreue bei Belastung

Wenn ein Servo belastet wird weicht es aufgrund einer gewissen Elastizität bei Motor, Getriebe, Abtriebsspiel und Gehäuse von seiner Sollstellung ab. Das Mass dieser Abweichung, also die Härte oder Haltetreue erachten wir als Merkmal und Gütezeichen eines Servos, wobei wenig Drift bei Belastung bzw. eine grosse Haltetreue als hochwertiger beurteilt wird als umgekehrt, obwohl sicher durchwegs auch Konstellationen und Szenarien denkbar sind, bei denen weiche Servos vorteilhaft sein können.

Methode: Das Servo ist eingeschaltet, der 33 cm lange CFK-Zeiger am Abtrieb montiert. Das Servo wird nur sehr schwach (mit Schnur mit Haken) vorbelastet und damit das Getriebespiel eliminiert. Die Zeigerposition auf der Skala wird mit einem Bleistift als Referenzposition markiert. Das Servo wird nun behutsam mit 1/3 Stellkraft gemäss WA belastet. Die Abdrift des Zeigers vom Sollwert in Grad wird notiert. Danach wird dasselbe mit 2/3 WA wiederholt. Gemessen wird bei 4.8V und bei 6V.

Messergebnisse: Die Ergebnisse gehen aus Abbildung 2 hervor. Links auf der Grafik sind die bei 4.8V gemessenen Werte dargestellt, rechts analog jene bei 6V. Für den direkten Vergleich wurde eine einheitliche Achsenskala gewählt.

Die Tiefpreis-Servos zeigen in dieser Disziplin erhebliche Streuungen. Das Hitec HS303 driftet bei bei 4.8V und 2 kg Belastung beinahe 7° ab, während das S148 bei genau gleicher Belastung nur gerade 2° von der Sollposition abweicht. Das MS-X6 (2.8 kgcm) von MPX zeigt sich vor allem bei 6V von seiner

harten Seite ähnlich wie beim S148 liegen die Abweichungen in einem Bereich, wie sie sonst vorwiegend bei Digital servo zu finden sind. Daneben wirkt das 3.5kpcm-Servo von Grp/JR C577 mit 6° bzw. 4° Abweichung ziemlich soft.

Die Stelhärte der **Mittelklasse-Servos** unterscheidet sich, bei grosser Streuung, nur unerheblich von jener der Billigheimer. Dies obwohl deren Preis das 2 bis 4 Fache der Letztgenannten ausmacht. Offensichtlich ist die Härte aber nicht der entscheidende Preisindikator für Analogservos. Wiederum stellt das Hitec eine Weichheitsklasse für sich dar. Die schnellen und kräftigen Hitecservos verlieren hier also mächtig an Terrain. Die restlichen Kandidaten, schenken sich insbesondere bei 6V nur wenig, gesamthaft liegt aber das Graupner/JR C4041 bei beiden Testspannungen leicht vorne. Seine Drift bei Belastung ist nur etwa halb so gross wie die des günstigen Bruders C577. Wenn nun jemand beispielsweise Wert auf harte Ruder legt und ein Grp/JR-Analogservo der 3-4 kg Stellklasse möchte, dann ist er mit dem C4041 hier sicher besser beraten als mit dem neuen C577, bezahlt aber auch den dreifachen Preis. Ziemlich hartnäckig wird das MPX Royal BB bei Spannungserhöhung von 4.8V auf 6V, während bei unseren Futaba S9202 Mustern genau das Gegenteil der Fall war. Die Spannungserhöhung scheint das Servo eher weicher zu machen, was wir beim Testen kaum glauben konnten.

Bei den **High-End Digitalservos** wird – wenngleich in unterschiedlichem Masse – die allgemein deutlich höhere Haltetreue von Digitalservos im Vergleich zu den Analogservos erkennbar. Es gibt zwar Überschneidungen, aber die Spitzenwerte der Digitalservos bei der Halte- und auch Rückstelldisziplin – hier verifiziert mit dem Profi mc/V2 von MPX – werden mit Analogservos nicht erreicht. Ausgesprochen weich und damit wenig Digital servo typisch ist einzig das Futaba S9151. Das temperamentvolle Hitec HS5925 ist bereits deutlich nachgiebiger als die beiden Erstplatzierten, die Abweichungen sind aber absolut gesehen immer noch sehr gering. Bei den Abweichungen fällt auf, dass sie mit der Stellkraft der Servos ansteigt. Letztere reichen wie erwähnt 49 bis 95 Ncm bei praktisch gleichen Gehäuseabmessungen. Vermutlich spielt hier auch die Gehäuseverwindung eine gewisse Rolle. Auf der anderen Seite zeigte sich bei der Messung der Haltekraft, dass das S9151 bei 5° Drehdrift kaum die Stellkraft gemäss WA erreichte, während beispielsweise das Profi mc/V2 bei 4° Drift etwa das 2.5 bis 3-fache der Stellkraft aufwies.

Bei den **Querruder-Servos** liegen die Digitalservos DS3728 und Micro BB mc/V2 erwartungsgemäss deutlich vorne. Beide bleiben geradezu störrisch auf ihrer Sollposition, wobei das Gpn/JR-Produkt bei 4.8V noch etwas besser abschneidet als das Multiplex micro BB mc/V2. Bei 6V schenken sich beide gegenseitig nichts (0.3° Abweichung). Sie bilden hier gewissermassen eine eigene Klasse. Das blitzschnelle Futaba S9602 weist die für Analogservos typische Weichheit auf. Das Hitec HS225 MG, Gewinner bei der Speed-Kraft Disziplin liegt mit 5.6° bei 4.8V schon deutlich am Schluss dieses Quartetts. Bei 6V sind die Unterschiede zwischen den beiden Analogservos indessen nicht mehr so markant.

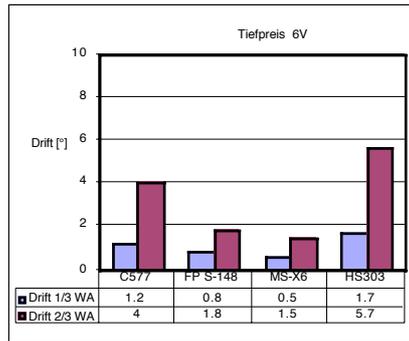
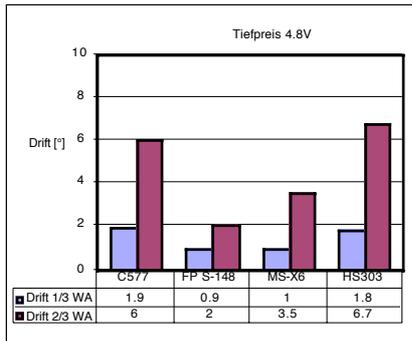
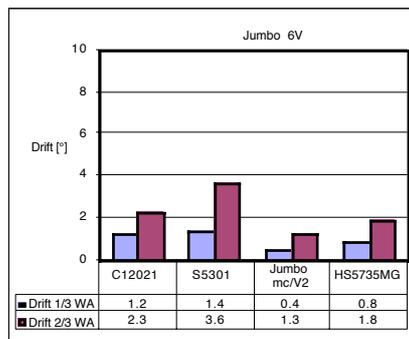
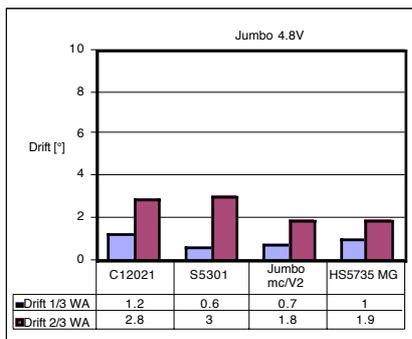
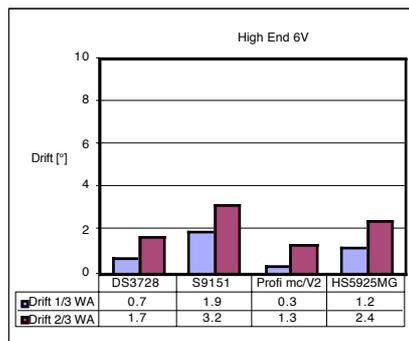
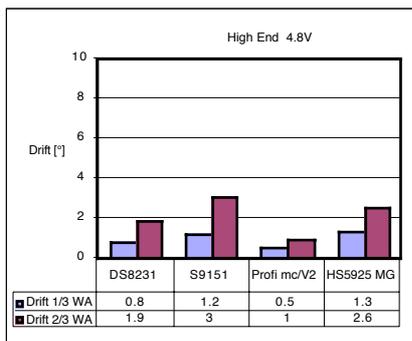
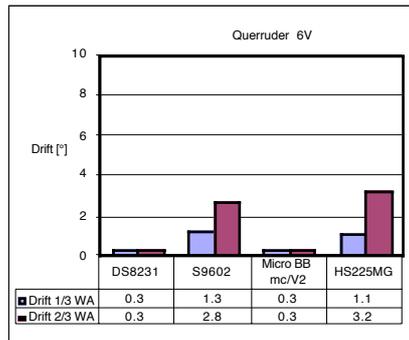
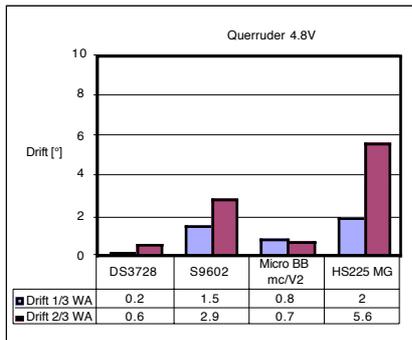
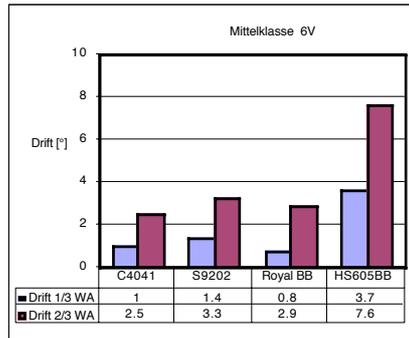
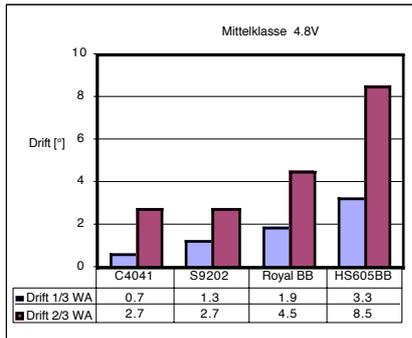


Abbildung 3

Haltetreue bzw. Abweichung des Servohebels vom Sollwert bei Belastung mit 1/3 und 2/3 Stellkraft bei 4.8V gemäss Werksangaben. Die Tests wurden bei 4.8 und 6V durchgeführt.



Sehr überraschend sind für uns die Ergebnisse der **Jumbo-Servos** ausgefallen. Dass sich das Multiplex Jumbo mit Metallgetriebe und Digitaltechnik inside nicht so schnell aus der Ruhe bringen würde, durften wir aufgrund der restlichen Ergebnisse mit den mc/V2 Servos erwarten. Auch dem Hitec Digitalneuling muteten wir hier nach den Speedtests Spitzenwerte zu. Die beiden Analogservos verblüfften uns, allen voran das C12021 mit Abweichungen von unter 3° bei 2/3 WA. Aber auch das S5301, dem wir hier aufgrund der Speedergebnisse wenig Kredit geben durften, brachte gute Ergebnisse. Spitzenreiter ist hier aber doch das Jumbo speed mc/V2 von MPX mit Abweichungen deutlich unter 2°.

Fazit:

Die Drift oder Haltetreue der Servos bei Belastung ist sehr unterschiedlich. Generell bestätigt sich die allgemeine Meinung, wonach Analogservos weicher sind als Digitalservos, wobei es ganz offensichtlich auch Überschneidungen gibt. Die Multiplex-Digitalservos erweisen sich als besonders hart, während bei den Analog-Servos die Prüfkandidaten von Hitec die deutlich geringste Haltetreue in der Testauswahl aufweisen, also am weichsten sind und so in unserer Gesamtbeurteilung etwas an Terrain einbüßen.

5.3 Rückstellfehler

Mit dem Versuch wird gewissermassen einen Messerflug bei dem mit Seitenruder langsam korrigiert simuliert.

Methode: Das Servo ist eingeschaltet, der 33 cm lange CFK-Zeiger am Abtrieb montiert. Das Servo wird nur sehr schwach vorbelastet und damit das Getriebeispiel eliminiert. Die Zeigerposition auf der Skala wird mit einem Bleistift als Referenzposition markiert. Das Servo wird mit 1/3 WA belastet und im Slowmodus (10°/s) ca. 20° im Gegenuhrzeigersinn ausgelenkt und wieder im Slowmodus an die Ausgangsposition zurückgefahren. Die Differenz zur Sollposition an der Gradskala wird notiert. Das ganze Prozedere wird daraufhin auch mit 2/3 WA Stellkraft durchgeführt. Die Ansteuerung geht über einen Schalter am Sender. Dadurch wird einerseits die Knüppelhysterese ausgeschaltet, und alle Servos arbeiten unter den gleichen Bedingungen zumindest innerhalb eines Fabrikats.

Von der Praxis her wäre die Ermittlung des Rückstellfehlers bei einer schnellen Knüppelbewegung – Situation gerissene Figuren – mindestens ebenso interessant gewesen wie diese Slowmethode. Sie hätte vielleicht auch andere Ergebnisse gebracht. Bei unserer Testeinrichtung arbeiten wir aber mit Gewichten. Wegen deren Massenträgheit können schnelle Figuren unter Last eigentlich gar nicht simuliert werden. Hier bräuchte man lange Zugfedern mit konstanter Dehnspannung oder Adäquates, solches stand uns aber nicht zur Verfügung.

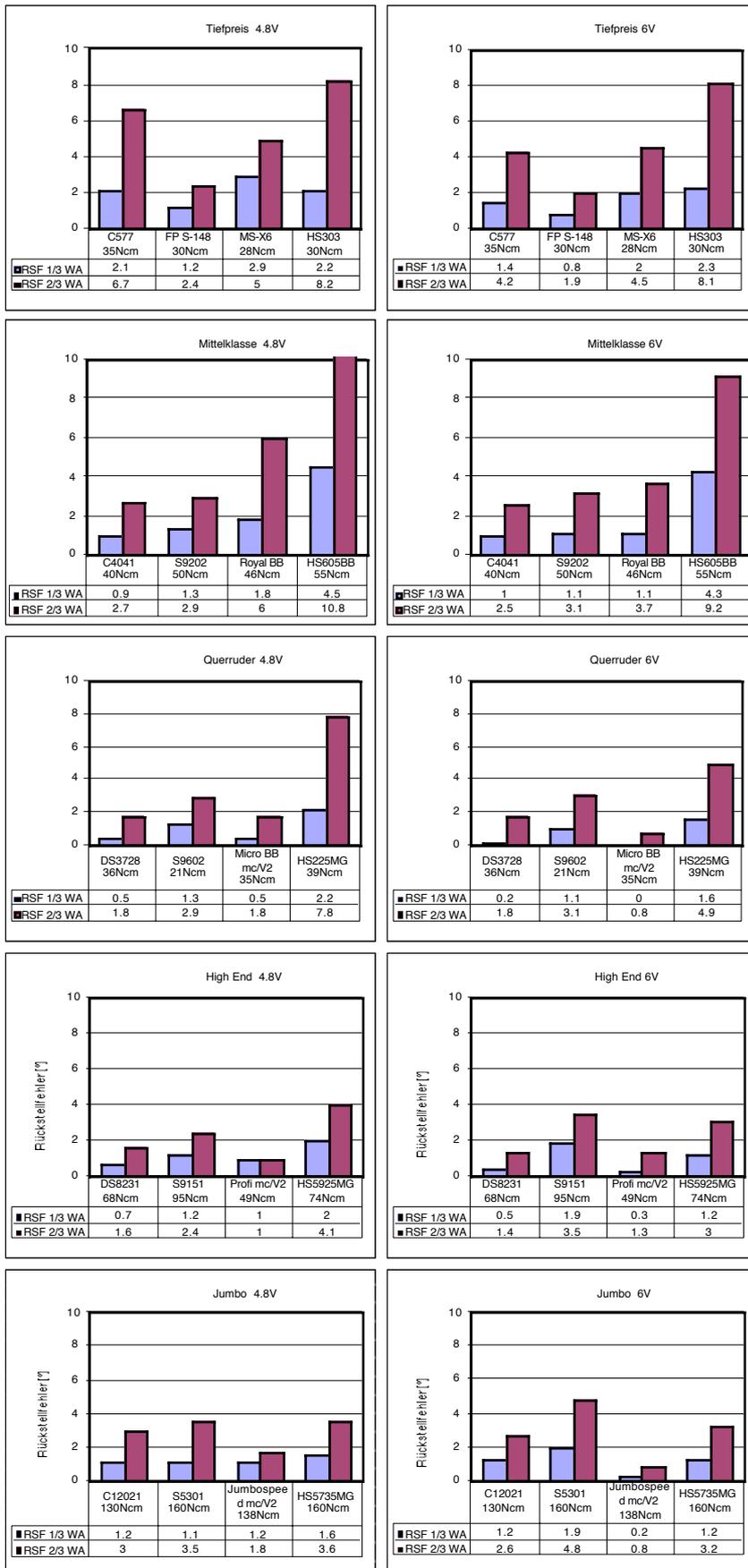
Ergebnisse: Die Ergebnisse gehen aus Abbildung 3 hervor. Es wird dieselbe Darstellungsweise wie beim Drifttest angewandt. Die Ergebnisse sind gegliedert nach Belastung 1/3 und 2/3 WA und Spannung 4.8V bzw. 6V.

Gesamthaft betrachtet stimmen die Ergebnisse erwartungsgemäss etwa mit jenen der Driftmessungen überein.

Bei den **Tiefpreis-Servos** stellt das Futaba S148 zumindest bei 2/3 WA eine eigene Klasse dar. Bei den restlichen Kandidaten halten sich das MS-X6 und das C577 etwa die Waage. Das HS303 ist bei 1/3 WA konkurrenzfähig, bei 2/3 WA mit 8° Rückstellfehler weg vom Fenster.

Abbildung 4

Rückstellfehler in Grad bei Belastung der Servos mit 1/3 und 2/3 Stellkraft für 4.8V gemäss Werksangaben. Die Tests wurden bei 4.8 und 6V durchgeführt.



Die **Mittelklasse-Servos** streuen in dieser Disziplin deutlich mehr als die Tiefpreis-Gilde. Ziemlich dreist wirkt das kräftige und schnelle HS605BB mit 10.8° und 9.2° Rückstellfehler. Dem steht auf der anderen Seite der Rangliste das C4041 von Graupner/JR gegenüber, das sich mit 2.5° und 2.7° als äusserst Rückstellgenau erweist. Dicht dahinter folgt das Futaba S9202, das aber mit 5 kg auch mehr Muskeln hat als der Graupner/JR-Bruder. Wie beim Drifttest, ist das Royal BB erst mit 6 Volt so richtig zu disziplinieren. Bei 4.8V wirkt es etwas unentschlossen (6° Abweichung).

Die Ergebnisse der **High-End Digitalservos** Standardgrösse streuen erheblich, jedoch auf deutlich tieferem Niveau als die Mittelklasse- und Tiefpreis-Standard servos. Das Profi BB mc/V2 von MPX und das Graupner/JR DS8231 erreichen absolute Spitzenwerte, während das Futaba S9151 wie auch das Hitec HS5925 hier gut, aber doch deutlich schlechter abschneiden. Hier gelten im übrigen auch die bei der Haltetreue gemachten Bemerkungen.

Bei den **Querruder-Servos** sind die Ergebnisse des MicroBB schon fast berauschend, jene des DS3728 objektiv betrachtet vergleichbar gut. Die beiden Analogservos müssen hier einfach verlieren. Das schnelle Futaba S9602 ist mit ca. 3° im grünen Bereich, das mit 3.9 kg Stellkraft fast doppelt so kräftige Hitec HS225MG fällt bei 4.8V aus dem Rahmen, es könnte jedoch bei gleicher Belastung wie das Futaba mit diesem etwa mithalten. Kommt hinzu, dass das HS225 nur rund 1/3 so teuer ist wie die restlichen Kandidaten hier. Dennoch, es bleibt festzuhalten, die Hitec Analog-Servos sind allgemein doch deutlich weniger (Rück)stellgenau wie die restlichen Fabrikate.

Die Ergebnisse der **Jumbo-Servos** decken sich im Wesentlichen mit jenen des Drifttests. Das Jumbo speed mc/V2 von MPX steigt hier ganz klar als Winner aufs Treppchen. Das C12021 Analogservo erhält Silber, und das neue Digital HS5735 Bronze. Das S5301 verliert vor allem bei 6V etwas an Boden und markiert das Schlusslicht

Fazit:

Die Testergebnisse widerspiegeln im Wesentlichen die Ergebnisse der Drift bei Belastung, was einigermaßen einleuchtend erscheint. Dennoch ist das Rückstellen eines Servos unter Last an seinen Ausgangspunkt ein aktiver Vorgang, bei dem – im Gegensatz zur Drift – Effekte wie etwa die Selbsthemmung des Getriebes entfallen.

Bei den Digitalservos erweisen sich die Multiplex und Graupner/JR Digitalservos bei der Rückstellgenauigkeit wie schon bei der Drift unter Last als führend. Die Hitec Digi-Servos sind etwas weicher. Deutlich andere Kennwerte zeigt das Digitalservo S9151 von Futaba. Es hat eher Eigenschaften, die sonst für Analogservos typisch sind.

Bei den Analogservos ist die Streuung zwischen den einzelnen Servos sehr gross. Die Hitec Analog-Servos sind gesamthaft beurteilt deutlich weniger (Rück)stellgenau wie die restlichen Fabrikate.

5.4 Stell- und Haltekraft

Mit einem elektronischen Dehnelement bzw. mit einer Federwaage wird die Stell- und Haltekraft ermittelt.

5.4.1 Stellkraft

Methode: Das Servo ist eingeschaltet, der 33 cm lange CFK-Zeiger am Abtrieb nicht montiert. Wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt wird das Dehnelement oder die Federwaage auf der einen Seite fest verankert, auf der anderen Seite über die Abtriebsscheibe via Seilzug mit dem Servo verbunden. Nun wird das Servo mit moderatem Speed in die Endposition gefahren (die es aber nicht erreichen kann) und die Zugkraft im Seilzug gemessen.

Die **Ergebnisse** sind in Tabelle 4 aufgetragen. Die Stellkräfte liegen bei erheblicher Streuung praktisch durchwegs etwas unterhalb der Werksangaben. Als möglicher Grund dafür sehen wir bereits Verluste durch unser RC-Equipment. Allenfalls spielt Slow beim Test hier auch eine gewisse Rolle. Wir gehen aber auch davon aus, dass die Werksangaben üblicherweise unter Laborbedingungen (direkte Kabel an den E-Motor etc.) gemessen werden. Aus den Stellzeiten bei Belastung wird ersichtlich, dass die eigentliche Stellkraft an sich in der Praxis ein sehr unbedeutender, eher orientierender Parameter darstellt, zumal bei diesem Wert das Servo eigentlich stehen bleibt, also gewissermassen seine Aufgabe nicht mehr erfüllen kann.

Deshalb appellieren wir an dieser Stelle auch an die Hersteller, anstelle der Stellkraft die Stellzeit für einen bestimmten Drehwinkel bei Belastung x in Ncm anzugeben.

5.4.2 Haltekraft

Methode: Das Servo ist eingeschaltet, der 33 cm lange CFK-Zeiger am Abtrieb montiert, das Servo wird sehr schwach vorbelastet und die Zeigerposition auf der Skala markiert.

Nun wird das Servo so lange belastet, bis die Abdrift an Servoabtrieb einen vorgegebenen Drehwinkel erreicht hat. Nach Vortests wurde für alle Analogservos, sowie für das Futaba S9151 10° Drift als Messpunkt festgelegt. Für die Digitalservos von Graupner/JR und Hitec sind es 5° und für die Digitalservos von Multiplex 4°. Letztgenannte sackten bei 5° ruckartig durch, die Prüflinge von Hitec und Graupner/JR taten dies bei 6 bis 8°. Einzig das Futaba S9151 zeigte hier kaum Tendenzen in diese Richtung.

Die **Ergebnisse** sind ebenfalls in Tabelle 4 aufgetragen. Im Allgemeinen liegt die Haltekraft bei **Analogservos** im Bereich der Stellkraft, dies bei erheblicher Streuung. Einsame Spitze ist hier das Futaba S148 mit fast doppelter Haltekraft bei 10° Winkeldrift. Welche Rolle hier auch noch die Selbsthemmung des Getriebes spielen könnte haben wir nicht überprüft.

Bei den von uns getesteten Digitalservos stellen die mc/V2 Servos von MPX hinsichtlich Haltekraft eine Klasse für sich dar. Diese roten Monsterchen sind schlechthin als pickelhart zu bezeichnen, ihre Haltekraft bei lediglich 4° Drift beträgt das Zwei- bis Vierfache der Stellkraft, während sie bei den restlichen Konkurrenten und bei 5° bzw. 10° Drift (Futaba S9151) etwa die doppelte Stellkraft erreicht.

Tabelle 4:

Stell- und Haltekraft der Servos bei 4.8 und 6V Spannung sowie die Prozentuale Abweichung von der Stellkraft gemäss Werksangabe. Die Haltekraft wurde bei unterschiedlichen Zeigerdrift gemessen (vgl. Text). Die meist klar über der Stellkraft liegende Haltekraft bei den Digitalservos kommt hier deutlich zum Ausdruck. SK=Stellkraft, HK=Haltekraft, WA=Werksangabe, Drift=Drehwinkel bei Messpunkt.

| Servo | 4.8 V | | | 6 V | | | Drift [°] | Kraft WA 4.8V [Ncm] | Differenz zu WA | |
|-------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------------------|-----------------|---------------|
| | SK [Ncm] | HK [Ncm] | HK/SK [%] | SK [Ncm] | HK [Ncm] | HK/SK [%] | | | bei 4.8V [°] | bei 6V [°] |
| C577 | 32 | 31 | 97% | 39 | 36 | 93% | 10° | 35 | -10% | 12% |
| FP S-148 | 26 | 50 | 189% | 30 | 58 | 195% | 10° | 30 | -13% | -1% |
| MS-X6 | 32 | 33 | 103% | 38 | 39 | 101% | 10° | 28 | 16% | 40% |
| HS303 | 24 | 26 | 106% | 31 | 28 | 90% | 10° | 30 | -18% | 3% |
| C4041 | 39 | 45 | 114% | 49 | 46 | 94% | 10° | 40 | -2% | 23% |
| S9202 | 48 | 51 | 106% | 56 | 59 | 105% | 10° | 50 | -4% | 12% |
| Royal BB | 42 | 47 | 110% | 64 | 64 | 101% | 10° | 46 | -8% | 39% |
| HS605BB | 55 | 48 | 86% | 68 | 47 | 69% | 10° | 55 | 1% | 23% |
| DS8231 | 69 | 90 | 132% | 87 | 102 | 117% | 5° | 68 | 1% | 28% |
| S9151 | 93 | 192 | 207% | 111 | 195 | 176% | 10° | 95 | -2% | 17% |
| Profi mc/V2 | 50 | 159 | 316% | 68 | 185 | 272% | 4° | 49 | 3% | 39% |
| HS5925MG | 58 | 92 | 159% | 74 | 102 | 139% | 5° | 74 | -22% | -1% |
| DS3728 | 36 | 47 | 130% | 45 | 84 | 188% | 5° | 36 | 0% | 24% |
| S9602 | 19 | 16 | 83% | 23 | 18 | 77% | 10° | 21 | -7% | 10% |
| Micro BB mc/V2 | 34 | 134 | 393% | 42 | 160 | 377% | 4° | 35 | -2% | 22% |
| HS225MG | 37 | 41 | 110% | 47 | 48 | 103% | 10° | 39 | -5% | 19% |
| C12021 | 134 | 139 | 104% | 168 | 169 | 101% | 10° | 130 | 3% | 29% |
| S5301 | 139 | 149 | 107% | 161 | 162 | 100% | 10° | 210 | -34% | -23% |
| Jumbo speed mc/V2 | 119 | 322 | 271% | 152 | 373 | 246% | 4° | 138 | -14% | 10% |
| HS5735MG | 140 | 240 | 172% | 165 | 265 | 161% | 5° | 160 | -13% | 3% |

Fazit:

Die Stellkraft liefert uns einen Hinweis zu welcher Kraftkategorie wir ein Servo zählen können. Servos, die mit der Stellkraft belastet werden bewegen sich nicht mehr. Bei Analogservos entspricht die Stellkraft bei erheblicher Streuung etwa der Haltekraft. Bei Digitalservos liegt die Haltekraft stets deutlich über der Stellkraft. Am ausgeprägtesten ist dies bei den Digitalservos von Multiplex zu beobachten mit Haltekräften, die bis das Vierfache der Stellkraft bei lediglich 4° Drift am Abtrieb erreichen können. Die übrigen Digitalservos erreichten maximal die doppelte Stellkraft bei 5° Drift am Abtrieb.

5.5 Auflösung

Das Servo ist eingeschaltet, ein 33 cm langer Zeiger am Abtrieb montiert.

Methode: Die mechanische Sendertrimmung der MC24 bzw. der MC4000 wird so gespreizt, dass eine hohe Auflösung beim Trimmhebel resultiert. Danach wird der Trimmhebel von Rasterweise bewegt und die Anzahl Bewegungsschritte am Servoabtrieb über 2° gezählt. Beim Sender Futaba 9Z mit elektronischer Trimmung ist das ganze sehr viel einfacher, hier wird im gespreizten Modus quasi auf Knopfdruck getrimmt und die Schritte am Zeiger gezählt.

Die **Ergebnisse** sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die Werte streuen zwischen 6 und 18 Schritten. Wobei hier Futaba und Graupner/JR mit Ausnahme der Jumboservos durchwegs hoch auflösende Servos im Sortiment haben. Bei Multiplex liegt die Streuung je nach Servotyp zwischen 11 (Jumbo) und 17 (Profi) Schritten. Signifikant geringer ist die Auflösung bei den von uns getesteten Hitec Servos mit 6 bis 10 Schritten. Allerdings muss hier noch beigefügt werden, dass Hitec-Servos etwa 20 – 30% mehr Weg machen als die restlichen Fabrikate. Weil wir dadurch das Gestänge etwas weiter innen anhängen können, kann die Auflösung eigentlich bei 8 bis 13 Schritten angenommen werden.

Tabelle 5:

Auflösung des Servos (Maximale Anzahl der Stellschritte über 2°) sowie Getriebeispiel in Grad und Axial- bzw. Radialspiel am Servoantrieb qualitativ wobei bedeutet: 1 = kein, 2 = wenig, 3 = merklich, 4 = erhebliches Spiel. In den hintersten beiden Kolonnen sind noch die Preise eines Billiganbieters, sowie der relative Kaufpreis, bezogen auf das Kosten günstigste HS303 aufgeführt. Die Daten standen auf dem Internet zur Verfügung.

| Servo | Anz. Schritte 2° | Auflösung [°] | Getriebeispiel [°] | mechanisches Spiel* | | Preis** [Euro] | Preis- koeff.*** |
|-------------------|---------------------|------------------|-----------------------|---------------------|--------|-------------------|---------------------|
| | | | | axial | radial | | |
| C577 | 14 | 0.143 | 0.6 | 2 | 2 | 14 | 1.17 |
| FP S-148 | 16 | 0.125 | 0.5 | 1 | 1 | 15 | 1.25 |
| MS-X6 | 12 | 0.167 | 1.2 | 2 | 3 | 15 | 1.25 |
| HS303 | 10 | 0.200 | 0.2 | 2 | 2 | 12 | 1.00 |
| C4041 | 15 | 0.133 | 0.2 | 1 | 1 | 45 | 3.75 |
| S9202 | 17 | 0.118 | 0.6 | 1 | 1 | 74 | 6.17 |
| Royal BB | 11 | 0.182 | 0.4 | 1 | 1 | 42 | 3.50 |
| HS605BB | 6 | 0.333 | 0.9 | 1 | 1 | 37 | 3.08 |
| DS8231 | 18 | 0.111 | 0.1 | 1 | 1 | 106 | 8.83 |
| S9151 | 18 | 0.111 | 0.5 | 1 | 1 | 160 | 13.33 |
| Profi mc/V2 | 17 | 0.118 | 0.5 | 1 | 1 | 69 | 5.75 |
| HS5925MG | 9 | 0.222 | 0.3 | 1 | 1 | 99 | 8.25 |
| DS3728 | 18 | 0.111 | 0.4 | 1 | 1 | 87 | 7.25 |
| S9602 | 18 | 0.111 | 0.8 | 1 | 1 | 92 | 7.67 |
| Micro BB mc/V2 | 15 | 0.133 | 0.7 | 1 | 1 | 69 | 5.75 |
| HS225MG | 6 | 0.333 | 0.5 | 1 | 1 | 29 | 2.42 |
| C12021 | 11 | 0.182 | 0.6 | 1 | 1 | 65 | 5.42 |
| S5301 | 10 | 0.200 | 0.9 | 1 | 1 | 123 | 10.25 |
| Jumbo speed mc/V2 | 12 | 0.167 | 0.4 | 1 | 1 | 109 | 9.08 |
| HS5735MG | 9 | 0.222 | 0.2 | 1 | 1 | 102 | 8.50 |

* qualitative Bewertung: 1=kein, 2=wenig; 3=merklich, 4=viel.

**gemäss Preisliste Stauffenbiehl von 3.3.02. Die Angaben haben orientierenden Charakter und sind ohne Gewähr

*** der Preiskoeffizient orientiert sich am HS303, dem kostengünstigsten aller hier getesteten Servos.

5.6 Abtriebspiel mechanisch

Diese Prüfung wurde erst am Schluss des gesamten Servotests durchgeführt. Das Servo ist ausgeschaltet, ein 33 cm langer Zeiger am Abtrieb montiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Getriebeispiel: Die Abtriebsscheibe wird sachte nach links und rechts bewegt und das Getriebeispiel an der Gradskala abgelesen. Ein Getriebeispiel unter 0.4° wird subjektiv als praktisch spielfrei empfunden, kommt jedoch beim 33cm langen Zeiger am Abtrieb zum Vorschein. Ein Zusammenhang zwischen der Servoklasse und dem Getriebeispiel ist eigentlich nicht ersichtlich, d.h. der Streubereich ist bei allen Klassen etwa gleich.

Axial- und Radialspiel des Abtriebszapfens: Hier findet lediglich eine so genannte Sinnenprüfung statt. Das Ergebnis ist somit halbquantitativ und besteht aus einer Wertung zwischen 1 und 4. Es

bedeuten: 1=kein, 2=wenig; 3=merklich, 4=viel Spiel. Hier konnte eigentlich nur bei den Tiefpreisservos ein leichtes Spiel festgestellt werden. Generell ist das Axial- und Radialspiel bei den getesteten Servos kaum ein Thema. Das MS-X6 hat am meisten mechanisches Spiel am Abtriebszapfen. Erfahrungsgemäss kann das Abtriebsspiel eigentlich erst nach vielen Flügen beurteilt werden.

6 Schlussbetrachtung

Mit dem vorliegenden Servotest wurde versucht, ein Bild über die Leistungsfähigkeit einer breiten Palette einiger aktueller Servotypen der wichtigsten Servoanbieter zu vermitteln. Unter harten Prüfbedingungen, sprich unter Last konnte gezeigt werden, dass die Leistungsmerkmale von Servos nicht nur im Prospekt sehr vielfältig sind. Es wurde verifiziert, dass Servos bei Belastung zwar unterschiedlichem Masse, aber generell deutlich langsamer werden. Was aus physikalischer Sicht eine Selbstverständlichkeit darstellt, indessen am Stammtisch beim Fachsimpeln praktisch immer vergessen wird.

Bei der Haltetreue und beim Rückstellfehler eindrucklich die Unterschiede zwischen Analog- und den so genannten Digitalservos aufgezeigt werden, dahingehend, dass Letztgenannte in aller Regel unter Last deutlich stellgenauer und härter sind. Ihnen wird schon deshalb vermutlich mittelfristig die Zukunft gehören.

Bleiben wir trotz allem bescheiden, denn dieser Test kann ein paar wichtige Facetten typischer Servos im heutigen Angebot aufzeigen, den Anspruch auf die ultimative Wahrheit über diese kleinen Heinzelmännchen soll und kann er nicht erfüllen. Dies betrifft im besonderen Masse die Zuverlässigkeit der Servos, der – wie wie wir meinen – wichtigsten Eigenschaft der working heroes in unseren fliegenden Geigen.

Kurt Wächter, 8.3.02

Mail: kumo@bluewin.ch

Einige Bilder (Miniaturen)



Bild 1
Versuchseinrichtung mit Servoaufnahme, Lichtschranke und Zeiger.



Bild 3
Die Testkandidaten auf einen Blick, es fehlen nur noch die beiden Digitalservos von Hitec (Vordergrund links). Auch das etwas grössere Powerservo von Multiplex präsentiert sich hier noch anstelle des Profi BB, es wurde aber später durch dieses ersetzt.



Bild 5
Erich Wächter an der Arbeit. Am Oszillograph im Vordergrund wird die Stellzeit abgelesen. Mit dem 9Z Sender werden die Futaba Servos angesteuert.



Bild 9
Kurt Wächter beim Auswerten der Daten.

Fotos K. Wächter 2001