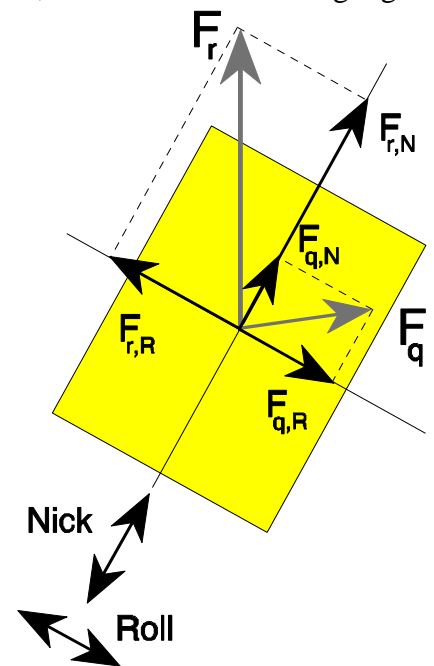


## Elektromagnetischer Sidestick - Teststand

### G. Bühler

Im Rahmen der Weiterentwicklung des elektromagnetisch erregten aktiven Sidesticks wurde zu dessen Vermessung u.a. ein Teststand entwickelt. Dieser beinhaltet den mechanischen Aufbau, in den die fertig montierte Aktuatoreinheit eingespannt wird und der eine exakt reproduzierbare Bewegung gewährleistet sowie das nötige Meßequipment zur Aufnahme von Positions- und Kraftkennlinien.

Um trotz der Forderung nach sowohl statischen als auch dynamischen Messungen den Entwicklungsaufwand möglichst gering zu halten, wurde ein konstruktiver Kompromiß eingegangen, welcher zur Folge hat, daß sich der realisierte Aufbau vornehmlich für dynamische Messungen eignet. Dazu wurde ein separater Antrieb eingebaut, der eine Fremdanregung ermöglicht, um beispielsweise das dynamische Verhalten der Positionserfassung im Zusammenhang mit dem Regler und den Stromstellern bei beliebiger Anregungsfrequenz zu überprüfen. Der Sidestick läßt sich dabei lediglich in radialer Richtung bewegen. Durch die spezielle Einspannvorrichtung, welche nur eine Drehung um die Hochachse zuläßt, kann das gesamte Feld erfaßt werden. Ein hochauflösender optischer Winkelgeber mißt zunächst nur den Auslenkungswinkel, woraus sich später bei bekanntem Verdrehwinkel des Aktuators die Komponenten in Nick- und Rollrichtung berechnen lassen. Zwei Sensoren auf DMS-Basis messen die Kräfte in radialer Richtung und im rechten Winkel dazu (siehe Abb.1). Auch hier erfolgt später mittels des Verdrehwinkels eine Auflösung und vektorielle Addition der Komponenten in Nick- und Rollrichtung. Da sich der Einbau eines fertigen Sensors für die Querkraft nur schwer realisieren ließ, wurde dieser im Eigenbau durch Aufbringen von vier Dehnungsmeßstreifen in Vollbrückenschaltung auf den Arm des Sidesticks realisiert. Aufgrund statischer Überbestimmtheit erfolgte die Kalibrierung im eingebauten Zu-stand. Zwei unabhängige Trägerfrequenz-meßverstärker übernehmen die Signalaufbereitung und liefern eine kraft-proportionale Gleichspannung.



**Abb.1 Kraftkomponenten in der Draufsicht**

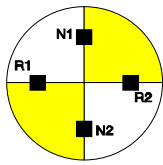


Abb.2a Seitenansicht  
nicht ausgelenkt

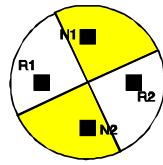


Abb.2b Seitenansicht  
reine Nickauslenkung

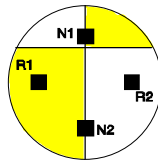


Abb.2c Seitenansicht  
reine Rollauslenkung

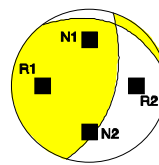


Abb.2d Seitenansicht  
kombinierte Auslenkung

Die Positionserfassung im Sidestick ermittelt die Auslenkung in Nick- und Rollrichtung

berührungslos mittels der reflektierten Infrarotstrahlung eines auf die Aktuatorkugel aufgetragenen Schachbrettmusters (**Abb.2a**), wobei die Sensoren N1 und N2 für die Nicklage, die Sensoren R1 und R2 für die Rollage zuständig sind. **Abb.2b** zeigt die Kugel in ausgelenkter Nicklage. Man erkennt, daß beide Nicksensoren N1, N2 eine aufgrund des schwarzen Anstrichs verminderte Rückstrahlung empfangen. Um ein möglichst großes Signal zu erzeugen, werden die Spannungen von N1 und N2 addiert, während (siehe **Abb.2c**) zwischen R1 und R2 die Differenz zu bilden ist, da R1 um den gleichen Betrag weniger empfängt als R2. In **Abb.2d** ist eine in Nick- und Rollrichtung kombinierte Auslenkung dargestellt. Man erkennt leicht, daß die gemessenen Werte mehr oder weniger stark verkoppelt sein müssen, d.h. das Nicksignal für eine Auslenkung von  $\varphi_N=10^\circ$  bei  $\varphi_R=0^\circ$  ist ein anderes als bei  $\varphi_R=+20^\circ$ . Den Grad dieser Verkopplung gilt es zunächst zu ermitteln bzw. später bei der realen Anwendung wieder herauszurechnen.

Dazu werden die Meßwerte der sidestickeigenen Positionserfassung mit denen des Referenzsensors am Teststand verglichen indem das gesamte Feld in radialer Richtung für alle Verdrehwinkel beispielsweise im  $1^\circ$ -Raster von  $-90^\circ$  bis  $+90^\circ$  durchfahren wird. Jetzt wird die eingangs erwähnte Kompromißlösung hinsichtlich dynamischer und statischer Messungen deutlich: Die Tatsache, daß lediglich in radialer Richtung bewegt wird aber Meßpunkte im  $1^\circ$ -Gitter im Nick-/Rollkoordinatensystem gefordert sind, bedingt ein in den Außenbereichen dünner werdendes Meßwertennetz, so daß beispielsweise ein Punkt  $\varphi_N=+10^\circ$ ,  $\varphi_R=12^\circ$  gar nicht exakt angefahren werden kann sondern nur Meßwerte für einen Punkt mit gewisser Ablage von der Sollposition vorliegen. Gewünscht sind nämlich Kennlinien, welche die Abhängigkeit des sidestickseitigen Nickwertes vom Referenzwert des Teststandes zeigen mit dem jeweiligen Rollwinkel als Parameter und umgekehrt. Deswegen muß die Auswertesoftware zunächst in der gesamten Meßwertedatei nach der gewünschten Winkelkombination suchen und zwar mit einer noch vertretbaren kleinen Abweichung. Die so erhaltene Kennlinie stellt sich verständlicherweise nicht als Punktfolge dar, die sich durch einfaches Verbinden der Meßwerte in eine Kurve verwandeln läßt, sondern sie gleicht eher einer mehr oder minder breiten Punktwolke. Mittels eines Akima-Splines wird nun eine Ausgleichskurve berechnet, deren Funktion fortan die gültige Kennlinie repräsentiert. Der Akima-Spline stellt in diesem Fall die ideale Lösung dar, weil er erstens (wie andere Splines auch) durch die Bereichseinteilung eine optimale Anpassung an beliebige Kurvenformen gewährleistet und zweitens ein der eigentlichen Berechnung des Splines vorgeschalteter Wichtungsalgorithmus ein Ergebnis liefert, das einem von Hand gezeichneten

entspricht. Die so gewonnenen Kennlinien werden dann nur noch in eine geeignete Form gebracht und im Speicher des Reglers abgelegt. Jede weitere Bearbeitung wie beispielsweise im Anwendungsfall die Ermittlung der aktuellen Position aus der Kennlinienschar ist Bestandteil des Regelalgorithmus' und soll hier nicht weiter erläutert werden.

Bisher kann jedoch gesagt werden, daß das Verfahren grundsätzlich funktioniert, was bereits anhand manuell gewonnener Meßwerte nachgewiesen wurde. Die Messungen am Teststand finden voraussichtlich Anfang 1999 statt, wonach die Montage mit anschließendem Test von 7 Einheiten erfolgt.