

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Stand der Technik .....	3
2.1	Grundlagen.....	3
2.2	Druckmeßverfahren nach dem Ausschlagprinzip.....	4
2.2.1	Grundsätzliche Wirkungsweise .....	4
2.2.2	Abweichungen durch federelastische Elemente .....	6
2.3	Kompensationsverfahren .....	8
2.3.1	Kompensationsverfahren in der Wägetechnik.....	8
2.3.2	Kompensationsverfahren in der Druckmeßtechnik .....	8
3	Zielsetzung der Arbeit .....	11
4	Druckmessung im Flugzeug .....	13
4.1	Grundlagen der Translationsgeschwindigkeitsmessung.....	13
4.2	Barometrische Höhenmessung .....	14
4.2.1	Alternative Verfahren zur Flughöhenbestimmung .....	16
4.3	Messung des Anströmvektors.....	16
4.3.1	Kurzübersicht nicht druckbasierter Meßverfahren .....	16
4.3.2	Messung der Strömungsgeschwindigkeit mittels Staudrucksonden.....	18
4.4	Druckzuleitungen.....	21
5	Differenzdruckmessung mittels Kompensationsverfahren.....	25
5.1	Grundsätzliche Wirkungsweise .....	25
5.1.1	Der Begriff der Kompensation .....	25
5.1.2	Rückgekoppeltes Sensor-Aktorsystem .....	26
5.2	Anforderungen an die Einzelkomponenten .....	27
5.2.1	Der Druck/Kraft-Umformer.....	27
5.2.2	Das Aktorsystem.....	30
5.2.3	Der Verlagerungssensor.....	30
5.2.4	Der Regler.....	31

---

6	Die Entwicklung des Druck/Kraft-Umformers .....	33
6.1	Flache Kreismembran .....	33
6.2	Flache Kreisplattenfeder .....	34
6.3	Flache Kreisplattenfeder mit starrem Zentrum .....	35
6.3.1	Experimentelle Ergebnisse .....	38
6.4	Profilierte Membranen mit starrem Zentrum .....	44
6.5	Kapselfedern.....	46
6.6	Rohrfedern.....	49
6.6.1	Bourdonfeder.....	49
6.6.2	Faltenbalg .....	52
6.7	Ergebnis der Betrachtungen .....	53
7	Das Aktorsystem .....	55
7.1	Mögliche Aktorsysteme .....	55
7.1.1	Das elektrostatische System .....	55
7.1.2	Das piezoelektrische System.....	58
7.1.3	Das magnetostriktive System .....	63
7.1.4	Das elektrostriktive System.....	64
7.2	Das elektrodynamische System mit Magnetkreis .....	65
7.2.1	Grundlagen der elektrodynamischen Krafterzeugung.....	65
7.2.2	Betrachtungen zur Auslegung des Magnetkreises .....	66
7.2.3	Konstruktion des Aktorteils für das Drucksensorsystem .....	73
7.2.4	Mögliche Stabilisierung des permanenterregten Magnetkreises.....	78
7.2.5	Kernspin-Magnetometer ohne Modulation des zu messenden Magnetfeldes .....	80
7.3	Die Konstruktion der Aktorspule .....	86
7.3.1	Die elektrischen Eigenschaften der Spule .....	86
7.3.2	Volumenausnutzung.....	88
7.3.3	Der trägerlose Spulenkörper.....	90
7.3.4	Die federelastische Aufhängung .....	93
7.3.5	Treiberelektronik .....	95
8	Der Verlagerungssensor .....	97

---

8.1	Übersicht möglicher Wegmeßverfahren .....	97
8.1.1	Optische Wegmeßverfahren .....	97
8.1.2	Induktive Wegmeßverfahren .....	99
8.2	Grundlagen kapazitiver Anordnungen zur Wegmessung .....	100
8.2.1	Änderung der Fläche .....	100
8.2.2	Änderung der Dielektrizitätszahl .....	101
8.2.3	Änderung des Plattenabstandes .....	102
8.2.4	Störeinflüsse auf einfache Plattenkondensatoren .....	103
8.2.5	Einfluß durch elektrostatische Kräfte .....	105
8.2.6	Differentialkondensator als Wegaufnehmer .....	105
8.3	Konstruktive Ausführung des Differentialkondensators .....	106
8.4	Auswertung mittels hochdynamischer Trägerfrequenzmeßelektronik .....	107
8.4.1	Die frequenzanaloge Auswertung .....	107
8.4.2	Die amplitudenanaloge Auswertung .....	109
9	Der Kompensationsregler .....	119
9.1	Die Regelstrecke .....	119
9.2	Überlegungen zur Auslegung des Reglers .....	120
10	Meßergebnisse des Gesamtsystems .....	125
11	Selbstüberwachung .....	127
11.1	Überprüfung der statischen Kennlinie .....	127
11.2	Überprüfung der dynamischen Kennlinie .....	128
11.2.1	Meßergebnisse: Druckanschluß 1: mit 2m Schlauch angeschlossen, Druckanschluß 2: offen, ohne Schlauch .....	131
11.2.2	Meßergebnisse: Druckanschluß 1: mit 4m Schlauch angeschlossen, Druckanschluß 2: offen, ohne Schlauch .....	133
11.2.3	Meßergebnisse: Druckanschluß 1: mit 6m Schlauch angeschlossen, Druckanschluß 2: offen, ohne Schlauch .....	135
11.2.4	Meßergebnisse: Druckanschluß 1: mit 2m Schlauch angeschlossen, Druckanschluß 2: mit 2m Schlauch angeschlossen .....	137
11.2.5	Meßergebnisse: Druckanschluß 1: mit 4m Schlauch angeschlossen, Druckanschluß 2: mit 4m Schlauch angeschlossen .....	139
12	Zusammenfassung und Ausblick .....	141

---

13	Literaturverzeichnis.....	145
A	Anhang .....	157
A.1	Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen .....	157
A.2	Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen .....	162
A.3	Bildteil.....	163
A.4	Schaltungen .....	166