

Kurs Autopilot

1. Teil: Grundlagen

1. **Wozu dient ein Autopilot?**
 - 1.1 Entlastung des Piloten
 - 1.2 Vereinfachung der Abläufe
2. **Was kann ein Autopilot?**
 - 2.1 Flugzeug um verschiedene Achsen steuern
 - 2.2 Ansteuerung des Flight Directors
 - 2.3 Steuerung der Geschwindigkeit
3. **Wie funktioniert ein Autopilot?**
 - 3.1 Elemente eines Autopiloten
 - 3.2 Inputs von verschiedenen Sensoren
 - 3.3 Verarbeitung der Sensordaten in einem Computer
 - 3.4 Ansteuerung von Actuators
4. **Wie bedient man einen Autopilot?**
 - 4.1 Am Boden
 - 4.2 Im Flug
5. **Was kann ein Autopilot nicht?**

2. Teil: Autopilot S-TEC System 55

1. **Grundlagen**
2. **Elemente**
3. **Bedienung**
 - 3.1 Inbetriebnahme
 - 3.2 Normale Betriebsarten
 - 3.3 NAV-Mode
 - 3.4 Vertical Speed Mode
 - 3.5 Altitude Hold Mode
 - 3.6 Übersteuern
4. **Einschränkungen / Bemerkungen**

1. Teil: Grundlagen

1. Wozu dient ein Autopilot?

1.1 Entlastung des Piloten

Die wichtigste Funktion des Autopiloten besteht sicher darin, den Piloten von der permanenten Überwachung der Fluglage zu entlasten. Damit kann sich der Pilot besser seiner Hauptaufgabe widmen, nämlich dem Management des Flugzeuges. Er kann sich besser der Luftraumüberwachung widmen, aber er kann auch in unvorhergesehenen Situationen besser planen, da er sich nicht auch noch um die Fluglage kümmern muss.

Zudem ist ein Autopilot vor allem auf langen Flügen sehr angenehm, da der Pilot dann für den Anflug wieder voll konzentriert arbeiten kann, nachdem er in der Reiseflugphase sich auf die Überwachung des Luftraumes und der korrekten Funktion des Autopiloten beschränken konnte.

Bei der Aufnahme des ATIS oder beim Kartenstudium hilft der Autopilot, die Lage, den gewünschten Kurs oder sogar die Höhe beizubehalten.

1.2 Vereinfachung der Abläufe

Je nach Ausrüstung und Leistungsfähigkeit des Autopiloten können die Abläufe wesentlich einfacher werden. Insbesondere in Verbindung mit einem GPS kann ein vorprogrammierter Flugweg über mehrere Fixpunkte hinweg automatisch geflogen werden, der Pilot kann sich auf die Überwachung, die Nachführung des CFP (Betriebsflugplan) und die Kommunikation beschränken.

2. Was kann ein Autopilot?

Die **minimale** Funktion jedes Autopiloten ist, die Querlage zu stabilisieren. Dabei werden je nach Typ Autopilot die Flügel waagrecht gehalten, oder eine bestimmte (maximale) Querlage wird beibehalten. Dieser Modus wird normalerweise aktiv, wenn alle selektierbaren Modi (=Mehrzahl von Modus) ausgeschaltet sind im Zeitpunkt, wenn der Autopilot eingeschaltet wird.

Weitere Funktionen können sein:

die Steuerung eines Headings

Interceptieren und Halten einer Standlinie (in Verbindung mit VOR, LOC oder GPS)

Höhenhaltung

Halten einer vertical speed

Interceptieren einer Höhe

Fliegen eines vertikalen Profils (zB Interceptieren einer ILS mit Gleitweg)

Steuerung der Geschwindigkeit (Autothrottle)

Alle Kombinationen der obigen Funktionen

2.1 Flugzeug um verschiedene Achsen steuern

Ein normales Flugzeug kann um drei Achsen gesteuert werden: Roll, Pitch, Yaw.

Die meisten Autopiloten auf kleineren Flugzeugen steuern entweder nur die Roll-Achse, oder zusätzlich noch die Pitch-Achse. Die Yaw-Achse wird nur bei mehrmotorigen Flugzeugen vom Autopilot gesteuert.

Die kleinen Flugzeuge haben also einen **Ein-Achs-** oder einen **Zwei-Achs-Autopiloten**.

2.1.1 Eine Achse: Roll

Die einfachste Version eines Autopiloten steuert in der Regel die Rollachse (Querruder). Viele Autopiloten halten beim Einschalten einfach die Querlage konstant, entweder waagrecht (diese Funktion wird auch „**Wing leveller**“ genannt), oder mit einer einstellbaren **Querlage** (Kurvenflug, zB für Holdings).

In Verknüpfung mit einem „Heading Bug“ kann der Autopilot auf ein vorgewähltes **Heading** eindrehen und dieses anschliessend halten.

In Verknüpfung mit einem VOR, LOC, GPS, RNAV, FMS (Flight Management System) usw. kann der Autopilot zudem auf einen vorgewählten **Kurs** eindrehen und diesen halten.

2.1.2 Zwei Achsen: Roll + Pitch

Die Pitch-Achse wird benutzt, um einen **vertikalen Flugweg** zu steuern. Das kann heissen, dass die Höhe gehalten wird, oder dass eine konstante *Sink- oder Steigrate* erreicht werden soll. Bei älteren Autopiloten (zB Altimatic IIIB bei der Piper Senecal) wird einfach ein bestimmter *Steuerausschlag* gehalten, wobei sich dann der Flugweg in Abhängigkeit der Geschwindigkeit ergibt.

Die Pitch-Achse wird in den meisten Flugzeugen über zwei unabhängige Steuer beeinflusst: über das Höhensteuer und über die Höhensteuer-Trimmung. Ebenso kann der Autopilot beide Steuer betätigen.

Für die **Höhenhaltung** gibt es verschiedene Systeme: solche, bei welchen durch Druck auf eine Taste ALT (für altitude) die aktuelle Höhe gehalten wird, solche, bei denen die aktuelle Höhe irgendwie eingegeben werden muss, und solche, bei welchen die zu erreichende Höhe vorgewählt werden kann.

Falls der Autopilot die Geschwindigkeit nicht steuern kann, muss bei der Höhenhaltung immer auch auf die Geschwindigkeit geachtet werden: falls das Flugzeug in eine Zone mit Abwind gerät, versucht der Autopilot durch vergrössern des Anstellwinkels, die Höhe zu halten. Dabei wird selbstverständlich Speed abgebaut. Dies kann soweit gehen, dass das Flugzeug in einen überzogenen Zustand gerät.

Dasselbe Problem stellt sich, wenn der Autopilot eine **konstante Steigrate** halten soll. Mit zunehmender Höhe wird der Anstellwinkel wegen der abnehmenden Leistung zunehmen, wodurch wieder ein überzogener Flugzustand eintreten kann.

Am wenigsten Probleme ergeben sich, wenn der Autopilot eine **konstante Sinkrate** halten soll. Dabei kann allerdings die Geschwindigkeit mehr zunehmen, als dies dem Piloten lieb ist.

Eine weitere Funktion der Steuerung eines vertikalen Flugweges ist die Interception eines **Gleitweges** auf einer ILS. Die meisten Autopiloten verlangen, dass das Flugzeug vor dem Abfliegen des Gleitweges eine bestimmte Zeit unterhalb des Gleitweges im Modus Höhenhaltung geflogen wird, damit die Interception korrekt funktioniert.

2.1.3 Drei Achsen: Roll + Pitch + Yaw

Die dritte Achse ist die Hochachse, angesteuert durch das Seitensteuer. Diese Achse wird in der Regel nur bei mehrmotorigen Flugzeugen vom Autopilot angesteuert. Seine Hauptfunktion ist, bei Ausfall eines Motors ein abruptes Wegdrehen vom Kurs zu verhindern. Die dritte Achse wird in der Regel separat zugeschaltet über die Funktion „Yaw-Damper“. Es gibt auch einmotorige Flugzeuge, welche um die Hochachse nicht sehr stabil sind, und zu diesem Zweck einen Yaw-Damper haben.

Der Yaw-Damper kann in der Regel unabhängig von den anderen Funktionen des Autopiloten in Betrieb genommen werden.

2.2 Ansteuerung des Flight Directors

Ein Autopilot kann in der Regel nicht nur das Flugzeug steuern, sondern auch Signale zu einem Flight-Director leiten. Mit Hilfe eines Flight Directors kann der Pilot die Steuerung des Flugzeuges so vornehmen, wie der Autopilot dies tun würde.

2.3 Steuerung der Geschwindigkeit

Bei Flugzeugen, welche über ein FMS (Flight Management System) verfügen, und bei dem die Triebwerke mit einem FADEC (Full Authority Digital Electronic Control) ausgerüstet sind, kann der Autopilot auch über die Triebwerkleistung die Geschwindigkeit steuern.

3. Wie funktioniert ein Autopilot?

3.1 Elemente eines Autopiloten

Ein Autopilot empfängt Signale von verschiedenen **Sensoren**, verarbeitet diese in einem **Computer**, und gibt diese weiter an einen **Actuator**, zB einen Servo, oder an einen Flight Director.

Am Computer befinden sich in der Regel auch **Eingabelemente** (Knöpfe, Tasten, Kippschalter usw) zur Wahl der Funktionen und Modi sowie **Anzeigen** für die gewählten Funktionen. Oft ist optional ein separates Anzeigegerät verfügbar, auf welchem zusätzliche Informationen angezeigt werden können, wie „ARM“ (armiert), „CPLD“ (gekoppelt) usw.

Ferner können weitere Elemente wie elektrische **Trimmung**, **CWS** (Control Wheel Steering), **TOGA-Knopf** (Take-Off-Go-Around), **Slave System**, usw. mit einem Autopilot verknüpft werden.

3.2 Inputs von verschiedenen Sensoren

3.2.1 Roll-Sensoren

Für die Steuerung um die Roll-Achse kommen Eingaben von folgenden Sensoren in Frage:

- Directional Gyro
- Heading Bug
- Turn Coordinator
- Attitude Indicator / Vertical Gyro
- Kreisel-Plattform
- Accelerometer
- Flight Director
- Navigationsgeräte: CDI (VOR, LOC, GPS), LORAN, OMEGA, MLS...
- andere richtungsempfindliche Sensoren
- Slave-System
- TOGA-Knopf

3.2.2 Pitch-Sensoren

Für die Steuerung um die Pitch-Achse können Eingaben von folgenden Sensoren verwendet werden:

- Höhenmesser
- separater altitude transducer
- Vertical Speed Selector
- Altitude Selector
- Attitude Indicator / Vertical Gyro
- Kreisel-Plattform
- Accelerometer
- Flight Director
- andere pitchempfindliche Sensoren
- TOGA-Knopf

3.2.3 Yaw-Sensoren

Für die Steuerung um die Yaw-Achse können Eingaben von folgenden Sensoren verwendet werden:

- Turn Coordinator (Rate Gyro)
- Attitude Indicator / Vertical Gyro
- Kreisel-Plattform
- Accelerometer
- Flight Director

3.3 Verarbeitung der Sensordaten in einem Computer

3.3.1 Roll-Computer

Der Roll-Computer verwendet die Eingaben der Roll-Sensoren und berechnet daraus die nötigen Ansteuerungen für die Roll-Servos. Welche der möglichen Eingaben verwendet werden, ist abhängig vom betreffenden Autopilot und vom gewählten Modus.

Die Roll-Servos betätigen die Querruder.

Damit der Roll-Computer einwandfrei funktionieren kann, müssen normalerweise zuerst das Seitensteuer und (wo möglich) die Querruder korrekt getrimmt sein.

3.3.1.1 Wing-Leveller

Der Roll-Computer überwacht entweder die Querlage (Attitude Indicator) oder die Winkelgeschwindigkeit um die Hochachse (Turn Coordinator).

3.3.1.2 Heading-Mode

Der Roll-Computer überwacht die Übereinstimmung von Heading-Bug und aktuellem Heading (Directional Gyro). Beim Aktivieren des Heading-Modes berechnet der Roll-Computer die Drehrichtung, um auf dem kürzesten Weg auf das gewünschte Heading zu gelangen, und limitiert dabei die Querlage resp. die Drehgeschwindigkeit um die Hochachse.

3.3.1.3 Nav-Mode

Der Roll-Computer berechnet aus dem Heading (Gyro, Heading-Bug) und dem gewünschten Kurs (CDI usw.) den Interceptionsvorgang. Dabei wird der gewünschte Kurs zunächst armiert, und wenn (bei der Annäherung an den gewünschten Kurs) eine in Abhängigkeit von der Annäherungsgeschwindigkeit definierte Abweichung vom Soll-Kurs erreicht ist, beginnt die Interception. Sobald der gewünschte Kurs erreicht ist, wechselt der Computer den Berechnungsmodus und beginnt mit Korrekturen. Dabei wird der WCA in der Regel selbständig berechnet und gehalten.

Viele Computer ändern bei diesen Vorgängen nicht nur die Berechnungsmethode, sondern auch die Regel-Empfindlichkeit. Diese beiden Vorgänge bezeichnet man als Gain-Programming.

Es gibt Computer, welche die Annäherung an ein VOR erkennen aus den zunehmend stärkeren Signalschwankungen und dabei automatisch umschalten auf den Heading-Mode, und ferner nach dem Stationsüberflug bei wiederum stabilem Signal automatisch wieder zurückschalten auf den NAV-Mode.

3.3.1.4 TOGA-Mode

Beim Betätigen des TOGA-Knopfes werden alle Roll-Modi ausgeschaltet ausser Wing-Leveller.

3.3.2 Pitch-Computer

Der Pitch-Computer verwendet die Eingaben der Pitch-Sensoren und berechnet daraus die nötigen Ansteuerungen für die Pitch-Servos. Der Pitch-Computer steuert dabei sowohl den Servo für das Höhensteuer wie auch für die Höhensteuer-Trimmung. Für eine einwandfreie Funktion dieses Modus muss zuerst der vertikale Flugweg korrekt ausgetrimmt sein.

Bei einigen Autopiloten (zB beim S-TEC55) kann diese Funktion nur in Verbindung mit dem Roll-Modus in Betrieb genommen werden!

3.3.2.1 Vertical Speed-Mode

In diesem Modus wird mit dem Vertical Speed Selector eine Steig- oder Sinkrate eingegeben. Der Autopilot steuert danach das Höhensteuer resp. die Höhensteuertrimmung so, dass die eingestellte Vertical Speed wenn möglich gehalten wird. Die Überwachung der Fluggeschwindigkeit obliegt dabei dem Piloten, welcher die Geschwindigkeit mit der Leistung regeln muss. Falls die gesetzte Leistung zum Einhalten der vertical Speed im Steigflug nicht reicht, vergrößert der Autopilot den Anstellwinkel bis zum Stall.

Der Vertical Speed-Mode ist am geeignetsten zur Steuerung eines längeren Sinkfluges.

3.3.2.2 Altitude Hold-Mode

Im Altitude Hold-Mode nimmt der Autopilot die Höheninformation von einem geeigneten Höhenmesser. Dies kann der normale Höhenmesser sein, oder ein spezieller Höhenmesser nur für den Autopilot, ohne Anzeige. Der Autopilot behält dabei die **Druckhöhe** bei. Das heisst, dass die wahre Höhe in Abhängigkeit des Luftdruckes sich ändert (vom Hoch ins Tief geht's schief!).

Beim Durchfliegen von Auf- oder Abwindzonen versucht der Autopilot die Höhe zu halten. Als Folge davon kann die Geschwindigkeit beträchtlich variieren.

Es gibt verschiedene Arten von Altitude Hold:

Im (für den Piloten) einfachsten Fall muss bei Erreichen der gewünschten Höhe die Taste ALT gedrückt werden, worauf die aktuelle Höhe gehalten wird. Voraussetzung: die Steig- oder Sinkrate ist innerhalb der Toleranzen des betreffenden Autopiloten (typisch weniger als 500 ft/min. bei Kleinflugzeugen).

Bei einem anderen System (zB beim Autopilot Altimatic III, wie er auf den Piper Seneca I oft verwendet wird) muss zuerst der Pitch-Mode gewählt sein, dann wird mit dem Pitch-Wähler die Steig- oder Sinkrate auf Null reguliert, dann muss am Höhenregler die Höhe so eingestellt werden, dass in einem kleinen Kontrollfenster eine Nadel eine horizontale Position einnimmt, und dann kann die Taste ALT gedrückt werden. Eine Feinkorrektur der Höhe ist dabei mit dem Höhenregler möglich.

Bei einem weiteren System kann die Endhöhe beliebig vorgewählt werden. Dieses System wird beschrieben unter Altitude Preselect-Mode.

3.3.2.3 Altitude Preselect-Mode

Beim Altitude Preselect-Mode kann die Höhe separat vorgewählt und die Höhenhaltung armiert werden. In Abhängigkeit von der Steig- oder Sinkrate berechnet der Computer, wieviel vor der Soll-Höhe der Abflachvorgang eingeleitet werden soll. Beim Erreichen der vorgewählten Höhe geht das Flugzeug automatisch in den Horizontalflug über und behält die gewählte Höhe bei. Auch bei diesem System ist die Voraussetzung, dass sich die Steig- oder Sinkrate innerhalb der Toleranzen des betreffenden Autopiloten befindet.

3.3.2.4 Vertical flight path, Approach Mode

Falls ein vertikaler Flugweg wie zB ein Gleitweg auf einer ILS geflogen werden soll, wird dieser Modus angewendet. Dazu muss in der Regel der Autopilot zuerst im Pitch-Modus Altitude Hold geflogen werden, und der Roll-Modus muss NAV sein. Ferner muss bei den meisten Autopiloten das Flugzeug eine bestimmte Zeit (typisch 10 bis 20 Sekunden) unter dem Gleitweg sich befinden. Dann kann der Autopilot das Gleitweg-Signal erfassen und vom Altitude Hold-Mode automatisch auf Approach-Mode wechseln. Bei entsprechend vorhandenen Anzeigen erscheint dabei zuerst APPR (für den Localizer) und dann GS (für den Gleitweg).

3.3.2.5 TOGA-Mode

Beim Betätigen des TOGA-Knopfes werden alle Pitch-Modi ausgeschaltet ausser Wing-Leveller. Das Flugzeug geht in einen vorprogrammierten Steigwinkel.

3.3.3 Yaw-Computer

Der Yaw-Computer wird gebraucht, um Bewegungen um die Hochachse des Flugzeuges zu steuern oder zu beschränken. Bei einmotorigen Flugzeugen ist die Hauptfunktion die Dämpfung von Gier-Roll-Schwingungen (Dutch Roll). Bei mehrmotorigen Flugzeugen ist die Hauptfunktion das Verhindern des Ausbrechens vom Kurs im Falle einer Motorpanne. Dieser Modus kann unabhängig von den anderen Modi in Betrieb genommen werden durch Betätigen der Taste „Yaw Damper engage“. Bei Start und Landung muss diese Funktion wie alle anderen Autopilot-Funktionen ausgeschaltet sein. Ebenso muss dieser Modus beim Rollen am Boden ausgeschaltet sein, da sonst das Rollen von Kurven durch den Autopilot verunmöglicht wird.

3.4 Ansteuerung von Actuators

Grundsätzlich werden beim Einschalten des Autopiloten auf einen bestimmten Modus die vorhandenen Servos (Elektromotor mit Rückmeldung) aktiviert, sie greifen direkt mit einer Schleifkupplung in die mechanische Steuerung ein. Dadurch erscheinen die Steuer sehr schwergängig. Falls der Autopilot nur armiert ist (Anzeige RDY = ready beim S-TEC55), sind die Servos noch nicht eingeschaltet.

3.4.1 Roll-Servos

Der Autopilot steuert die Roll-Achse, indem der Roll-Computer ein Steuersignal zu einem Roll-Servo überträgt. Der Roll-Servo greift in die Steuerung des Querruders ein. Wenn die Roll-Sensoren das Erreichen der gewünschten Querlage melden, geht der Roll-Servo in die Neutrallage zurück.

3.4.2 Pitch-Servos

Der Autopilot steuert die Pitch-Achse, indem der Pitch-Computer je nach Situation ein Steuersignal zum Pitch-Servo oder zum Pitch-Trim-Servo überträgt. Der Pitch-Servo greift direkt in die Steuerung des Höhensteuers ein, der Pitch-Trim-Servo in die Steuerung der Höhensteuer-Trimmung. Wenn die Pitch-Sensoren das Erreichen des gewünschten vertikalen Flugweges melden, geht der Pitch-Servo in die Neutrallage zurück, der Pitch-Trim-Servo steuert die Höhensteuerkräfte auf Null.

3.4.3 Yaw-Servos

Der Autopilot steuert die Yaw-Achse, indem der Yaw-Computer ein Steuersignal zu einem Yaw-Servo überträgt.

3.4.4 Flight Director

Die Anzeigen des Flight Directors werden direkt von den Computern des Autopiloten angesteuert. Damit der Flight Director etwas anzeigen kann, muss immer auch der Autopilot-Computer in Betrieb sein, und zwar in einem Roll- und einem Pitch-Mode. Die Autopilot-Servos müssen dabei nicht angesteuert sein. Man sagt dann, der Autopilot sei ausgeschaltet. Tatsächlich sind aber nur die Servos ausgeschaltet.

4. Wie bedient man einen Autopilot?

Jeder Autopilot hat eigene Bedienvorschriften und Limitierungen. Da die Autopiloten in der Regel nicht zur Standardausrüstung eines Flugzeuges gehören, findet man die Beschreibung nicht im Kapitel 7 des AFM (wo alle Standard-Ausrüstungen beschrieben sind), sondern im Kapitel 9 (Optional Equipment). Dabei muss man aufpassen: Oft werden mehrere ähnliche Systeme in verschiedenen Unter-Kapiteln beschrieben. Zudem haben die meisten Autopiloten eine ganze Anzahl von Optionen, die eingebaut sein können. Der Pilot muss sich vergewissern, dass er die Bedienungsanleitung der tatsächlich eingebauten Systeme kennt.

4.1 Am Boden

4.1.1 Selbsttest

Alle Autopiloten haben eine Stromversorgung, die oft separat eingeschaltet werden kann. Falls diese Möglichkeit nicht besteht, muss mindestens ein separater Circuit-Breaker vorhanden sein, mit dem man den Autopilot im Falle einer Fehlfunktion ausschalten kann. Jeder Autopilot sollte vor seiner Inbetriebnahme getestet werden. Die Tests sind je nach Autopilot sehr verschieden. Bei einigen Autopiloten läuft zunächst ein interner Selbsttest ab; dieser wird entweder durch das Einschalten der Autopilot-Speisung gestartet, oder es muss ein separater Knopf „Test“ gedrückt werden. Der erfolgreiche Abschluss des Selbsttests wird in der Regel mit einem Signalton angezeigt. Erst wenn der Selbsttest erfolgreich verlaufen ist, kann der Autopilot überhaupt in Betrieb genommen werden.

4.1.2 Autopilot testen

Nach erfolgreichem Selbsttest folgt meist ein separater (manueller) Test der wichtigsten Funktionen. Insbesondere soll überprüft werden, ob die Servos beim Einschalten greifen, und beim Ausschalten wieder die Steuer freigeben. Anschliessend muss sichergestellt sein, dass vor dem Start der Autopilot wieder ausgeschaltet ist, und dass die Trimmungen in den richtigen Stellungen sind.

4.2 Im Flug

4.2.1 Normale Bedienung

Vor der Inbetriebnahme des Autopiloten soll immer sichergestellt sein, dass das Flugzeug um alle Achsen korrekt getrimmt ist. Falls einzelne Funktionen separat mit mechanisch einrastenden Schaltern angewählt werden können (wie zB beim Altimatic III bei der Senecal), muss sichergestellt sein, dass alle diese Funktionen ausgeschaltet sind. Falls mit einem Drehknopf eine Querlage oder eine Steigfluglage eingestellt werden kann, muss dieser Drehknopf in Neutralstellung sein. Der Heading-Bug soll auf den aktuellen oder den gewünschten Kurs eingestellt sein.

Jetzt kann der Autopilot in der gewünschten Betriebsart eingeschaltet werden.

Einige Autopiloten können mit einem separaten Schalter „AP ON“ oder „AP ENG“ (Autopilot engage) eingeschaltet werden, bei anderen genügt es, eine bestimmte Funktion anzuwählen wie zB Heading.

Wenn ein Roll- und ein Pitch-Modus benötigt werden, soll zuerst der Roll-Modus eingeschaltet werden. Für den NAV-Modus wird zuerst der HDG-Modus angewählt, erst dann in den NAV-Modus umgeschaltet.

Für die Höhenhaltung wird bei denjenigen Autopiloten, bei welchen für den Altitude Hold-Modus nicht nur die Taste ALT gedrückt werden muss, zuerst der Modus für Vertical Speed gewählt.

4.2.2 Autopilot übersteuern

Jeder Autopilot kann im Notfall übersteuert werden! Dabei treten höhere Steuerkräfte auf als normal. Es ist aber auch wichtig zu wissen, wie man den Autopilot unverzüglich ausschalten kann, um nicht längere Zeit mit hohen Steuerdrücken operieren zu müssen. Dazu ist die Kenntnis der verfügbaren Schalter und Circuit Breakers unumgänglich.

4.2.3 Autopilot ausschalten, elektrische Trimmung

Der Autopilot kann in der Regel mit einem Knopf „AP DISC“ (Autopilot disconnect) sofort ausgeschaltet werden. Mit dem gleichen Knopf kann in der Regel auch die elektrische Trimmung unterbrochen werden. Bei den meisten Autopiloten führt auch die manuelle Betätigung der elektrischen Trimmung zum Abschalten des Autopiloten. Aus diesem Grund ist bei den meisten Flugzeugen mit Autopilot der Trimmknopf so ausgeführt, dass die Trimmung nicht unabsichtlich betätigt werden kann: entweder ist der Trimmknopf zweigeteilt, und es müssen beide Teile gleichzeitig betätigt werden, oder der Trimmknopf muss zuerst gedrückt und dann in die gewünschte Richtung betätigt werden.

4.2.4 Funktion CWS

CWS bedeutet Control Wheel Steering. Diese Funktion ist nicht bei allen Autopiloten gleich!

Bei allen mir bekannten Autopiloten kann während dem Druck auf diesen Knopf das Flugzeug manuell gesteuert werden, unabhängig davon, ob der Autopilot ein- oder ausgeschaltet war.

Bei vielen Autopiloten bedeutet CWS, dass bei eingeschaltetem Autopilot der Pilot manuell eine Korrektur an Heading, Höhe oder Speed vornehmen kann, und der Autopilot nach Loslassen dieses Knopfes wieder die ursprünglichen Funktionen befolgt. Je nach Autopilot kann mit der Funktion CWS die Höhe nur vorübergehend geändert werden, dh der Autopilot nimmt nach dem Loslassen des Knopfes CWS wieder die ursprüngliche Höhe ein, oder die Höhe kann mit dieser Funktion fein korrigiert werden (dies ist der häufigere Fall).

Beim Autopilot S-TEC 55 hat dieser Knopf noch eine ganz andere Funktion:

Durch jedes Drücken auf diesen Knopf wird der Autopilot im Roll- und Pitch-Mode eingeschaltet! Allenfalls programmierte Modi werden ausgeschaltet!

4.2.5 Funktion Flight Director

Wo ein Flight Director vorhanden ist, kann er wahlweise benützt werden, um dem Piloten die Aktionen des Autopiloten anzuzeigen

dem Piloten anzuzeigen, wie der das Flugzeug gemäss Computer des Autopiloten steuern muss

5. Was kann ein Autopilot nicht?

Der Autopilot kann nur Befehle ausführen, die ihm entweder vom Piloten oder vom FMS (oder in Zukunft vom Boden via Datenlink) eingegeben wurden. Insbesondere kann der Autopilot nicht selbständig navigieren.

Ebensowenig kann der Autopilot bisher selber das Fahrwerk ein- oder ausfahren oder die Klappen bedienen.

Ein Autopilot für Kategorie III - Landungen kann allerdings selbständig flaren (Kat IIIa), aufsetzen und auf der Piste die Geschwindigkeit bis auf Roll-Geschwindigkeit reduzieren (Kat IIIb). Die Kategorie IIIc existiert noch nirgends; sie beinhaltet automatische Führung des Flugzeuges bis mindestens zum Verlassen der Piste, eventuell sogar bis zum Abstellplatz.

2. Teil: Autopilot S-TEC System 55

1. Grundlagen

Manual des Herstellers: Aufbau, Bedienung
AFM, Section 9: Einsatz, Limitations, Checks

2. Elemente

Der Autopilot S-TEC System 55 steuert 2 Achsen und hat eine 3-stufige Verstärkungsprogrammierung (Gain Programming). Alle Autopiloten der SMG haben zudem die Funktion **Autotrim** eingebaut. Ferner sind sie auf GPS aufschaltbar.

Folgende Verstärkungen sind programmiert:

Stufe 1 entsprechend 90% eines Standard Turn beim Einschalten

Stufe 2 entsprechend 45% eines Standard Turn ca. nach 15 sec nach Zentrierung der CDI-Nadel im NAV-Mode

Stufe 3 entsprechend 10% eines Standard Turn ca. nach weiteren 60 sec.

PS: Ein Standard Turn entspricht einer Drehrate von einem Vollkreis in 2 Minuten, dh 3°/sec.

Bei allen Flugzeugen der SMG ist der Autopilot erst betriebsbereit, wenn die folgenden vier Schalter eingeschaltet sind:

Battery Master
AP Master
TRIM Master
Radio Master

Bei den Flugzeugen der SMG sind folgende Elemente im Zusammenhang mit dem Autopilot vorhanden:

3. Bedienung

Für die Bedienung ist das AFM sowie das Manual des Autopiloten massgebend

3.1 Inbetriebnahme

Damit der Autopilot in Betrieb genommen werden kann, müssen die folgenden vier Schalter eingeschaltet sein:

Battery Master
AP Master
TRIM Master
Radio Master

3.1.1 Selbsttest

Beim Einschalten der Stromversorgung führt der Autopilot sofort einen Selbsttest durch dabei werden während 5 Sekunden alle Segmente der Autopiloten-Anzeige angezeigt. Anschliessend tritt einer der folgenden Fälle ein:

Anzeige RDY (ready) erscheint: Der Selbsttest war erfolgreich, der Autopilot ist betriebsbereit

Anzeig FAIL erscheint: Der Selbsttest ist fehlgeschlagen, der Autopilot kann nicht benützt werden.

Keine Anzeige erscheint: Die Drehzahl des Turn-Coordinators ist zu niedrig, der Autopilot kann nicht benützt werden. In diesem Falle empfiehlt es sich, zuerst den Motor anzulassen und nachher nochmals den Selbsttest zu absolvieren.

3.1.2 Preflight Test

3.1.2.1 Test der manuellen **elektrischen** Trimmung

Während der Aircraft Preparation ist dieser Test durchzuführen:

RADIO MASTER-, AP- und TRIM-switch ON

Beide Trim-Knöpfe auf DN, das Trimrad muss in Richtung Nose DN drehen

Beide Trim-Knöpfe auf UP, das Trimrad muss in Richtung Nose UP drehen

Beide Trim-Knöpfe auf UP oder DN. Die elektrische Trimmung muss bei Betätigen der Handtrimmung stoppen.

Beide Trim-Knöpfe einzeln drücken, die elektrische Trimmung darf nur bei Drücken beider Knöpfe funktionieren während der elektrischen Trimmung den TRIM INTR Switch drücken, die elektrische Trimmung darf erst beim Loslassen wieder funktionieren

Anschliessend muss der Test für die **automatische** Trimmung durchgeführt werden wie folgt:

Taste CWS drücken: Autopilot wird eingeschaltet, in der Anzeige erscheint CWS und VS

Steuerhorn leicht nach vorne drücken, nach ca. 3 Sekunden muss die Trimmung Richtung Nose UP laufen, TRIM * wird angezeigt

Steuerhorn leicht nach hinten ziehen, nach ca. 3 Sekunden muss die Trimmung Richtung Nose DN laufen, TRIM * wird angezeigt

Trimmung UP oder DN betätigen: AP schaltet aus

AP wieder einschalten durch Drücken von CWS; beim Drücken des TRIM INTR switch muss der AP ausschalten AP einschalten durch Drücken auf HDG, Trimmung UP oder DN betätigen: AP bleibt eingeschaltet.

Anschliessend wieder AP DISC betätigen.

Flugzeug für Start trimmen, prüfen, ob die Steuer frei sind

3.2 Normale Betriebsarten

Die beiden Grund-Betriebsarten sind CWS-Mode (2 Achsen) und Heading-Mode (1 Achse)

3.2.1 CWS-Mode

Durch Drücken auf den Knopf CWS wird der Autopilot **sofort** eingeschaltet. Dabei werden die **momentane** Pitch- und die Roll-Attitude beibehalten; allerdings wird die Roll-Attitude notfalls beschränkt, so dass eine maximale Drehrate von 90% eines Standard Turns resultiert.

Der CWS-Mode wird vor allem benutzt, um sehr schnell den Autopilot einzuschalten. Insbesondere ist er nützlich, wenn der Pilot schnell freie Kapazität braucht, oder bei Orientierungsverlust (Einflug in Dunst, schlechte Sicht bei Regen, Schnee usw.)

Die Roll-Attitude kann nur geändert werden durch erneutes Drücken des CWS-Knopfes, oder durch Anwahl eines anderen Roll-Modus (HDG, NAV usw.). Der CWS-Modus kann benutzt werden als Ausgangslage zur Programmierung aller anderen Modi.

3.2.2 Heading-Mode

Der Heading-Mode ist der am meisten benützte Modus. Dabei hält das Flugzeug ein vorbestimmtes Heading, welches mit dem Heading-Bug gewählt wird. Falls beim Aktivieren des Heading-Modus das aktuelle Heading nicht mit dem HDG-Bug übereinstimmt, dreht der Autopilot auf dem kürzesten Weg mit einer Drehrate von 90% eines Standard Turns auf das gewählte Heading. Der Pilot muss dabei den Flugweg dauernd überwachen und speziell den WCA selber berücksichtigen.

3.3 NAV-Mode

Die komfortabelste Betriebsart ist der NAV-Mode. Dabei folgt der Autopilot einem durch Radionavigation vorgegebenen Flugweg. Bei Einsatz eines **VOR** kann der Autopilot selbständig eine Standlinie interceptieren und ihr folgen. Bei Einsatz eines **GPS** kann ein kompletter Flugweg vorprogrammiert und vollautomatisch abgeflogen werden.

Um eine **Standlinie** anzufliegen, muss sowohl am Nav-Gerät (VOR, GPS) wie auch am HDG-Bug derselbe Kurs eingestellt werden. Der Autopilot berechnet das Intercept-Heading selbständig, und zwar wählt er automatisch ein Intercept-Heading von 45°, sofern die Deviation Bar full deflection hat. Bei der Annäherung an den gewünschten Kurs dreht der Autopilot auf den requested Track ein, je nach Distanz zwischen 100% und 20% deviation. Dabei bleibt der Autopilot auf der höchsten Empfindlichkeitsstufe und erfliert gleichzeitig den WCA. Sobald der gewünschte Track erreicht ist, dh die CDI-Nadel zentriert ist, beginnt der Autopilot mit dem Ermitteln des WCA. Dies dauert ca. 15 sec. Anschliessend wechselt die Empfindlichkeit auf Stufe 2. Nach weiteren ca. 60 Sekunden reduziert der Autopilot die Empfindlichkeit auf Stufe 3, um bei der Annäherung an eine Station einen möglichst ruhigen Flugweg zu erreichen.

Der Autopilot beinhaltet eine Monitor-Funktion. Falls die CDI-Nadel mehr als 50% Ablenkung erreicht, beginnt die Anzeige NAV zu blinken. Falls diese Ablenkung während mehr als 1,5 Minuten bestehen bleibt, schaltet der Autopilot auf Verstärkung Stufe 2 zurück, um den Kurs wieder zu erlangen.

Wählbarer Intercept-Winkel: Falls der Pilot einen anderen (kleineren) Intercept-Winkel wünscht, kann er den HDG-Bug auf das gewünschte Intercept-Heading und den OBS auf den gewünschten Track stellen. Sodann müssen die Tasten HDG und NAV gleichzeitig gedrückt werden, die Anzeige HDG und NAV müssen beide anzeigen. Sobald der Autopilot die Annäherung an den gewünschten Track feststellt, beginnt er einzudrehen und die Anzeige HDG erlischt. Zu diesem Zeitpunkt muss der HDG-Bug auf den Kurs eingedreht werden, damit der Autopilot den WCA erfiegen kann.

3.4 Vertical Speed Mode

Damit dieser Mode gewählt werden kann, muss ein Roll-Mode aktiviert sein. Dann kann mit dem Drehknopf VS die gewünschte Steig- oder Sinkrate in Schritten von 100 ft/min eingestellt werden.

3.5 Altitude Hold Mode

Damit dieser Mode gewählt werden kann, muss ein Roll-Mode aktiviert sein. Dann kann durch Drücken der Taste ALT die aktuelle Druckhöhe beibehalten werden. Allerdings sollte das Flugzeug in diesem Moment nicht im Steig- oder Sinkflug sein, da sonst die Höhe nicht korrekt erfolgen wird.

Falls eine Höhenkorrektur notwendig wird, kann diese mit dem Knopf VS in Schritten von ± 20 ft erfolgen, bis zu einer Limite von ± 360 ft. Falls die Abweichung grösser ist, muss zuerst in den Modus VS gewechselt werden, und sobald die neue Höhe erreicht ist, kann wieder ALT gedrückt werden.

3.6 Übersteuern

Der Autopilot kann ohne Schaden übersteuert werden, falls notwendig. Am einfachsten ist es jedoch, im Fehlerfall mit der Taste **AP DISC** (autopilot disconnect) den Autopiloten auszuschalten. Falls dies nichts nützt, kann der Hauptschalter des Autopiloten ausgeschaltet werden.

Falls nur der Altitude-Mode Probleme bereitet, genügt es eventuell, die elektrische Trimmung auszuschalten.

4. Einschränkungen / Bemerkungen

Speed Limitations: Archer max 140 KIAS
Arrow max 160 KIAS

Vertical Speed: funktioniert nur, wenn auch ein Roll-Mode gewählt wurde
einstellbar in Schritten von ± 100 ft/min
limitiert auf max. ± 1600 ft/min
falls Anzeige VS blinkt, ist dies eine Anzeige von zu grosser Abweichung zwischen gewählter und tatsächlicher vertical speed. Dies tritt vor allem beim Steigflug auf. In diesem Fall muss entweder die Leistung nachgeregelt oder die eingestellte vertical speed verändert werden.

Altitude hold: die gewählte Höhe kann in Schritten von ± 20 ft verstellt werden, bis zu einem maximalen Wert von ± 360 ft. Falls die benötigte Höhenänderung grösser ist, muss der Mode VS gewählt werden, bis die gewünschte Höhe erreicht ist, anschliessend wieder ALT drücken.

Konfiguration: Der Autopilot darf nicht gebraucht werden bei Klappenstellung von mehr als 10°

Flugphase: Der Autopilot darf nicht gebraucht werden bei Start, Landung oder go around

[Verzeichnis Dokumente](#)
[home](#)