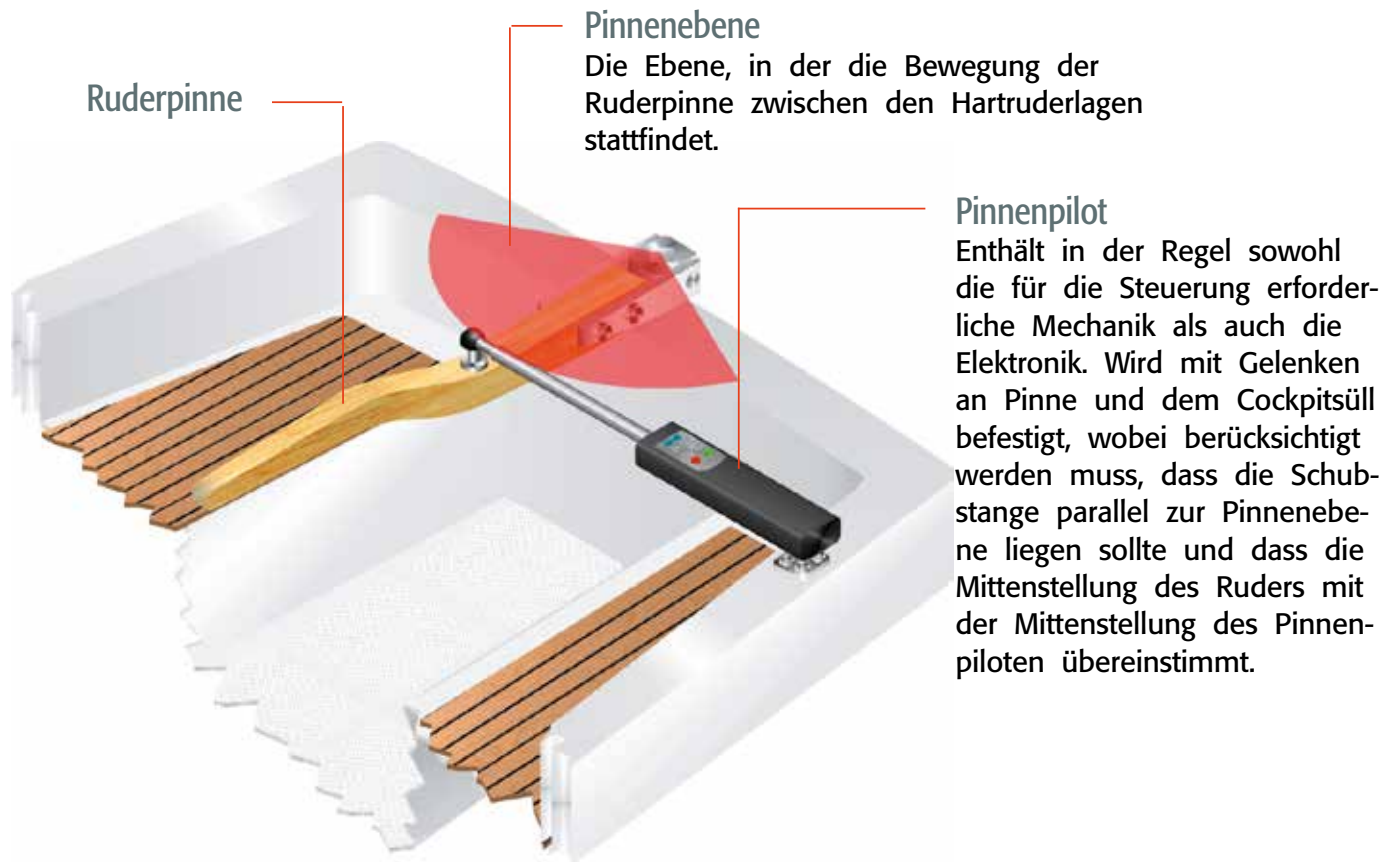


Autopiloten

Übersicht

Pinnenpiloten



Radpiloten



Mechanische Unter-Deck-Anlagen

GPS

Ist in der Regel mittels einer entsprechenden NMEA- oder SeaTalk-Verbindung an den Autopiloten angeschlossen. Mit den meisten Autopiloten kann so eine automatische Wegepunktnavigation durchgeführt werden.

Kompass

Fast alle Autopiloten sind mit einem eigenen elektronischen Fluxgate-Kompass ausgestattet, der dem Rechner den Ist-Kurs mitteilt.

Joystick

Dieser kann in einigen Anlagen, vor allem auf Motoryachten, das Steuerrad ersetzen.

Windstärke- und richtung

Diese Daten, ebenfalls in NMEA-Form, können von vielen Autopiloten in die Steuerung mit einbezogen werden. So kann der Autopilot mit einer den Windfahnensteuerungen ähnlichen Charakteristik arbeiten.

Steuereinheit

Hier werden die Daten der einzelnen Geber und des Bedienteils zu einem Ruderwinkel verarbeitet, der zur Steuerung des Ruderantrieb dient.

Fernbedienung

In älteren Anlagen – falls vorhanden – oft noch mit Kabelanschluss.

Bedienteil

Ruderlagegeber

Ruderantrieb

Dieses Element sorgt dafür, dass die Signale des Autopiloten in die entsprechenden Ruderbewegungen umgesetzt werden. Zur Auswahl stehen hier Linear- und Radialantriebe, die entweder direkt auf das Ruder oder auf die Übertragung zwischen Steuerrad und Ruder einwirken.

Anmerkung:

Die hier dargestellte Anlage zeigt die wesentlichen Elemente, die mit einem Autopiloten zusammen arbeiten können. In vielen kleineren Anlagen sind die hier als separate Einheiten gezeigten Komponenten bereits in dem Autopiloten enthalten (zum Beispiel der Kompass) oder können nicht angeschlossen werden (zum Beispiel der Joystick).

Autopiloten

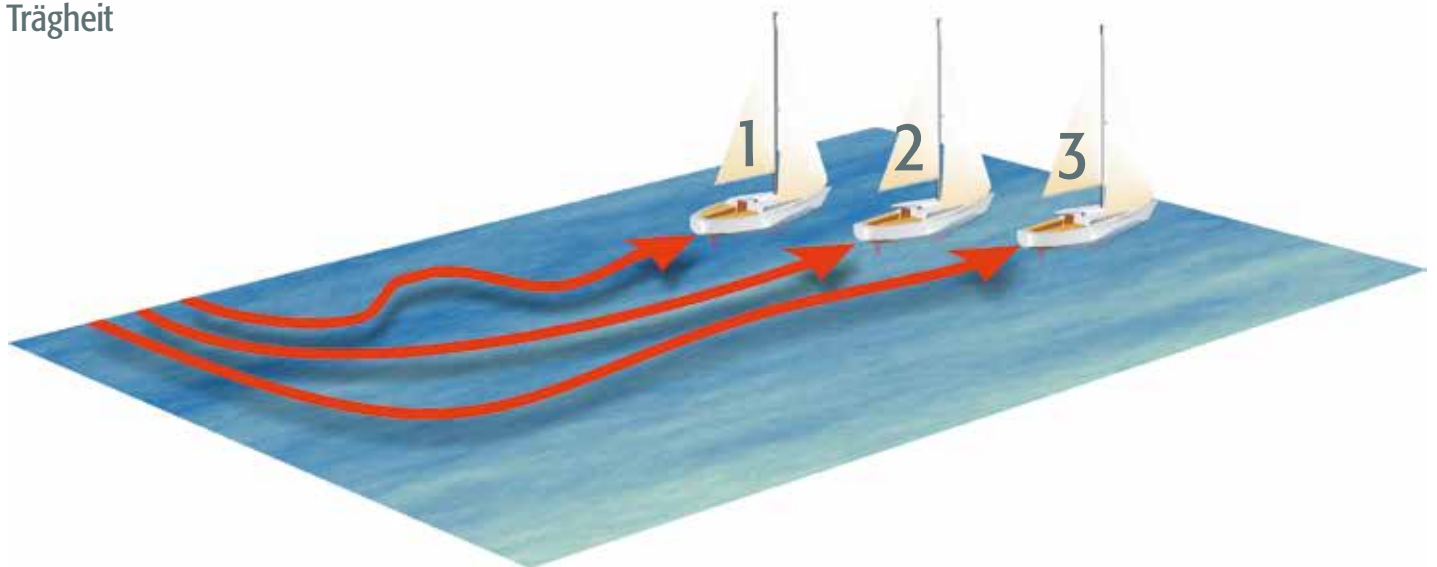
Im Wesentlichen lassen sich Autopiloten in drei Gruppen einteilen: Pinnenpiloten, die direkt zwischen Cockpitsüll und Ruderpinne montiert werden, Radpiloten, bei denen ein Elektromotor über eine Verzahnung oder einen Treibriemen direkt auf das Steuerrad wirkt, und Autopiloten, bei denen das Bedien- und Steuergerät separate Ruderbetätigungen steuert, die irgendwo in der Ruderübertragung zwischen Steuerrad und Ruderschaft angeordnet werden. Alle Autopiloten steuern ähnlich wie menschliche Rudergänger: Sie arbeiten gut und zuverlässig auf einem gut getrimmten Schiff, dessen Ruderdruck minimal ist. Schlechter Trimm oder Schiffe, die allgemein nicht gut auf dem Ruder liegen, ermüden den Menschen und führen bei Autopiloten zu vorzeitigem Verschleiß.

Vor allem Pinnenpiloten müssen strikt nach den Angaben der Hersteller montiert werden, da, abgesehen von möglichen mechanischen Störungen, unter anderem die Funktion des integrierten Kompasses nicht gewährleistet ist. Ähnliches gilt für Linearantriebe, sowohl elektrischer als auch hydraulischer Natur, deren einwandfreie Funktion direkt von der Einbau-geometrie bestimmt wird.

Enthalten die Bedienteile den Kompassgeber (was bei den meisten Pinnen- und Radpiloten der Fall ist), müssen diese in ausreichender Entfernung von elektrischen Störquellen montiert werden. Oder umgekehrt.

Leicht zu demontierende Teile, zum Beispiel Pinnenpiloten und Antriebe von Radpiloten, finden oft Liebhaber und sollten daher bei Verlassen des Schiffes ins Schiffsinere gebracht werden.

Trägheit



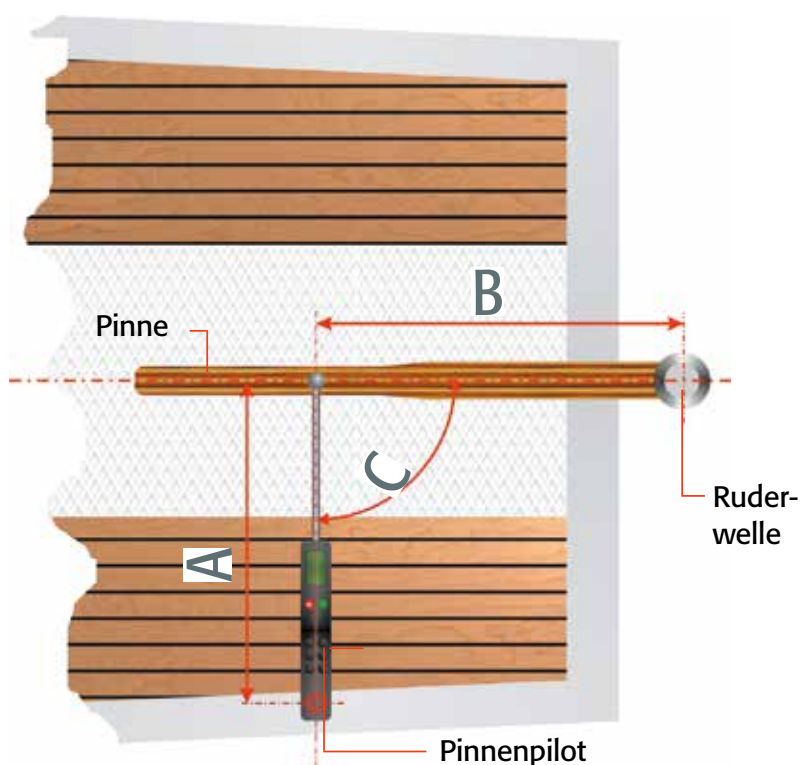
Autopiloten sind, wie alle anderen Regelsysteme auch, mit einer gewissen Trägheit behaftet. Bei vielen Systemen kann diese an das Steuerverhalten des Schiffes angepasst werden, sodass die Kurskorrekturen weder zu hastig noch zu langsam erfolgen. Die hier dargestellten Schiffe sollen eine Kursänderung um etwa 90 Grad ausführen. Schiff 1 läuft zu hastig. Die Kursänderung führt zu einem Überhang, der um über fünf Grad über den Sollkurs hinauschießt und sich anschließend nach einigem Hin und Her auspendelt. Bei Schiff 2 erfolgt die Kursänderung zu langsam. Hier gibt es zwar kein Überschießen, das Kurshalten erfolgt jedoch träge und mit relativ großen Abweichungen. Schiff 3 reagiert korrekt. Nachdem die Kursänderung eingeleitet ist, schießt das Schiff nur um wenige Grad über den neuen Kurs hinaus und stabilisiert sich dann ohne weitere Schlenker.

Pinnenpiloten

Pinnenpiloten gibt es, wie der Name schon sagt, für Boote mit Pinnensteuerung bis zu einer Länge von 12 Metern und/oder einer Verdrängung von bis zu sechs Tonnen. Rechnet man die Herstellerangaben, die im Original in Füßen und Pfunden vorliegen, exakt um, kann noch ein wenig mehr daraus werden. Interessanterweise scheinen die Hersteller bei der Bemessung der Antriebe den wesentlichen Punkt, der die eigentliche Belastung des Autopiloten darstellt, vollkommen zu ignorieren: das Drehmoment, beziehungsweise die Kraft, mit der die Pinne gedreht (oder gehalten) werden muss. Diese wird nur sehr indirekt von der Länge oder der Verdrängung des Schiffes bestimmt, sondern hängt letztlich von der effektiven Fläche des Ruderblatts und der Geschwindigkeit des Bootes ab. Hinzu kommt, dass von den Herstellern offenbar bevorzugt Leichtbauten berücksichtigt wurden. So ordnet ein führender Hersteller von Autopiloten in den Tabellen, die bei der Auswahl des passenden Pinnenpiloten helfen sollen, einer Bootslänge über Alles von 10 Metern die Verdrängung von 3.000 Kilogramm zu. Abgesehen davon, dass es wahrscheinlich keine Fahrtenyacht gibt, die bei 10 Metern Länge voll ausgerüstet (darauf wird explizit verwiesen) nur drei Tonnen wiegt (abgesehen vielleicht von dem einen oder anderen Mehrkörper), führt diese unrealistische Einteilung zu einer systematischen Unterdimensionierung der Piloten. Geht man davon aus, dass die Längen in der Regel überbewertet werden, bleiben die Gewichte als Auswahlkriterium.

Mit anderen Worten: Betrachtet man die angegebenen Längen als den Auswuchs einer Marketingstrategie, sollte man sie ignorieren und sich ganz auf die Gewichte konzentrieren und auch diese als absolute Maxima ansehen.

Pinnenpilot-Montage



Für eine einwandfreie Funktion des Pinnenpiloten müssen bei der Montage einige Punkte beachtet werden. Das Maß A ergibt sich aus der Baulänge des Pinnenpiloten und muss so gewählt werden, dass die Schubstange des Pinnenpiloten in Mittenstellung genau der Mittenstellung des Ruders entspricht. Das Maß B bestimmt die Trägheit und den maximalen Ruderwinkel und wird in der Regel vom Hersteller vorgegeben. Der Winkel C muss in Mittenstellung des Ruders genau 90 Grad betragen.

Autopiloten

In den Katalogvorgaben der Hersteller für die Dimensionierung der Pinnenpiloten liegt nach Ansicht vieler Experten die Ursache für den nach wie vor schlechten Ruf vieler dieser Geräte unter Langzeitseglern. Oft werden die Pinnenpiloten eher nach dem Geldbeutel als nach den tatsächlichen Anforderungen ausgewählt, mit anderen Worten, es wird der Pinnenpilot gewählt, der für das (oft schön geschätzte) Bootsgewicht gerade noch ausreicht. Geht man hier blauäugig nach der Länge, um so schlimmer. Folge: Die kleinen Motoren mit den teilweise nicht auf Langlebigkeit ausgelegten Mechaniken werden bei der ersten holprigen Etappe mit nachlaufender See hoffnungslos überlastet und geben nach wenigen hundert Meilen ihren Geist auf.

Irgendeine böse Zunge unter den Langfahrtseglern prägte denn auch den Spruch, dass man einen Pinnenpiloten nur dann installieren sollte, wenn man entweder - mindestens - einen zweiten als Reserve mitführt oder eine funktionierende Windfahnensteuerung am Heck hat. Oder wenn man gerne Ruder geht.

Fazit: Wenn schon Pinnenpilot, dann überdimensioniert, und wenn man gar auf Langfahrt gehen will, sollte man den mit der längsten Garantiezeit wählen. Oder eine Anlage, die sich komplett unter Deck befindet, was bei den meisten Booten mit Pinnensteuerung jedoch technisch sehr schwierig sein dürfte.

Bei der Montage, die von den Herstellern als kinderleicht dargestellt wird, gibt es einige kritische Maße zu beachten. Dazu gehört der Abstand des Pinnenpilotkopfes von der Ruderachse, die Rechtwinkligkeit des Pinnenpiloten zur Schiffslängsachse in Rudermittenstellung, und der Abstand des cockpitseitigen Befestigungspunktes von der Mittenstellung der Pinne. Werden hier Abweichungen vorgenommen, hat dies folgende Konsequenzen: Wenn der Abstand des

Radpiloten



Radpiloten bestanden ursprünglich aus drei Einheiten, die erst vor Ort zusammenmontiert wurden (links): dem Antriebsmotor, einem Treibriemen und einem Zahnkranz. Der Zahnkranz wurde auf die Speichen des Steuerrads geklemmt, der Motor an einer geeigneten Stelle genau parallel zur Steuerradachse in einem zum Treibriemen passenden Abstand montiert und beides mit dem Treibriemen verbunden. Modernere Anlagen (rechts) verzichten auf den Treibriemen und werden als kompakte Einheit direkt an Steuerrad und -säule montiert. Hier greift das Ritzel des Motors direkt in den Zahnkranz auf dem Steuerrad.

Pinnenpilotkopfes in Richtung Ruderachse wandert, werden die Ruderausschläge bei gleichem Weg der Pinnenpilotschubstange größer. Dadurch wird das Ruderverhalten des Pinnenpiloten hektischer und das Moment, das auf den Piloten wirkt (und den Verschleiß bestimmt), entsprechend größer. Ist der Kopf weiter vorne montiert, werden die Ruderausschläge kleiner, das Schiff reagiert träger, und die Kraft und der Verschleiß werden kleiner.

Dass der Pinnenpilot genau rechtwinklig zur Schiffslängsachse eingebaut werden muss, liegt einerseits daran, dass nur so eine mechanische Symmetrie erreicht werden kann, die unabdingbar für die einwandfreie Funktion des Piloten ist, andererseits jedoch auch daran, dass der Pinnenpilot in der Regel gleichzeitig das Gehäuse des Kompasses darstellt, der dem Piloten sagt, wo er hinzusteuern hat. Ist dieser mit seiner Hauptachse nicht genau in der Kiellinie angebracht, führt dies zu einer dauernden Verwirrung des armen Kursrechners. Ein vergleichbarer Effekt ließe sich damit erzielen, den Steuerkompass in der Steuersäule um ein paar Grad zu verdrehen, ohne dies dem Rudergänger mitzuteilen.

Der Abstand der cockpitseitigen Befestigung des Pinnenpiloten von der Ruderpinne ist mehr oder weniger bauartbedingt und so gewählt, dass der Pilot die Pinne bei Mittenstellung der Pilotenschubstange in der Mittenstellung des Ruders hält. Klingt kompliziert, ist aber einfach. Die Umsetzung dieser Forderung ist oft nicht so einfach, da Segelyachten nicht mit standardisierten Cockpitbreiten kommen. Zur Not muss die Schubstange des Piloten verlängert werden, was von den Herstellern nicht gerne gesehen wird. Die Verlängerung sollte jedoch 20 Zentimeter nicht überschreiten, da ansonsten die oft ohnehin nicht gerade überdimensionierten Schubstangenantriebe überlastet werden.

Eine Steckdose für die Stromversorgung des Pinnenpiloten muss in der Nähe des Montageortes vorhanden sein, und sollen GPS und gegebenenfalls Windmesser angeschlossen werden, sind auch deren Kabel zu verlegen.

Radpiloten

Reine Radpiloten, das heißt, Einheiten, die komplett auf das Steuerrad gesetzt werden, gibt es für Schiffe bis etwa 8,5 Tonnen Verdrängung. Hier gelten die gleichen Kriterien wie bei den Pinnenpiloten: Bei der Auswahl sollten die von den Herstellern angegebenen Richtwerte als absolute Maxima unter Einbeziehung aller zusätzlicher Gewichte wie Besatzung, Proviant und Tankinhalte angesehen werden.

Die weit verbreiteten Anlagen dieser Art, bei denen ein auf dem Steuerrad montierter Zahnkranz über einen Zahnriemen von einem separat im Cockpit montierten Motor angetrieben wurde, wird nach und nach durch elegant konzipierte Radpiloten ersetzt, die als kompakte Einheit an der Steuersäule montiert werden. Diese modernen Konstruktionen funktionieren praktisch an allen Arten der Ruderübertragung, also an Ketten-, Seilzug- und Schubstangenübertragung zwischen Steuerad und Ruderschaft. Mit einer Ausnahme: Zeigt die Achse des Steuerades nach vorne (wie in einigen klassischen Yachten aus den ersten Jahrzehnten des letzten Jahrhunderts), kann nur eine Anlage mit Zahnriemen verwendet werden. Hier kann der Motor einfach umgedreht angebaut werden, sodass die gegensinnige Drehrichtung des Steuerrades wieder ausgeglichen wird.

Während die Montage der älteren, zahnriemengetriebenen Anlagen noch verhältnismäßig aufwändig ist (der Zahnkranz muss genau zentrisch auf dem Steuerrad montiert werden, der Motor muss im richtigen Abstand vom Zahnkranz entweder auf dem Cockpitboden oder einem Sitz angebracht werden, die Bedieneinheit und manchmal der Kompass müssen

Autopiloten

installiert und angeschlossen werden), ist die Montage der neueren Ausführungen tatsächlich kinderleicht. Bei einer Konstruktion muss der Befestigungsring lediglich in eine Speiche des Steuerrades eingehängt werden. Das Gehäuse des Motors bildet gleichzeitig die Konsole für die Bedieneinheit, wodurch die notwendige Verkabelung auf ein Minimum beschränkt ist. Montagezeiten von einer Stunde sind daher durchaus glaubhaft, wenn sie auch wahrscheinlich nicht die Zeit enthalten, die für die Suche nach Werkzeug aufgebracht wird.

Unter-Deck-Anlagen

In Bezug auf Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit liegen Welten zwischen den meisten Rad- und Pinnenpiloten einerseits und den Anlagen, bei denen die mechanischen Komponenten unter Deck untergebracht sind. Hier sind Bedienteil und Ruderbetätigung getrennt, und bei den meisten Anlagen ist eine weitgehende Vernetzung mit dem Rest der Navigationselektronik mittels NMEA vorgesehen. Oft können die Anlagen mit einer Fernbedienung gesteuert werden, sodass Kursänderungen oder Person-über-Bord-Manöver von jedem Teil des Schiffes aus eingeleitet werden können. In vielen dieser Autopiloten kann das Ruder direkt mit einem kleinen Stellrad oder einem Joystick bedient werden, sodass das Steuerrad fast überflüssig wird. Interessant wird das Ganze, wenn man durch geschickte Auswahl der Komponenten eine zweite, unabhängige, Ruderanlage schafft, mit der das Schiff bei Ausfall der Hauptruderübertragung gesteuert werden kann.

Im Gegensatz zu Rad- und Pinnenpiloten muss man sich hier wesentlich intensiver mit der Materie der Kraftübertragung auf das Ruder auseinandersetzen. Die elektronische Seite, das „Gehirn“ der Anlage, ist auch hier eher eine Frage des persönlichen Geschmacks, im Grunde gilt, dass man für dasselbe Geld auch dieselben elektronischen Möglichkeiten der unterschiedlichen Hersteller erhält.

Alle diese Anlagen arbeiten mit einer Ruderbetätigung, die direkt auf die Ruderwelle wirkt. Ausnahme: Ist die Hauptruderanlage eine Hydrauliksteuerung, wird an irgendeiner Stelle des Hydraulikkreislaufs eine zusätzliche Pumpe eingefügt. Die Leistung der Pumpe, deren Drehrichtung bei kleineren und mittleren Schiffsgrößen in der Regel umkehrbar ist (womit die Richtung des Ruderausschlags bestimmt wird), wird von der Größe des Steuerzylinders bestimmt. Bis in den Megayachtbereich werden hier Pumpen verwendet, die nur dann laufen, wenn eine Ruderbewegung erforderlich ist. Diese Pumpen werden von einem Elektromotor angetrieben, dessen Stromverbrauch sich aufgrund der effektiven Umwandlung in der Hydraulik in verhältnismäßig günstigen Bereichen bewegt. In größeren Yachten, die über eine ständige Stromversorgung verfügen, werden jedoch meistens Pumpen eingesetzt, die ständig laufen und deren Drehrichtung nicht umkehrbar ist. Hier erfolgt die Steuerung des Ruderausschlags über Ventileinheiten, die den permanent vorhandenen Pumpendruck auf den jeweils benötigten Anschluss am Ruderplunger schalten.

Die Montage dieser Einheiten ist, im Vergleich zu dem bei mechanischen Ruderanlagen erforderlichen Aufwand, gering. Es müssen lediglich die zwei (oder drei) vorhandenen Leitungen (Vorlauf, Rücklauf und eventuell die Ausgleichsleitung) zwischen dem Steuerstand und dem Ruderzylinder an einer geeigneten Stelle aufgetrennt und die zusätzliche Pumpe mit T-Stücken angeschlossen werden.

Für mechanische Ruderanlagen stehen Linearantriebe (elektrisch oder hydraulisch) und Radialantriebe (hier wird eine Drehbewegung mittels Kette auf den Quadranten übertragen) zur Verfügung. Am weitesten verbreitet sind die elektrischen Linearantriebe, in denen eine

Schubstange direkt von einem Elektromotor angetrieben wird, die mit dem Quadranten oder der Pinne verbunden ist. Meist wird zu diesem Zweck eine zusätzliche Pinne auf dem Ruderschaft angebracht, damit der Antrieb leichter und präziser montiert werden kann. Der größte Aufwand wird jedoch dadurch verursacht, dass eine stabile Lagerung für die Linearantriebe im Rumpf geschaffen werden muss. Diese schiffbauliche Arbeit ist auch der Grund dafür, dass hier kaum Informationen für den potentiellen Selbsteinbauer zur Verfügung stehen und dass der Einbau dieser Anlage zur Werftsache wird. Das Gleiche gilt natürlich auch für die Anlagen mit Radialantrieb, die in etwa für die gleichen Rudermomente ausgelegt werden (interessanterweise werden diese Anlagen nach Drehmoment eingeteilt), dessen Grenze bei etwa 1.700 Newtonmeter liegt. Die entsprechende Schiffgröße liegt bei etwa 20 Tonnen. Will man noch höher hinaus, kann man elektrohydraulische Linearantriebe verwenden. Diese bestehen aus einer Hydraulikpumpe, die, von einem Elektromotor angetrieben, einen eigenen Hydraulikplunger versorgt. Dieser Plunger wirkt, meistens mit einer eigenen Pinne, direkt auf den Ruderschaft und kann Drehmomente bis zu 3.600 Newtonmeter erzeugen. Der Einsatzbereich dieser Antriebe reicht bis zu einer Verdrängung von 35 Tonnen. Das eigentlich Interessante an diesen Linear- und Radialantrieben ist, dass mit ihnen eine von der Hauptruderanlage vollkommen unabhängige Steuerung aufgebaut werden kann. Solange das Ruder selber intakt bleibt, kann das Schiff damit sicher manövriert werden, vorausgesetzt, die entsprechenden Steuerelemente sind in den Bedienteilen vorhanden.

Autopiloten

? Im Grunde bin ich sehr zufrieden mit meinem Pinnenpilot, den ich seit drei Jahren auf meinem Segelboot einsetze, mit Ausnahme eines Problems, das bereits im ersten Jahr auftrat, aber sich immer wieder selbst korrigierte: In unregelmäßigen Abständen, jedoch meistens nach starker Belastung (auto-tack) und leider sehr oft beim Landemanöver unter Verwendung der Fernbedienung hörte die Schubstange auf, sich zu bewegen; den Antriebsmotor konnte ich aber gut sich drehen hören. Nach mehreren vergeblichen Versuchen, den Fehler zu lokalisieren, habe ich den für diese Autopiloten zuständigen Techniker in Helsinki um Rat gebeten. Dieser kannte bereits die Ursachen (nämlich das sich bei Erwärmung lösende Zahnrad des Antriebsmotors) und empfahl mir, das Zahnrad mit einem geeigneten Kleber wie „Loktite“ selbst einzukleben.

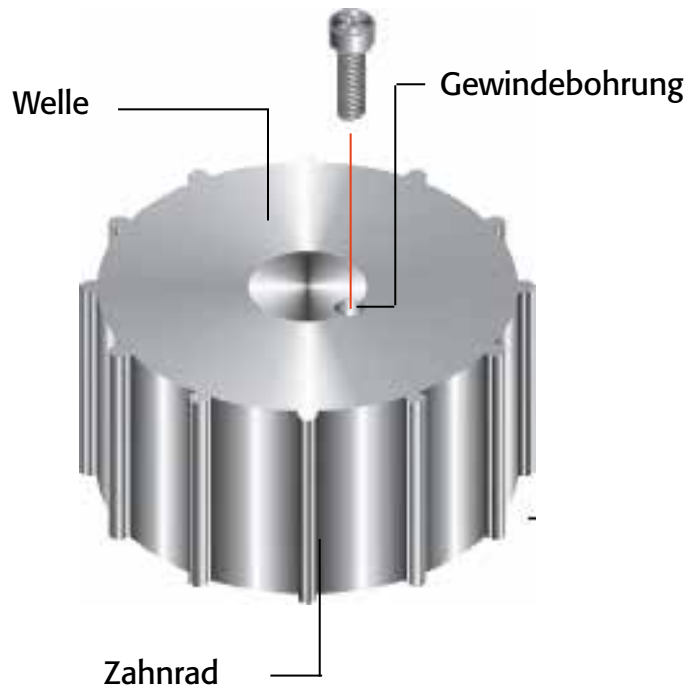
Nach diesem Hinweis konnte ich den Übeltäter auf frischer Tat ertappen und habe versucht, das Zahnrad mit Fix-Lock, einem „Anaerobic Adhesive“, zu fixieren. Tatsächlich hielt nun das Zahnrad wesentlich länger als vorher, aber doch nicht zuverlässig bis zum Ende eines längeren Törns. Während der Helsinki-Bootsmesse habe ich den betreffenden Techniker noch einmal persönlich angesprochen und dieser meint nun dazu, dass dieses technische Problem vom Hersteller nicht besonders gut gelöst sei. Er würde das Zahnrad aber auch nur wieder einkleben.

Gibt es nun in Deutschland ähnliche Erfahrungen mit diesem Autopiloten und vielleicht doch bessere Vorschläge zur zuverlässigen Befestigung des Zahnrades auf der Antriebsachse? Gibt es einen besonderen Kleber, der das Zinkspritzguss-Zahnrad mit der glatten Stahlachse dauerhaft verbinden kann? Ich habe den Eindruck, dass sich das Zahnrad bei Erwärmung gegenüber dem Achsdurchmesser stärker ausweitet und sich darum löst, aber auch rasch nach Abkühlung wieder selbst festquetscht. Für Ihren Rat, der vermutlich auch andere Pinnenpilotenbenutzer interessiert, wäre ich Ihnen sehr dankbar.

A Als dauerhafte Lösung fallen mir auf Anhieb zwei Methoden ein: Erstens, man bohrt in axialer Richtung ein Gewinde M3 in den Spalt zwischen Welle und Zahnrad und dreht anschließend eine kleine Schlitzschraube hinein. Schwierig ist hier, die Bohrung genau im Spalt zu halten, da das Ritzel weicher sein dürfte als die Motorwelle.

Zweite Lösung: Man bohrt eine glatte Bohrung, etwa 2,5 Millimeter, quer durch das Ritzel und die Welle. Anschließend schlägt man einen Spannstift ein und beseitigt die Grate in der Zahnradoberfläche. Beide Lösungen schaffen eine formschlüssige Verbindung, die nur mit Gewalt, jedoch nicht mit Wärme gelöst werden kann. Ich würde mir allerdings darüber Gedanken machen, dass die Motorwelle offensichtlich über 100 Grad Celsius warm wird. Dies übersteigt in der Regel schon die Temperatur, die der Motor längere Zeit aushalten kann. Es besteht daher die Möglichkeit, dass, wenn das Ritzel tatsächlich fest mit der Welle verbunden wird, als nächstes der Motor überhitzt und ausfällt. Kann es sein, dass der Pinnenpilot unterdimensioniert ist?

Vorschlag 1



Vorschlag 2

