

Der Zweifederhaus-Antrieb

Eine Studie und ihr Ergebnis,
die Anwendung dieser Antriebsart
im Marinechronometer

Karl Friebe, Glashütte

Einleitend sei betont, daß der Antrieb mit zwei Federhäusern nur für mechanische Uhren zu empfehlen ist, von denen höchste Gangleistungen verlangt werden. Zudem ist er auch nur dann sinnvoll, wenn die Anordnung so erfolgt, daß die Wirkung der beiden Zugfedern hintereinander erfolgt, wie es in der Prinzipskizze (Bild 1) ersichtlich ist. Die Zugkraft bleibt selbstverständlich nur so groß wie bei Verwendung von nur einer Zugfeder, aber man erhält die doppelte Anzahl von Entwicklungsumgängen und das ist gerade das erste Hauptziel, das erreicht werden soll. Mit geeigneten Mitteln, z. B. der Malteserkreuzstellung, werden die mittleren Umgänge abgegrenzt, die bekanntlich die gleichmäßigste Kraft liefern. In Taschenuhren braucht man normalerweise vier bis fünf Umgänge, hat aber zwölf bis dreizehn in beiden Federhäusern zur Verfügung. Es ist sinnvoll, in diesem Falle fünf bis fünfeneinhalb Umgänge Vorspannung zu geben, so daß oben etwa noch drei Umgänge ausgeschaltet bleiben, die wegen ihrer stark zunehmenden Kraft nicht zu gebrauchen sind. Die Zugfedern werden somit nicht bis zu ihrer größten Spannung beansprucht, wodurch die Bruchgefahr deutlich vermindert wird.

Den Lesern, denen die Wirkung dieser Anordnung noch unklar ist, sind die ausführlicheren Erläuterungen in „Drehganganthronometer“ von Alfred Helwig, Seiten 42 bis 52, zu empfehlen, da sie über den Rahmen dieser Abhandlung hinausgingen.

Im Gegensatz zur Hintereinanderschaltung, auch als Reihenschaltung bezeichnet, ist die Nebeneinander- oder Parallelschaltung bekannt. Beide Begriffe sind heute von der Elektrotechnik her geläufig. Die Nebeneinanderschaltung von zwei Federhäusern, die beide gleichzeitig in das Minutentrieb eingreifen, wurde bereits in der ersten Zeit der Chronometrie angewendet, jedoch mit geringem Erfolg. So hat bereits *Breguet* bei dieser Anordnung Zugfedern mit der halben Klingenstärke verwendet; er erhielt zwar dadurch die doppelte Anzahl von Umgängen, die Antriebskraft reichte jedoch nicht aus und deren Gleichmäßigkeit wurde nicht wesentlich verbessert, wenngleich eine breite und dünne Feder eine gleichmäßigere Kraft liefert, als eine schmalere, dicke Feder. *Thomas Mudge* verwendete den Zweifederhausantrieb bereits in Hintereinanderschaltung, indem er die beiden Federhäuser übereinander anordnete.

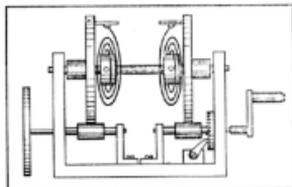
Diese Anordnung wurde später von *Robert Pennington* verbessert, der von 1780 bis 1813 in London tätig war. Nähe-

res findet der Leser darüber in einem Aufsatz von Dr. Helmut Mann in der Zeitschrift „Alte Uhren“ vom Juli 1982.

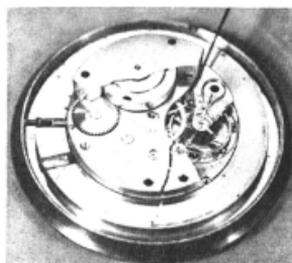
Die wenig sinnvolle Anordnung von zwei Federhäusern in Parallelschaltung findet man leider auch noch in Uhren heutiger Produktion, das erhöht zwar den Aufwand, bringt aber keinen besonderen Nutzen. Bei Verwendung von Zugfedern mit der halben Klingenstärke erhält man zwar die doppelte Anzahl von Entwicklungsumgängen, aber nicht die gleichmäßigste Antriebskraft.

Auf den zweiten und wichtigsten Vorteil der Hintereinanderschaltung sei deshalb gleich hingewiesen: Die Drehmomente beider Zugfedern halten sich immer gewissermaßen die Waage. Das heißt mit anderen Worten, wenn eine Zugfeder durch Kleben oder Reiben an den Trommelwänden etwas weniger Kraft abgeben kann, so gibt die andere Feder im gleichen Augenblick entsprechend mehr Kraft an das Minutentrieb ab und der Ausgleich vollzieht sich somit von selbst und völlig kontinuierlich. Dieser Vorteil ist nicht zu erreichen, wenn zwei Federhäuser gleichzeitig in das Minutentrieb eingreifen, wie bei der Parallelschaltung. Ein Kleben der Zugfedern durch dickwerdendes Öl wirkt sich zudem bei dünnen Federklingen noch ungünstiger aus. Für diese besonderen Zwecke müßten die Federn mit der halben Klingenstärke auch extra hergestellt werden und würden besonders bei Reparaturen nicht immer aus einem normalen Sortiment zur Verfügung stehen.

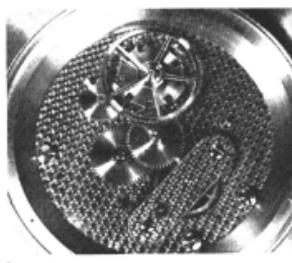
Angeregt durch Arbeiten an Tourbillons von *Alfred Helwig*, bei denen er vorwiegend den Zweifederhausantrieb anwendete, befaßte ich mich seit längerer Zeit mit diesem Problem. So baute ich bereits vor etwa vierzig Jahren in eine Glashütter Beobachtungsuhr Kal. 48 von A. Lange u. Söhne ein zweites Federhaus ein, indem ich dieses einfach auf dem großen Aufzugrad (Sperrad) befestigte. Zu diesem Zweck fertigte ich extra eine Trommel ohne Verzahnung. An der Außenseite des reichlich dickeren Bodens wurde ein Ansatz gedreht, der ein wenig kürzer war, als die Dicke des Sperrades. Das Sperrad wurde soweit ausgedreht, daß das Viereckloch verschwand und der Ansatz des Federhausbodens gerade hineinpafte. Mit drei Senkschrauben wurden Federhaustrommel und Sperrad fest verbunden. Der Federkern dieses oberen Federhauses mußte natürlich auch extra angefertigt werden, er bekam statt seines üblichen Vierkants ein Hohlvierkant, mit dem er auf das Vierkant des unteren Federkernes aufgesteckt wurde. Für die obere Lagerung dieses zweiten Federhauses wurde eine entsprechende Brücke auf den Federhausklöben gesetzt. Dieses zweite Federhaus steht somit gerade umgekehrt im Werk, also mit der Deckelseite und der Malteserstellung nach oben. Beim Aufziehen der Uhr wird durch die feste Verbindung mit dem Sperrad die obere Trommel gedreht. Ihre Zugfeder nimmt die Kerne beider Federhäuser mit, da sie ja durch ihre Vierkante miteinander gekoppelt sind, und so wird gleichzeitig auch die Feder des unteren Federhauses gespannt. Durch diese Anordnung ergaben sich 16 Entwicklungs-



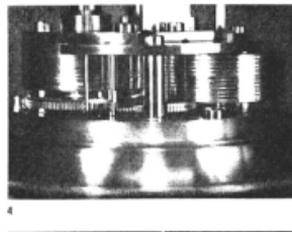
1



2



3



4

Bild 1
Prinzipskizze zur Hintereinanderschaltung von zwei Federhäusern nach Helwig

Bild 2
Beobachtungsuhr Kaliber 48 mit zwei übereinander angeordneten, hintereinandergeschalteten Federhäusern

Bild 3
Zifferblattsseite des Marinechronometers mit Auf- und Abwerk und Malteserkreuzstellung

Bild 4
Veränderte Höhenstellung beider Federhäuser und eingedrehte Führungsspirale am Umfang des ersten Federhauses zur Aufnahme des Zugbandes

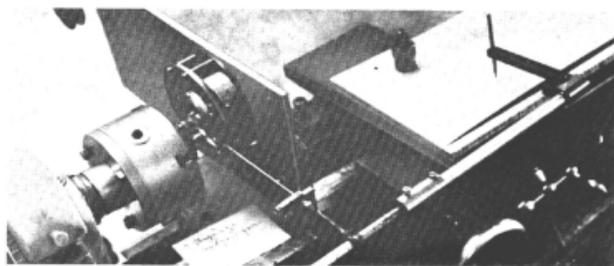
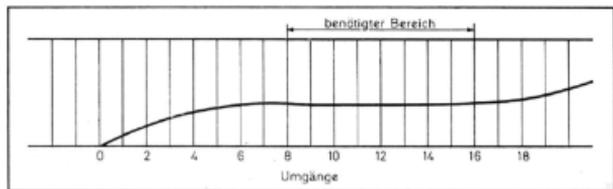


Bild 5
Vorrichtung zur grafischen Darstellung der Federkraft während des Ablaufs

Bild 6
Grafische Darstellung des Kraftverlaufs während des Ablaufs



umgänge, wovon nur acht benötigt wurden. Beide Federhäuser stattete ich mit einer Vierer-Malteserkreuzstellung aus und erreichte dadurch eine Gangdauer von 56 Stunden wie bei einem Marinechronometer. Die Übersetzung vom Federhaus zum Minutentrieb betrug 1:7. Natürlich mußte dieses Werk dann auf Grund seiner größeren Bauhöhe in ein kleineres Chronometeregehäuse eingebaut werden (Bild 2). Der Lohn war ein ausgezeichnetes Gangergebnis dieser Uhr.

Angespornt durch diesen Erfolg reizte es mich, diesen Zweifederhausantrieb in einem normalen Marinechronometer anzuwenden, um damit den Beweis zu erbringen, daß der verehrte Altmeister *Allred Helwig* recht hatte, wenn er in seinem Buch „Drehganguhren“ schreibt, daß mit dem Zweifederhausantrieb bei bester Konstruktion und Ausführung der Gleichförmigkeitsgrad der Schnecke erreicht wird. Ein Glashütter Chronometer, das ich Anfang der fünfziger Jahre während meiner Lehrtätigkeit an der Deutschen Uhrmacherschule in Glashütte zu bauen begonnen hatte, wurde wieder hervorgeholt und für diesen Zweck umkonstruiert. Zu betonen ist, daß an dem Kaliber bezüglich der Achsenabstände bzw. Rad- u. Triebgrößen keinesfalls etwas geändert werden sollte. Bei den anfänglichen Überlegungen gab es zunächst zwei Fragen: Sollten erstens zwei verzahnte Federhäuser verwendet werden, wie es *Helwig* bei seinen Tourbillons gemacht hat? Das hätte zur Folge gehabt, daß die Trommeldurchmesser etwas kleiner werden müßten, als beim Original-Glashütter Chronometer. Das ginge natürlich auf Kosten von einigen Entwicklungsumgängen. Das Gegengewicht wäre zwar überflüssig geworden, dafür hätte sich aber ein viel komplizierter Differential-Auf- und -Abwerk für die Anzeige der Gangdauer erforderlich gemacht.

Vor allem aus diesem Grund entschied ich mich für die zweite Variante, zwei unverzahnte Federhäuser mit dem bisherigen Durchmesser zu verwenden, die mit dem Zugband verbunden wurden, das seit Ende der dreißiger Jahre in Glashütte an Stelle der bis dahin üblichen Kette eingesetzt wird. Dadurch wurde erstens erreicht, daß das bisherige Gegengewicht erhalten blieb, was besonders bei Verwendung der Chronometerhemmung von Vorteil ist, und zweitens blieb das einfache, nur aus Trieb und Rad bestehende Auf- und Abwerk erhalten. Die beiden Achsen des Auf- und Abwerkes dienten gleichzeitig zur Befestigung bzw. Lagerung der Malteserkreuzstellung, die zur Abgrenzung der erforderlichen acht Umgänge des Antriebsrades erforderlich ist (Bild 3). Als dritten Vorteil dieser Konstruktion erreichte ich 20 Federhausumgänge, wovon für eine Gangdauer der Uhr von 56 Stunden nur acht nötig sind. Damit sich das Zugband nicht übereinanderwickeln kann, erhielt das erste Federhaus auf dem Umfang eine Art Flachgewinde von nur 0,3 mm Gangtiefe, das im Bild 4 zu sehen ist. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß das Zugband bei beiden Federhäusern immer nur auf den gleichen Durchmesser gewickelt wird, wogegen es bei der Schnecke bei Vollaufzug durch den ziemlich kleinen Durchmesser entschieden stärker beansprucht wird.

Auf Grund der gegenüber der alten Anordnung mit Schnecke veränderten Höhenstellung der beiden Federhäuser mußte jedoch eine völlig neue Oberplatte angefertigt werden. Diese Änderung war erforderlich, weil das zweite Federhaus etwas mehr Platz in der Höhe benötigte als die Schnecke, an deren Platz es eben zu stehen kam. Der Federhauskloben steht somit auch nicht mehr wie bisher über dem ersten, sondern über dem jetzigen zweiten Federhaus. Diese Änderung ist im Bild 4 zu sehen. Für das zweite Federhaus

machte sich natürlich auch die Anfertigung eines besonderen Federkernes erforderlich, der zusätzlich das Antriebsrad mit seinem Gegengewicht aufzunehmen hat.

Bei günstiger Ausnutzung der vorhandenen Bauhöhe ließen sich aber nur zwölf Millimeter breite Zugfedern unterbringen, wogegen das Original-Glashütter Chronometer eine Zugfeder von fünfzehn Millimeter Breite hat. Dadurch entstanden zunächst Zweifel, ob diese 3 mm schmalen Zugfedern noch die nötige Kraft für die erforderlichen 450° Schwingungswerte der Unruh liefern würden. Um so erfreulicher war die Überraschung, als die Unruh beim ersten Durchlauf etwa 580° schwang, so daß sofort Zugfedern mit 0,35 mm Klingenstärke an Stelle der alten Federn mit 0,4 Klingenstärke eingebaut werden mußten. Damit erreichte ich genau die gewünschte Schwingungswerte von 450°. Dieses Ergebnis bestätigte auch die Richtigkeit einer weiteren Feststellung *Helwigs*, daß die Schnecke mit Kette ein Kraftressor ist.

Um aber zusätzlich den Beweis für die Gleichmäßigkeit der Antriebskraft zu erbringen, baute ich auf meine Leitspindeldrehbank eine entsprechende Vorrichtung, mit deren Hilfe die Federkraft während des Aufzuges und Ablaufs graphisch dargestellt werden konnte (Bild 5). Auf den Support wurde eine Holzplatte aufgespannt, auf der das Wachspapier befestigt war. Die Wechselräder wählte ich so, daß der Vorschub des Supports bei einer Umdrehung der Maschinenspindel mit der vorgezeichneten Teilung auf dem Wachspapier übereinstimmte. Durch die große Übersetzung ergab sich gleichzeitig eine Selbstsperrung. Das Chronometergestell mit beiden Federhäusern wurde derart an einem auf dem Drehbankbett aufgeknahten Winkelstück befestigt, daß das Aufzugviereck des zweiten Federhauses im Vierbackenfutter des Spindelockes festgehalten wurde. Auf dem Spradd des ruhenden Gesspers vom ersten Federhaus befestigte ich eine Rolle mit Nut, in der ein Stück Zugband eingehängt werden konnte. Das andere Ende des Zugbandes befestigte ich an einem Rundstahlstab von 8 mm Durchmesser und 750 mm Länge, der links von der Drehmaschine in einem Schraubstock gespannt war. Durch Drehen der Maschinenspindel spannten sich nun die Zugfedern und durch ihre zunehmende Kraft wurde über das Zugband eine Auslenkung des Stahlstabes aus seiner Ruhelage hervorgerufen. Am Ende dieses Stahlstabes war eine Halterung für einen angepatzten Stahlstift angebracht, der auf dem durch die Leitspindel fortlaufenden Wachspapier die Auslenkung des Stahlstabes aufzeichnet. Bild 6 zeigt die aufgezeichnete Kurve deutlicher und die verbläufte Gleichmäßigkeit des Kraftverlaufes zwischen dem achten und sechzehnten Umgang. Dieses Ergebnis ist die Bestätigung dafür, daß der Zweifederhausantrieb in Hintereinanderschaltung dem Schneckenantrieb gleichwertig, wenn nicht gar überlegen ist. Genau genommen

müfte beim Antrieb mit Schnecke für jede Zugfeder eine extra Schnecke berechnet bzw. ausprobiert werden.

Da das Chronometer äußerlich die Glas-
hütter Vollendung haben sollte, erhielten
die Platinen und Kloben den traditionellen
Ringel-Musterschliff. Aus heutiger
Sicht ist das jedoch nur noch als eine reine
Liebhabersache zu betrachten, denn das
Schleifen und Polieren sowie das Schleifen
des Musters von nur einer Seite einer Pla-
tine dauert etwa acht bis zehn Stunden.

Da von dem gesamten Aufwand dieser Ar-
beit in dem normalen topfförmigen Chro-
nometergehäuse nichts zu sehen wäre, fer-
tigte ich ein besonderes Schaugehäuse in
sechseckiger Form mit verglasten Seiten-
wänden an. Aus dem Chronometer wurde
so eine horizontale Tischuhr.

Auf die Frage, welchen Sinn eine derartige
Arbeit heute noch hat, nachdem das me-
chanische Chronometer längst durch das
Quarzchronometer abgelöst wurde, möchte
ich folgende Antwort geben:

Zunächst sollte diese Arbeit als eine Stu-
die bzw. Weiterentwicklung der Arbeiten
Alfred Helwigs, die er selbst nur noch an-
deutete, aber nicht mehr ausführen konnte,
betrachtet werden. Des weiteren sei dar-
auf hingewiesen, daß ich mich seit reich-
lich drei Jahrzehnten mit dieser Antriebs-
art nebenbei beschäftigt habe und das end-
gültige Ergebnis erst seit Juli 1986 vor-
liegt, gewissermaßen zu Ehren von *Hel-
wigs* einhundertstem Geburtstag.

Übrigens kann man den Zweifederhaus-
antrieb in Hintereinanderschaltung durch
beliebig viele Federhäuser erweitern, wo-
durch er nicht nur für Uhren, sondern
auch für technische Laufwerke brauchbar
ist, von denen eine lange Laufzeit, ohne
Verwendung von Elektroenergie, verlangt
wird. US 2403

Quelle: Uhren & Schmuck Heft Nr. 04 von 1988 S. 116-118