

DIN ISO 13643-5

ICS 47.020.70

Ersatz für
DIN ISO 13643-5:2015-10**Schiffe und Meerestechnik –
Manövrieren von Schiffen –
Teil 5: Uboot-Besonderheiten (ISO 13643-5:2017);
Text Deutsch und Englisch**

Ships and marine technology –
Manoeuvring of ships –
Part 5: Submarine specials (ISO 13643-5:2017);
Text in German and English

Navires et technologie maritime –
Manoeuvres des navires –
Partie 5: Spécificités des sous-marins (ISO 13643-5:2017);
Texte en allemand et anglais

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT)



Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Versuchsbezogene physikalische Größen	8
5 Allgemeine Versuchsbedingungen	11
6 Versuch 5.1 — Mäanderversuch	12
6.1 Beschreibung.....	12
6.2 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse eines Mäanderversuchs.....	14
6.2.1 Auswertung bei unterkritischer Dämpfung.....	14
6.2.2 Dämpfungsverhältnis.....	14
6.3 Auswertung für überkritische oder hohe Dämpfung	15
6.4 Auswertung der Halbwertszeit.....	16
6.5 Bezeichnung eines Mäanderversuchs.....	16
7 Versuch 5.2 — Überschwingversuch in der vertikalen Ebene	17
7.1 Beschreibung.....	17
7.2 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse eines Überschwingversuchs in der vertikalen Ebene	17
7.3 Bezeichnung eines Überschwingversuchs in der vertikalen Ebene	18
8 Versuch 5.3 — Versuch zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt	18
8.1 Beschreibung.....	18
8.1.1 Modellversuch (M)	18
8.1.2 Versuch mit der Großausführung (S).....	19
8.2 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse eines Versuchs zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt.....	21
8.2.1 Modellversuch	21
8.2.2 Versuch mit der Großausführung.....	22
8.3 Bezeichnung eines Versuchs zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt.....	24
8.3.1 Bezeichnung eines Versuchs zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt mit dem Modell (M)	24
8.3.2 Bezeichnung eines Versuchs zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt mit der Großausführung (S)	24
9 Versuch 5.4 — Versuch zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit.....	25
9.1 Allgemeines	25
9.2 Beschreibung.....	25
9.3 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse eines Versuchs zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit.....	26
9.4 Bezeichnung eines Versuchs zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit	27
Literaturhinweise.....	28

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 13643-5:2017, die vom Technischen Komitee ISO/TC 8 „Ships and marine technology“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von SAC (Volksrepublik China) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 132-01-01 AA „Schiffstheorie“ der DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN ISO 13643 besteht unter dem allgemeinen Titel *Schiffe und Meerestechnik — Manövrieren von Schiffen* aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeine Begriffe, Größen und Versuchsbedingungen*
- *Teil 2: Drehen und Stützen*
- *Teil 3: Gierstabilität und Steuern*
- *Teil 4: Stoppen, Beschleunigen, Traversieren*
- *Teil 5: Uboot-Besonderheiten*
- *Teil 6: Modellversuchs-Besonderheiten*

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 13643-1	siehe DIN ISO 13643-1
ISO 13643-6	siehe DIN ISO 13643-6

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 13643-5:2015-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Nummerierung wurde geändert;
- b) im Bild 1, Legende 2, wurde „Boot dynamisch instabil“ in „Boot dynamisch stabil“ geändert;
- c) im Bild 1, Legende 5, wurde „dynamisch instabil“ in „dynamisch stabil“ geändert.

Frühere Ausgaben

VG 81208-17: 1986-08, 1991-09
VG 81208-18: 1986-08, 1991-09
VG 81208-15: 1986-08, 1991-12
VG 81208-16: 1986-08, 1991-12
DIN 81208-15: 2006-12
DIN 81208-16: 2006-12
DIN 81208-18: 2006-12
DIN 81208-17: 2007-11
DIN ISO 13643-5: 2015-10

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 13643-1, *Schiffe und Meerestechnik — Manövrieren von Schiffen — Teil 1: Allgemeine Begriffe, Größen und Versuchsbedingungen*

DIN ISO 13643-6, *Schiffe und Meerestechnik — Manövrierbarkeit von Schiffen — Teil 6: Modellversuchs-Besonderheiten*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 8 *Ships and marine technology*, Unterkomitee SC 6, *Navigation and ship operations*.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 13643-5:2013), die geringfügig geändert wurde:

- die Nummerierung wurde geändert;
- im Bild 1, Legende 2, wurde „Boot dynamisch instabil“ in „Boot dynamisch stabil“ geändert;
- im Bild 1, Legende 5, wurde „dynamisch instabil“ in „dynamisch stabil“ geändert.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 13643 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument definiert Formelzeichen und Benennungen und gibt Leitlinien für die Durchführung von Versuchen, mit denen die Manövrierfähigkeit von Ubooten und Modellen in der vertikalen Ebene aufgezeigt wird. Es ist vorgesehen, dass es in Verbindung mit ISO 13643-1 gelesen wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 13643-1:2017, *Ships and marine technology — Manoeuvring of ships — Part 1: General concepts, quantities and test conditions*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Benennungen und Definitionen.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Mäanderversuch

Manövierversuch zur Bestimmung der Manöviereigenschaften eines Uboots und zum Nachweis der dynamischen Stabilität eines Uboots in der vertikalen Ebene

3.2

Überschwingversuch in der vertikalen Ebene

Manövierversuch zur Bestimmung der Wirksamkeit der Tiefenruder hinten beim Einleiten und Beenden von Tauchtiefen-Änderungen

3.3

Versuch zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt

Manövierversuch zur Bestimmung des Trimmwinkels und der Tiefenruderwinkel, bei denen das Uboot in Unterwasserfahrt bei allen Geschwindigkeiten konstante Tauchtiefe einhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Auftriebs- und momentenfreie Fahrt wird erreicht

- bei Ubooten mit eingezogenen Tiefenrudern vorn durch einen bestimmten Trimmwinkel und eine bestimmte Anstellung der Tiefenruder hinten, und
- bei Ubooten mit nicht einziehbaren Tiefenrudern vorn durch bestimmte Anstellungen der Tiefenruder vorn und hinten für beliebige Trimmwinkel (vorzugsweise $\theta_s = 0^\circ$).

3.4

Versuch zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit

Manövierversuch zur Bestimmung der Geschwindigkeit, bei der sich in Unterwasserfahrt die Wirkung der Tiefenruder umkehrt

4 Versuchsbezogene physikalische Größen

Versuchsbezogene physikalische Größen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Allgemeine Größen und Begriffe zum Manövrieren von Schiffen entsprechen ISO 13643-1.

Tabelle 1 — Versuchsbezogene physikalische Größen

Formel- zeichen	CC- Zeichen	SI-Einheit	Begriff	
			Benennung	Definition oder Erläuterung
a_1	—	$\text{rad m}^2 \text{s}^{-2a}$	Koeffizient	Für Regression
a_2	—	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$	Koeffizient	Für Regression
b_1	—	$\text{rad m}^2 \text{s}^{-2a}$	Koeffizient	Für Regression
b_2	—	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$	Koeffizient	Für Regression
C_c	CCR	1	Dämpfungs- verhältnis	Verhältnis der Dämpfungskonstante $\ln 2/t_{1/2}$ und der Eigenfrequenz $2\pi/T_0$ der ungedämpften Schwingung
c_1	—	$\text{rad m}^2 \text{s}^{-2a}$	Koeffizient	Für Regression
d_1	—	$\text{rad m}^2 \text{s}^{-2a}$	Koeffizient	Für Regression
F_V	FVC	N	Vertikalkraft	—
MA	MAX	—	Hauptachse	(Siehe ISO 13643-1)
M_T	MYT	Nm	Trimmmoment	—
T	TIP	s	Schwingungs- periode	Periode der gedämpften Schwingung, Mittelwert der Zeiten $[t_{A(i+1)} - t_{Ai}]$
T_0	TIP0	s	Schwingungs- periode	Periode der ungedämpften Schwingung
t_A	TIA	s	Anschwenkzeit	Für Mäanderversuch: Zeiten bis zum Erreichen der Trimamplituden θ_{Ai} , $i = 1, 2, 3, \dots$
				Für Überschwingversuch in der vertikalen Ebene: Zeit für Trimmwinkeländerung um $\Delta\theta_E$
t_C	TIC	s	Überschwingzeit	Zeit vom Gegensteuern der Tiefenruder hinten bis zum Erreichen des maximalen Trimmwinkels
t_t	TIT	s	Abfangzeit	Zeit vom Gegensteuern der Tiefenruder hinten bis zum Erreichen der maximalen Tauchtiefenänderung
$t_{1/2}$	TI05	s	Halbwertszeit	Zeit, bevor die Hüllkurve des zeitlichen Trimmwinkelverlaufs auf die Hälfte abgenommen hat

Formelzeichen	CC-Zeichen	SI-Einheit	Begriff	
			Benennung	Definition oder Erläuterung
V_{CR}	VCR	m s^{-1b}	Kritische Geschwindigkeit	Geschwindigkeit, bei der sich die Wirkung der Tiefenruder umkehrt
V_F	VF	m s^{-1b}	Endgeschwindigkeit	Geschwindigkeit am Ende des Versuchs (Durchgangs)
V_0	V0	m s^{-1b}	Anfangsgeschwindigkeit	(Siehe ISO 13643-1)
V_{0i}	V0I	m s^{-1b}	Anfangsgeschwindigkeit	Für Versuch zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt und Überschwingversuch in der vertikalen Ebene: Für individuelle Durchgänge des Versuchs
V_{0m}	V0M	m s^{-1b}	Mittlere Versuchsgeschwindigkeit	—
z_0	Z0	m	Tauchtiefe	Vertikale Koordinate des Ursprungs des Uboots im erdfesten Achsensystem (siehe ISO 13643-1:2017, Tabelle 2) zu beliebiger Zeit
z_{00}	Z00	m	Anfangstauchtiefe	Zu Beginn des Versuchs (Durchgangs)
$\dot{z}_{OF}$	DZDTF	m s^{-1b}	Tiefenänderungsgeschwindigkeit	Wenn konstanter Trimmwinkel θ_F erreicht ist
Δz_{0E}	DZ0E	m	Anschwenktiefenänderung	Änderung der Tauchtiefe gegenüber z_{00} bei Trimmwinkeländerung um $\Delta\theta_E$
Δz_{0F}	DZ0F	m	Endgültige Tauchtiefenänderung	Bei Erreichen des stationären Endzustandes, nur für dynamisch stabiles Boot definiert
Δz_{0M}	DZ0M	m	Abfangtiefenänderung	Maximale Tiefenänderung gegenüber $z_{00} + \Delta z_{0E}$
$\Delta\delta_{Si}$	DANSI	rad^a	Versuchstiefenruderwinkel hinten	Gegenüber δ_{S0} , gegebenenfalls ist ein äquivalenter Tiefenruderwinkel anzugeben, z. B. für Uboote mit X-Rudern: $\frac{1}{4} (\Delta\delta_{Ai1} + \Delta\delta_{Ai2} + \Delta\delta_{Ai3} + \Delta\delta_{Ai4})$
$\Delta\theta_E$	DTETPE	rad^a	Schaltwinkel	Für Mäanderversuch: $\theta_E - \theta_{S0}$ Vorgegebene Änderung des Trimmwinkels gegenüber θ_{S0} , bei der die Tiefenruder in die Ausgangsstellung δ_{S0} zurückgesetzt werden
				Für Überschwingversuch in der vertikalen Ebene: $\theta_E - \theta_{S0}$ Vorgegebene Änderung des Trimmwinkels gegenüber θ_{S0} , bei der die Tiefenruder in die entgegengesetzte Richtung (δ_{Si}) gelegt werden

Formelzeichen	CC-Zeichen	SI-Einheit	Begriff	
			Benennung	Definition oder Erläuterung
δ_B	ANB	rad ^a	Tiefenruderwinkel vorn	(Siehe ISO 13643-1)
δ_{B0}	ANB0	rad ^a	Anfangstiefenruderwinkel vorn	Für Mäanderversuch, Überschwingversuch in der vertikalen Ebene und Versuch zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit: Tiefenruderwinkel vorn zu Beginn des Versuchs (gültig für auftriebs- und momentenfreie Fahrt)
			Tiefenruderwinkel vorn für auftriebs- und momentenfreie Fahrt	Ergebnis des Versuchs zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt
δ_S	ANS	rad ^a	Tiefenruderwinkel hinten	(Siehe ISO 13643-1)
δ_{SX}	ANSX	rad ^a	Winkel der Stabilisierungsflosse oder des festen Kopfteils der Tiefenruder hinten	Gegenüber der Horizontalebene in MA gemessen, positiv, wenn Vorderkante nach oben
δ_{SX0}	ANSX0	rad ^a	Winkel der Stabilisierungsflosse oder des festen Kopfteils der Tiefenruder hinten für auftriebs- und momentenfreie Fahrt	
δ_{Si}	ANSI	rad ^a	Versuchs-Tiefenruderwinkel hinten	Auf δ_{S0} bezogen; gegebenenfalls ist ein äquivalenter Tiefenruderwinkel hinten anzugeben, z. B. für Uboote mit X-Rudern: $\frac{1}{4} (\delta_{Ai1} + \delta_{Ai2} + \delta_{Ai3} + \delta_{Ai4})$
δ_{S0}	ANS0	rad ^a	Anfangs-Tiefenruderwinkel hinten	Für Mäanderversuch, Überschwingversuch in der vertikalen Ebene und Versuch zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit: Tiefenruderwinkel hinten zu Beginn des Versuchs (gültig für auftriebs- und momentenfreie Fahrt)
			Tiefenruderwinkel hinten für auftriebs- und momentenfreie Fahrt	Ergebnis des Versuchs zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt. Gegebenenfalls ist ein äquivalenter Tiefenruderwinkel hinten anzugeben, z. B. für Uboote mit X-Rudern: $\frac{1}{4} (\delta_{A01} + \delta_{A02} + \delta_{A03} + \delta_{A04})$

Formel- zeichen	CC- Zeichen	SI-Einheit	Begriff	
			Benennung	Definition oder Erläuterung
θ_A	TRIMSA	rad ^a	Trimmamplitude	Absolutwert des jeweiligen Extrems θ_{Ai} , i = 1, 2, 3, ... der Trimmwinkeländerung gegenüber θ_0
θ_E	TRIMSE	rad ^a	Schaltwinkel	$\theta_{S0} + \Delta\theta_E$
θ_F	TRIMSF	rad ^a	Trimmwinkel am Ende eines Durchgangs	Konstanter Trimmwinkel für die jeweilige Tiefenrudereinstellungen
θ_S	TRIMS	rad ^a	Trimmwinkel	(Siehe ISO 13643-1)
θ_{SS}	TRIMSS	rad ^a	Überschwingwinkel	In der vertikalen Ebene nach Legen der Tiefenruder in die entgegengesetzte Richtung
θ_{S0}	TRIMS0	rad ^a	Anfangs- Trimmwinkel	Für Mäanderversuch, Überschwingversuch in der vertikalen Ebene und Versuch zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit: Trimmwinkel zu Beginn des Versuchs (gültig für Auftriebs- und momentenfreie Fahrt)
			Trimmwinkel für auftriebs- und momentenfreie Fahrt	Ergebnis des Versuchs zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt; Trimmwinkel, bei dem das Boot konstante Tauchtiefe einhält
^a Für Winkel darf die Einheit ° (Grad) verwendet werden.				
^b Die in der Schifffahrt gebräuchliche Einheit kn darf verwendet werden.				

5 Allgemeine Versuchsbedingungen

Zusätzlich zu den in ISO 13643-1 umrissenen allgemeinen Versuchsbedingungen sind die folgenden spezifischen Versuchsbedingungen einzuhalten:

- während des Versuchs einschließlich der Anlaufphase ist jede der aufeinanderfolgenden Positionen des Schiffes in geeignetem Zeittakt aufzuzeichnen (üblicherweise jede Sekunde);
- das Uboot ist nach dem Ergebnis des Versuchs zur Bestimmung der auftriebs- und momentenfreien Fahrt einzutrimmen (siehe Abschnitt 8);
- Tauchtiefe und Wassertiefe müssen ausreichend groß sein (mindestens eine Bootslänge Abstand zur Wasseroberfläche und zum Boden muss eingehalten werden). Für Modellversuche sind Oberflächen- und Bodeneinfluss durch geeignete Maßnahmen auszuschließen;
- der Tiefenruderwinkel vorn muss unverändert bleiben;
- Masseverlagerungen (z. B. durch Bewegungen der Besatzung) sind während der Durchführung der Versuche unzulässig. Unvermeidbare Masseverlagerungen sind auszugleichen und zu protokollieren.

6 Versuch 5.1 — Mäanderversuch

6.1 Beschreibung

Eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten ist durchzuführen, da Dämpfung und Zeitkonstanten der Uboatsbewegungen geschwindigkeitsabhängig sind, und ein bei niedrigen Geschwindigkeiten stabiles Boot bei höheren Geschwindigkeiten instabil werden kann.

Aus Sicherheitsgründen muss die Versuchsreihe mit einer niedrigen Anfangsgeschwindigkeit V_0 begonnen werden.

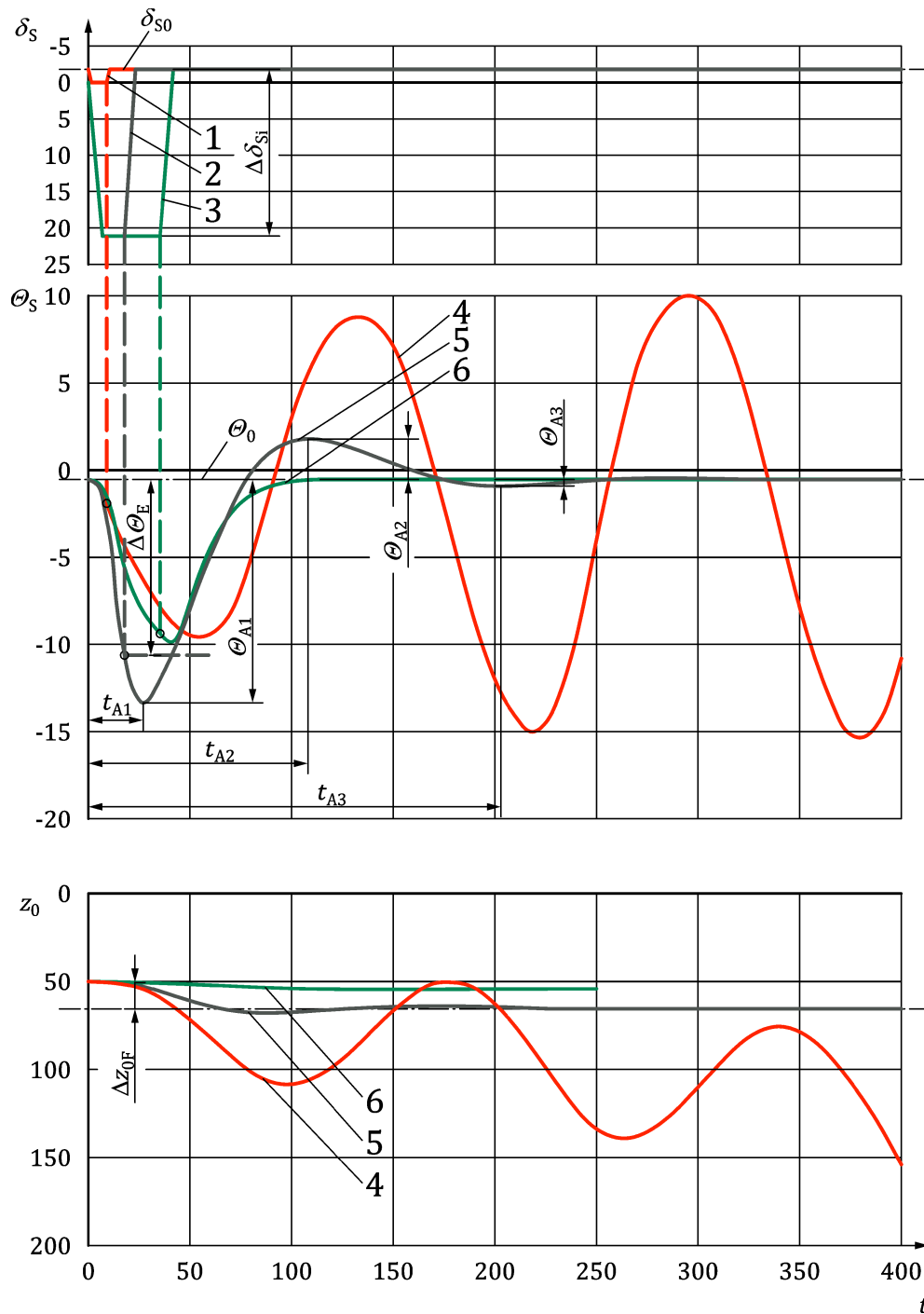
Das Uboot muss vor Beginn des Versuchs mit konstanter Geschwindigkeit V_0 anlaufen. Während des Versuchs müssen die Einstellungen der Antriebsanlage unverändert bleiben und der Kurs muss so konstant wie möglich eingehalten werden. Kurs und Seitenruderbewegungen sind während des gesamten Versuchs aufzuzeichnen (idealerweise im Sekundentakt). Wenn das Uboot mit Rudern ausgestattet ist, die gleichzeitig in horizontaler und vertikaler Richtung wirken (z. B. X-Ruder), sollten diese Ruder so gesteuert werden, dass vorrangig ein gleichbleibender Kurs eingehalten wird.

Nachdem das Uboot mindestens 2 min ohne nennenswerte Seiten- und Tiefenruderbewegungen geradeaus gefahren ist, werden die Tiefenruder hinten so schnell wie möglich auf den vorgegebenen Versuchstiefenruderwinkel $\Delta\delta_{Si}$ gelegt und müssen dort gehalten werden, bis der Trimmwinkel vom Anfangstrimmwinkel θ_{S0} um den vorgegebenen Schaltwinkel $\Delta\theta_E$ abgewichen ist. In diesem Augenblick werden die Tiefenruder hinten zurück in die Anfangsstellung gelegt und bis zum Ende des Versuchs gehalten.

Der Tiefenruderimpuls bewegt das Uboot aus seiner Gleichgewichtslage. Versuchstiefenruderwinkel $\Delta\delta_{Si}$ und Schaltwinkel $\Delta\theta_E$ sind so vorzugeben, dass der Tiefenruderimpuls möglichst kurz und kräftig wirkt und das Uboot in Falle einer anschließenden Schwingung mindestens drei messbare Trimmamplituden θ_A durchläuft. Nur Messdaten nach Abschluss der Stimulation sind auszuwerten.

Infolge des Tiefenruderimpulses dreht das Uboot um die Seitenachse und ändert dabei seinen Trimm und seine Tauchtiefe in Richtung der Tiefenruderwirkung. Uboote mit hoher Dämpfung nähern sich an eine neue Tauchtiefe ohne eine Schwingung um die Seitenachse. Bei geringerer Dämpfung beginnt das Uboot um die Seitenachse zu schwingen. Solange die Schwingung gedämpft ist, ist das Uboot stabil und nähert sich an eine andere konstante Tauchtiefe an. Nimmt dagegen die Trimmamplitude θ_A zu, so ist das Uboot dynamisch instabil. Dabei kann sich auch die mittlere Tauchtiefe ändern (siehe Bild 1).

Wenn das Uboot eine deutliche Instabilität zeigt, ist der Versuch aus Sicherheitsgründen sofort abubrechen.



Legende

- 1 $V_0 = 14,0$ kn, $\Delta\delta_{Si} = 2^\circ$, $\Delta\theta_E = 2^\circ$ (Boot dynamisch instabil)
- 2 $V_0 = 6,0$ kn, $\Delta\delta_{Si} = 23^\circ$, $\Delta\theta_E = 10^\circ$ (Boot dynamisch stabil)
- 3 $V_0 = 3,9$ kn, $\Delta\delta_{Si} = 23^\circ$, $\Delta\theta_E = 9^\circ$ (Boot überkritisch gedämpft)
- 4 dynamisch instabil
- 5 dynamisch stabil
- 6 überkritisch gedämpft

δ_s, θ_s in $^\circ$

t in s

z_0 in m

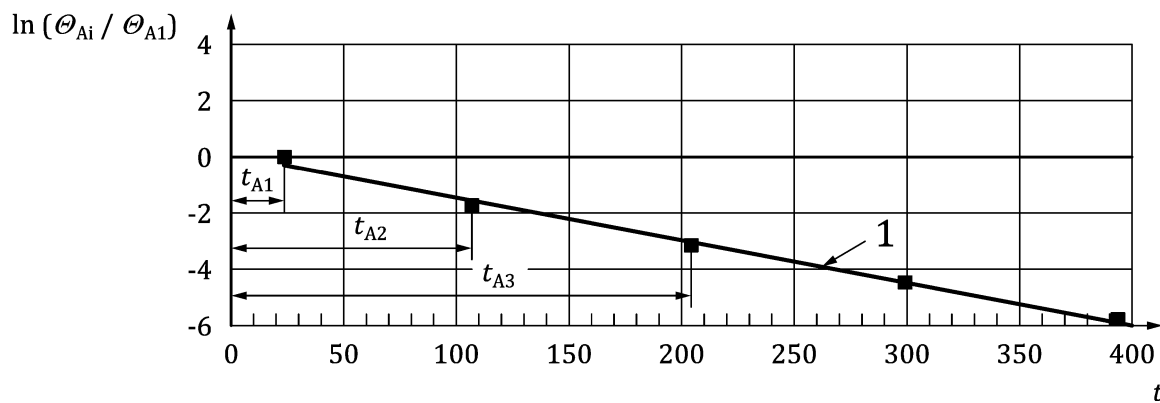
Bild 1 — Zeitlicher Verlauf

6.2 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse eines Mäanderversuchs

6.2.1 Auswertung bei unterkritischer Dämpfung

Aus dem Versuch erhält man folgende Daten:

- mittlere Versuchsgeschwindigkeit V_{0m} ;
- Trimmamplituden $\theta_{Ai}, i = 1, 2, 3, \dots$;
- Anschwenkzeiten zum Erreichen der Trimmamplituden θ_{Ai} $t_{Ai}, i = 1, 2, 3, \dots$;
- Schwingungsperiode T ;
- Halbwertszeit $t_{1/2}$;
- Endgültige Tauchtiefenänderung Δz_{0F} .



Legende

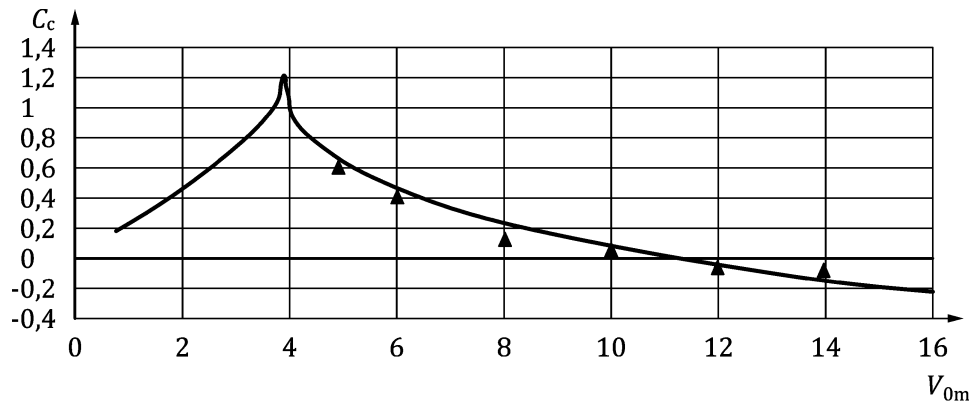
- Versuch mit $V_0 = 6$ kn
- Ausgleichsgerade (kleinste Fehlerquadrate) für $V_0 = 6$ kn
- 1 Steigung = $-(\ln 2)/t_{1/2}$
- t in s

Bild 2 — Auswertung

6.2.2 Dämpfungsverhältnis

Die Dämpfungsverhältnisse sind entsprechend Bild 3 über der mittleren Versuchsgeschwindigkeit V_{0m} aufzutragen.

$$C_c = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2\pi t_{1/2}}{T \ln 2}\right)^2 + 1}} \quad (1)$$



Legende

- ▲ Versuchsergebnisse
- aus hydrodynamischen Koeffizienten berechnet
- V_{0m} in kn

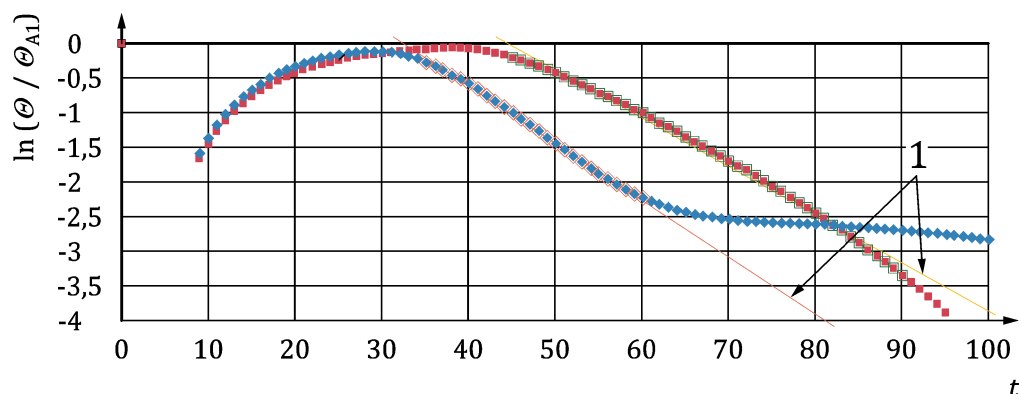
Bild 3 — Dämpfungsverhältnis

6.3 Auswertung für überkritische oder hohe Dämpfung

Aus dem Versuch erhält man folgende Daten:

- mittlere Versuchsgeschwindigkeit V_{0m} ;
- Halbwertszeit $t_{1/2}$;
- endgültige Tauchtiefenänderung Δz_{0F} .

Bei überkritischer oder hoher Dämpfung treten nach Abschluss des Tiefenruderimpulses keine messbaren Trimmschwingungen auf. Bei dynamisch stabilem Uboot erreicht der Trimmwinkel nach dem Tiefenruderimpuls ein Maximum θ_{A1} und nähert sich danach asymptotisch dem Anfangstrimmwinkel θ_{S0} . Der durch Division durch θ_{A1} dimensionslose Trimmwinkel ist in Bild 4 logarithmisch als Funktion der Zeit aufgetragen. Daraus ist die Halbwertszeit $t_{1/2}$ zu bestimmen.



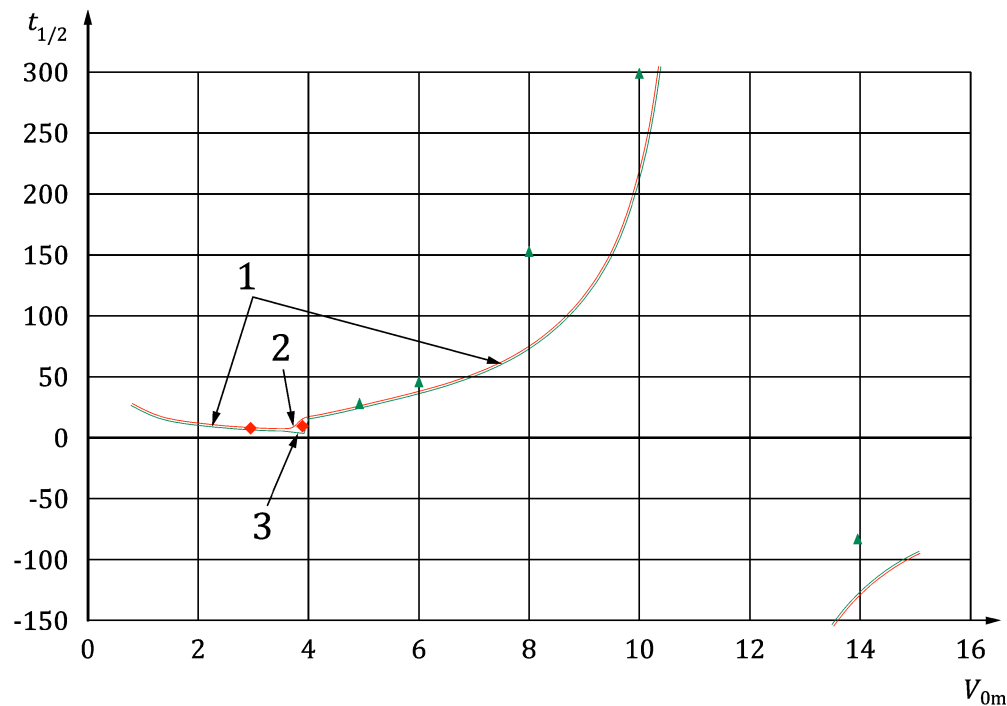
Legende

- ◆ $V_0 = 3 \text{ kn}$; $\Delta\delta_{Si} = 23^\circ$; $\Delta\theta_E = 5^\circ$
- ◇ Punkte für Ausgleichsgerade
- $V_0 = 3,9 \text{ kn}$; $\Delta\delta_{Si} = 23^\circ$; $\Delta\theta_E = 9^\circ$
- Punkte für Ausgleichsgerade
- 1 Steigung der Ausgleichsgeraden $-(\ln 2)/t_{1/2}$
- t in s

Bild 4 — Abklingverhalten des Trimmwinkels

6.4 Auswertung der Halbwertszeit

Die Halbwertszeiten $t_{1/2}$ sind entsprechend Bild 5 über der mittleren Versuchsgeschwindigkeit V_{0m} aufzutragen.



Legende

- Werte für die erste Eigenform, aus Modellversuchsdaten berechnet
- Werte für die dritte Eigenform, aus Modellversuchsdaten berechnet
- ▲ Versuchsergebnisse: Auswertung nach Bild 2
- ◆ Versuchsergebnisse: Auswertung nach Bild 4
- 1 identische Werte für erste und dritte Eigenform
- 2 dritte Eigenform
- 3 erste Eigenform
- $t_{1/2}$ in s
- V_{0m} in kn

Bild 5 — Halbwertszeit

6.5 Bezeichnung eines Mäanderversuchs

Bezeichnung eines Mäanderversuchs nach ISO 13643-5 (5), Versuch 1 (1), durchgeführt mit einer Anfangsgeschwindigkeit $V_0 = 10$ kn (10), einem Versuchs-Tiefenruderwinkel $\Delta\delta_{Si} = 5^\circ$ (05) und einem Schaltwinkel $\Delta\theta_E = 5^\circ$ (05):

Mäanderversuch ISO 13643 — 5.1 × 10/05/05