

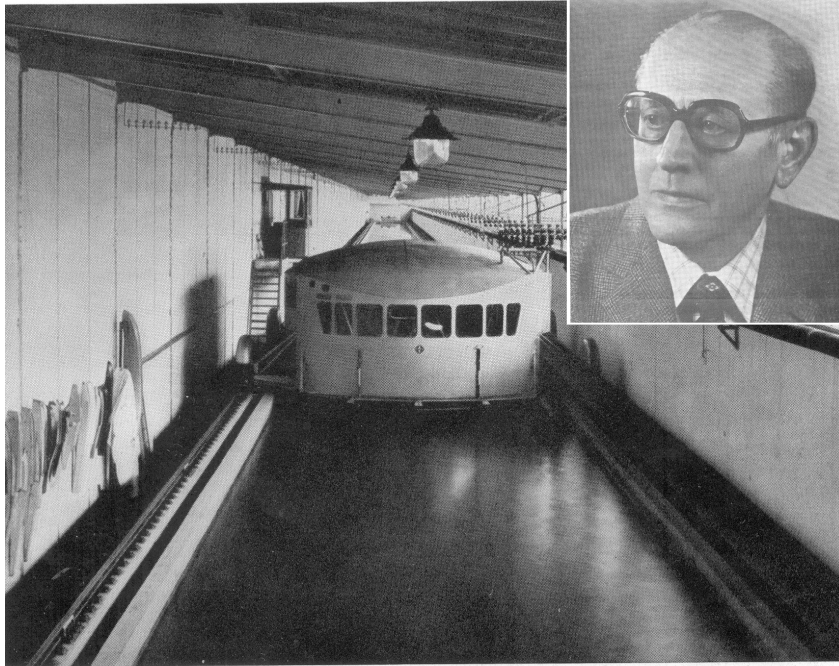


# Kritische Punkte des Entwurfs von Seeflugzeugen

 Prof. Dr.-Ing. Elmar Wilczek  
WILMAVIA, Immenstaad a.B.

HAW Hamburg, 06.11.2008

# Hamburgs Bedeutung im Seeflugwesen



## ***Institut für Seeflugwesen, DVL (1936-1945)***

- Direktor Prof. Dr.-Ing. Hans Ebner
- Schleppkanal 322 m lang, 19 m/s
- Leiter des Schleppkanals Dr.-Ing. Walter Sottorf
- DVL-Einheitsschwimmer-Familien A u. B
- Außenstelle Travemünde, Leiter Full



*R. Wagner*

## **Schwimmerflugzeuge**

- Ha 139
- Ha 140

## **Großflugboote**

- BV 138
- BV 222 Wiking
- BV 238



***Blohm & Voß – Hamburger Flugzeugbau – MBB  
heute EADS – Airbus (1933 – )***

# Anwendung bei Fluggeräten

## Wasser-(See-)fluggeräte:



Amphibisches Strahlflugboot  
*Berijew Be-200*



Amphibisches Schwimmerflugzeug  
*Cessna Caravan Amphibian*



Stauflügel-(Bodeneffekt-)gerät  
*Flightship FS8*

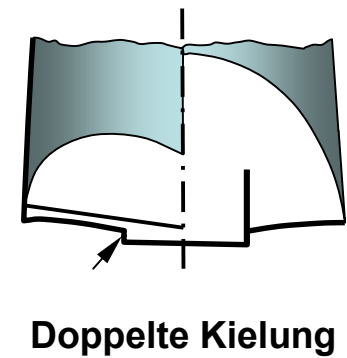
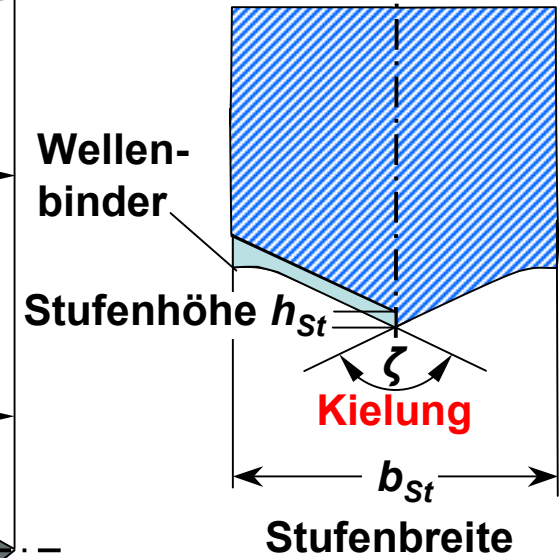
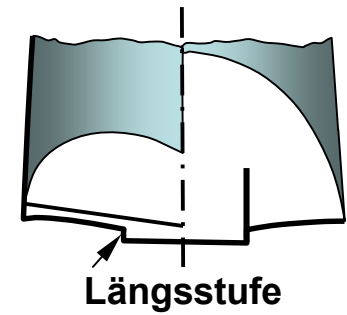
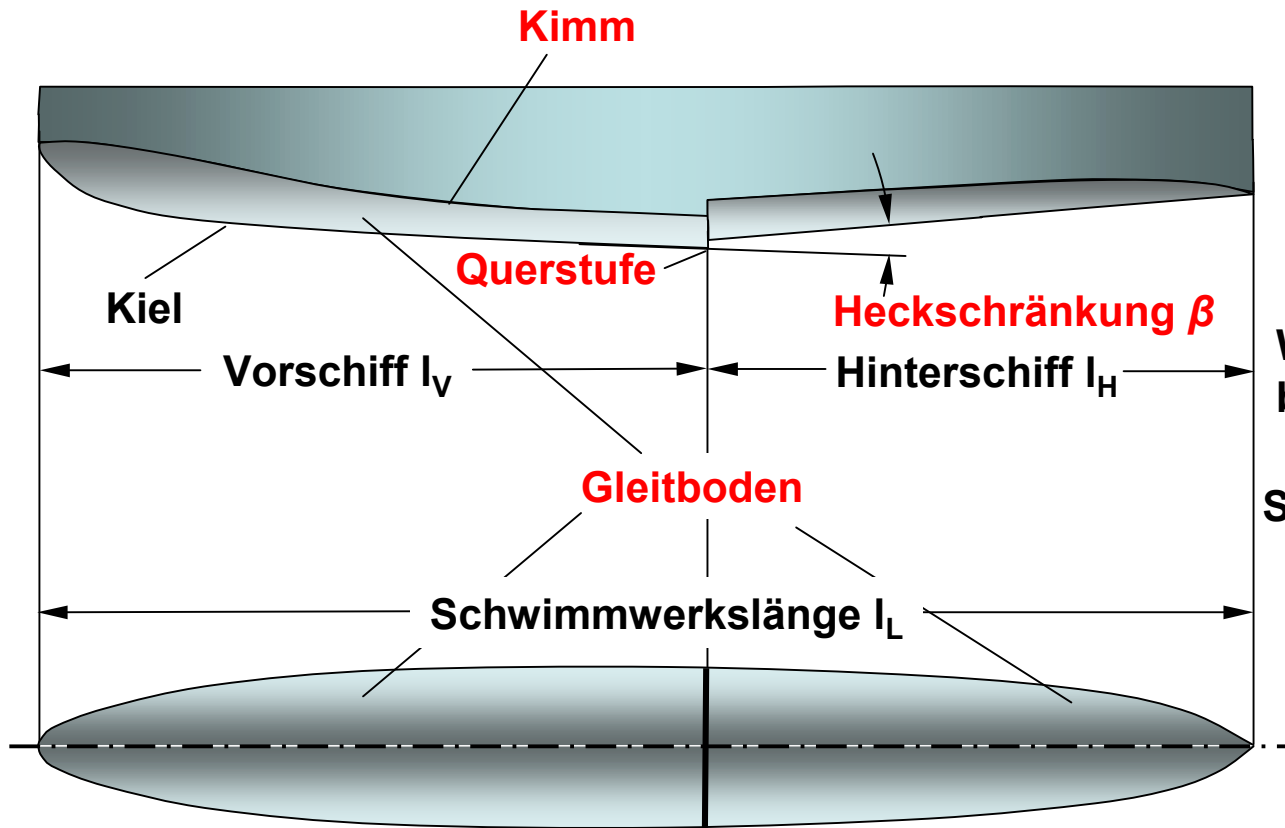
## Notwasserung von Landflugzeugen:



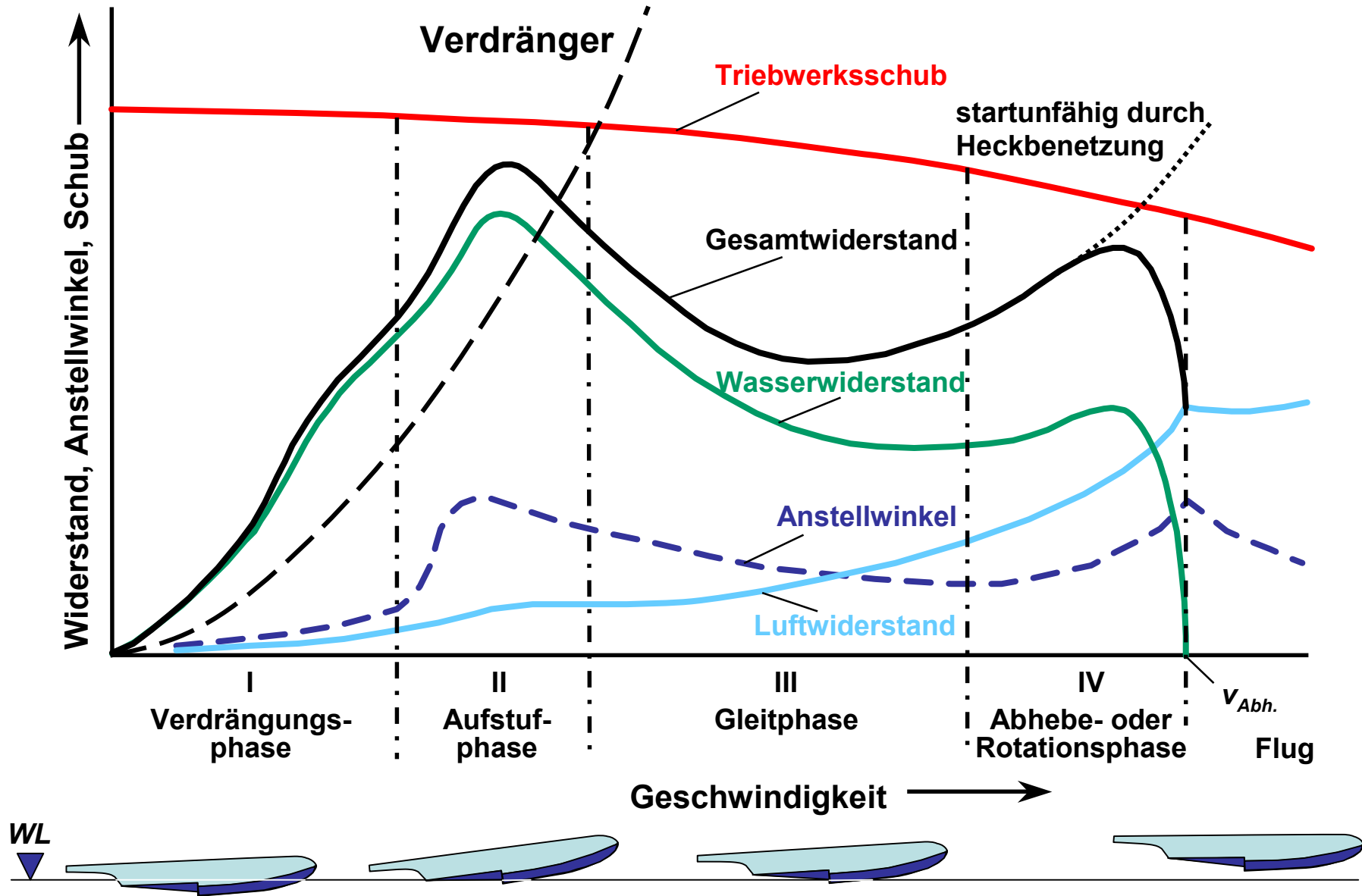
# Anforderungen an ein Seeflugzeug

- Geringer **Wasserwiderstand**
- Geringe **Spritzwasserbildung**
- Geringe **Wasserstoßkräfte** bis zum **Grenzseegang**
- Ausreichende **Schwimmstabilität** in Ruhe wie auch in Fahrt unter den vorgegebenen **Wind- und Seegangsbedingungen**
- **Keine Neigung zu Schwingungen (Tauchstampfen)** um die Quer- wie auch in Richtung der Hochachse bei Start und Wasserung
- Gutes Ansprechen von Luft- und Wasserrudern beim **Manövrieren**
- **Luvgerig** und **stabil um alle waagerechten Achsen** beim **Treiben** auf dem Wasser
- Geringer **Luftwiderstand**

# Der Schwimmer als Gleitkörper



# Startdiagramm eines Wasserflugzeugs



# Dynamische Grundgleichung für den Start eines Wasserflugzeugs

**Dynamische Grundgleichung** für die **Hauptkursachse** beim Start eines Seeflugzeugs (Windgeschwindigkeit  $v_w = 0$ ):

**Schub**  $S = W + W^* + m \cdot \frac{dv}{dt}$

Eine **Beschleunigung** findet statt, solange

$$S > (W + W^*)$$

**Beschleunigung** proportional dem **Schubüberschuß**:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{m} \cdot [S - (W + W^*)]$$

**Startzeit  $t$**

$$t = \frac{m}{2} \int_0^{v_{St}^2} \frac{1}{S - (W + W^*)} d(v^2)$$

**Startweg  $s$**

$$s = m \int_0^{v_{St}} \frac{1}{S - (W + W^*)} dv$$

# Dynamische Grundgleichung für den Start eines Wasserflugzeugs (Fortsetzung)

**Dynamische Grundgleichung** für die **Lotachse** beim Start eines Seeflugzeuges (Windgeschwindigkeit  $v_w = 0$ ):

in **Ruhe**:  $G = \gamma \cdot D$

beim **Start**:  $G = A + A_{stat}^* + A_{dyn}^* - m \cdot \frac{dw}{dt}$

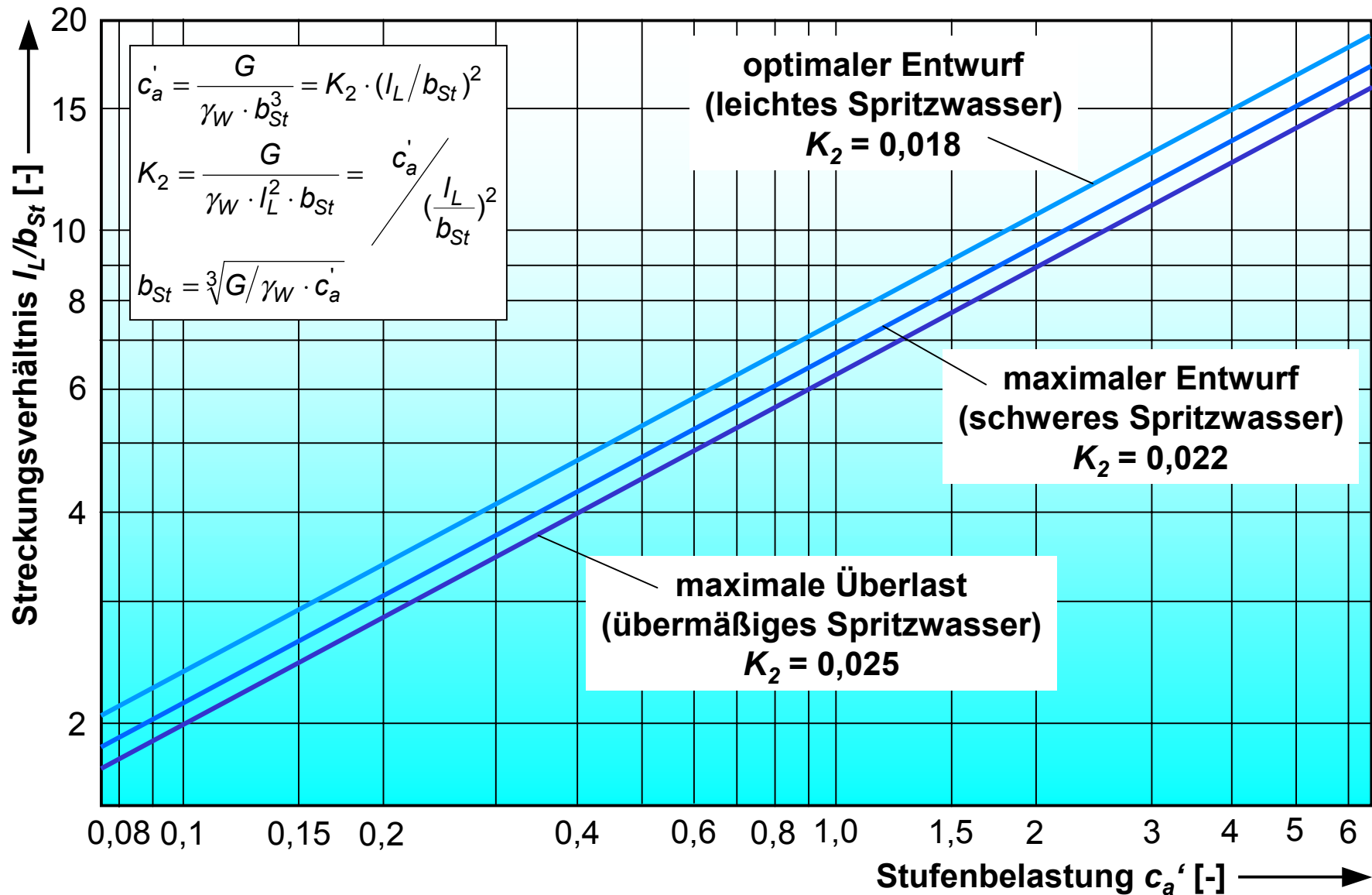
Das letzte Glied kann vernachlässigt werden, da

$$\frac{dw}{dt} \approx 0$$

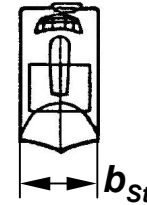
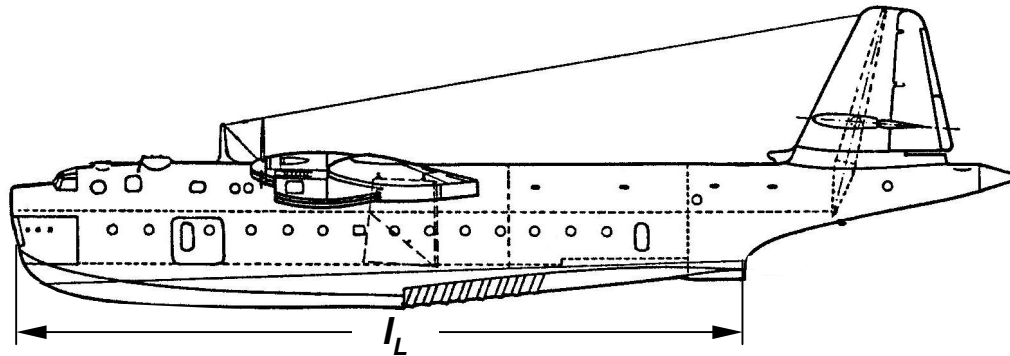
Es gilt nun insbesondere den **Wasserwiderstand  $W^*$**  und die beiden **hydrodynamischen Auftriebsanteile  $A_{stat}^*$  und  $A_{dyn}^*$** , von denen  **$W^*$  abhängt**, zu ermitteln.



# Schwimmwerksgeometrie & Spritzwasserintensität

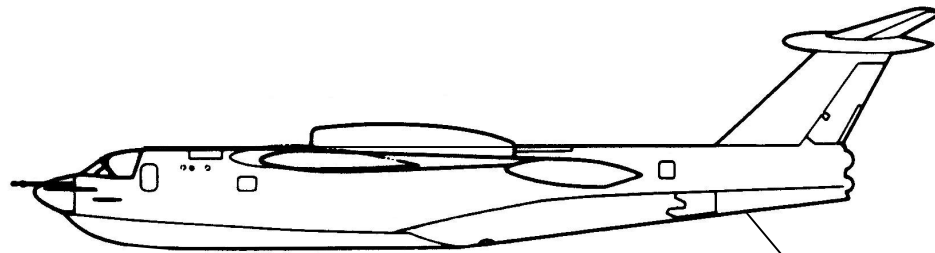


# Moderne Schwimmwerke



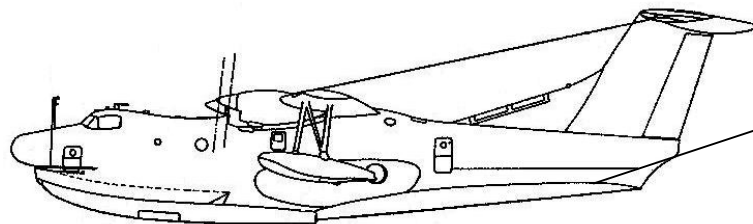
**Blohm & Voss  
BV 238 V1 (1944)**

$$l_L/b_{St} = 9,3; c_a' = 2,1 (2,2)$$



**Martin  
P6M SeaMaster (1959)**

$$l_L/b_{St} = 15; c_a' = 3,1$$



**Gleitheck  
(„planing tail“)**



**Shin Meiwa  
SS-2A (1968)**

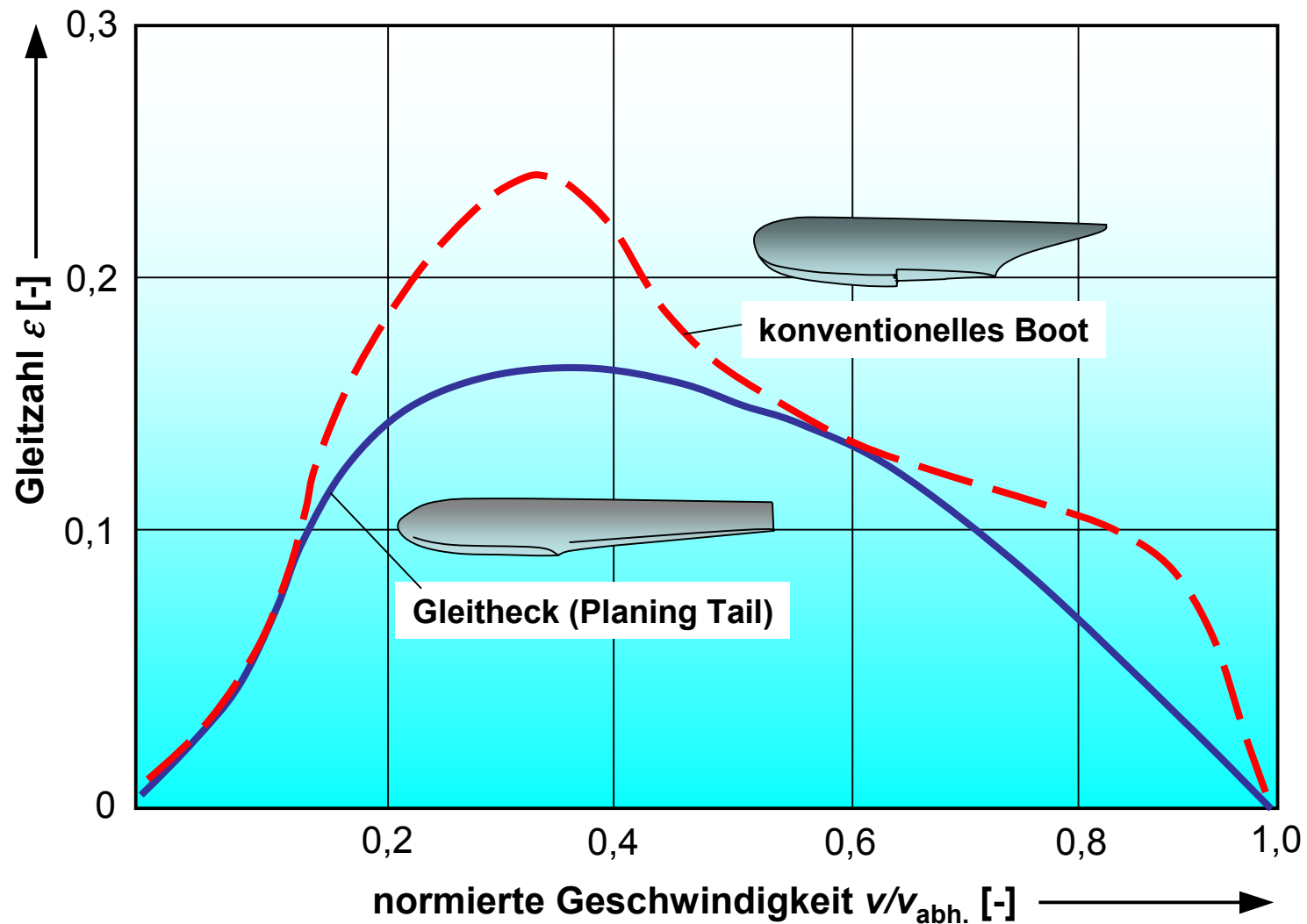
$$l_L/b_{St} \approx 11,6; c_a' = 3,1$$



**Berijew  
Be-200 (1999)**

$$l_L/b_{St} \approx 13; c_a' = 3,8$$

# Widerstandsvergleich zwischen konventionellem und Bootsboden mit Gleitheck



# Das Froudesche Ähnlichkeitsgesetz

Bei der Bewegung eines Körpers auf einer freien Flüssigkeitsoberfläche entsteht unter dem **Einfluß der Schwere** ein Wellensystem, zu dessen Erzeugung und Erhaltung Energie vom Körper in die Flüssigkeit überführt wird.

Auf den Körper wirken somit

- **Trägheitskräfte**
- **Reibungskräfte**
- **Schwerkkräfte**

## **Vollkommene dynamische Ähnlichkeit:**

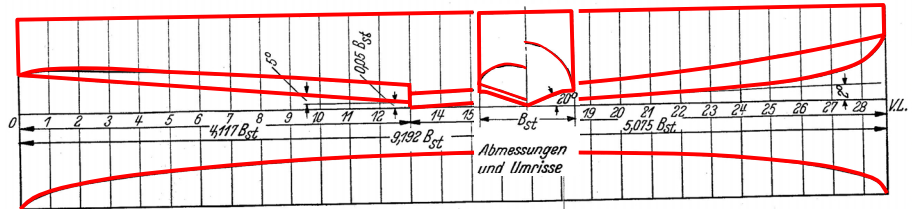
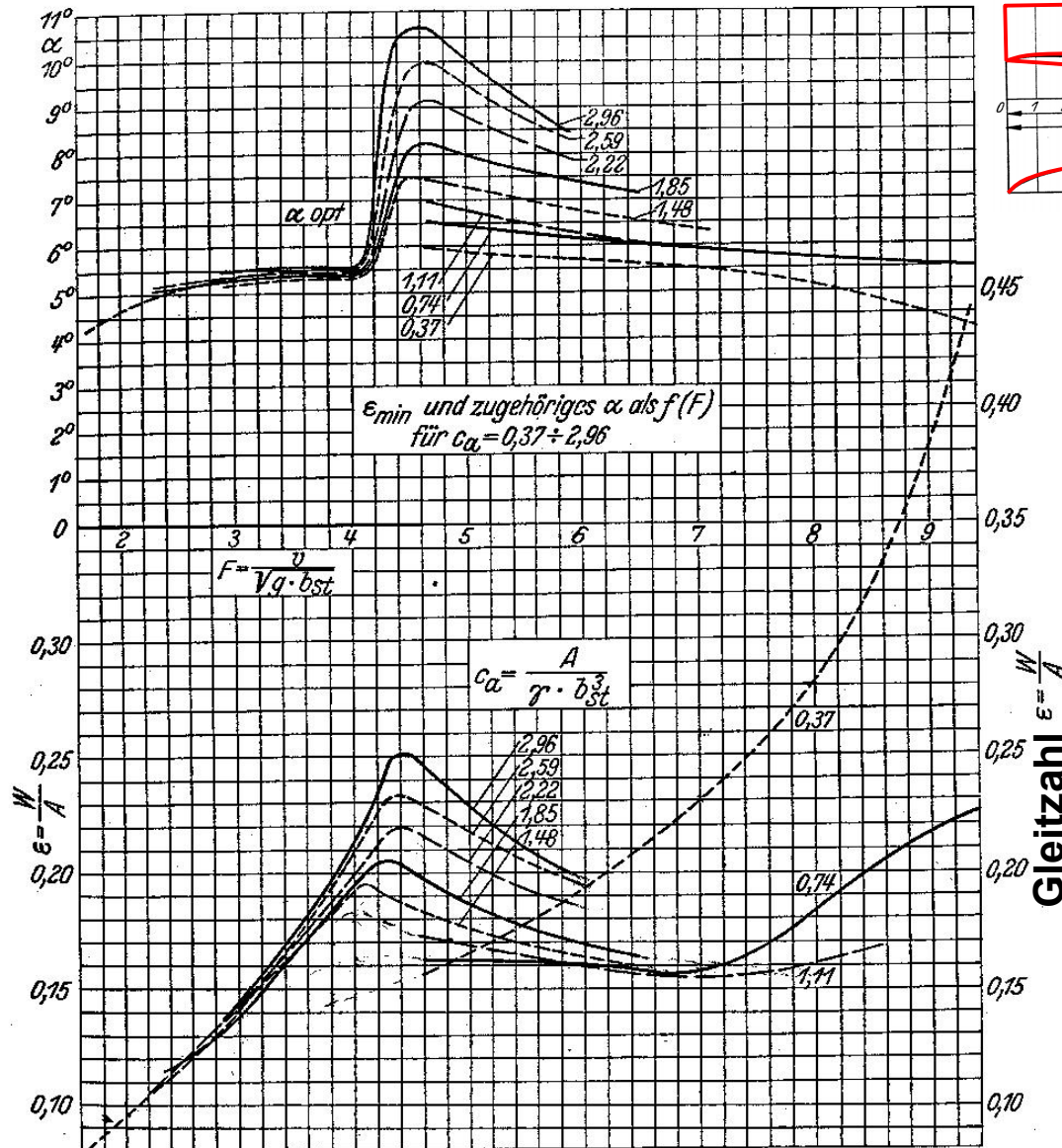
Gleichzeitige Erfüllung des **Froudeschen** und **Reynoldsschen Modellgesetzes** neben dem **Newtonschen allgemeinen Ähnlichkeitsgesetzes**, wenn bei Hauptausführung (H) und Modell (M) die Medien (Wasser, Luft) die gleichen sind  
→ **nicht erfüllbar!**

## **Das FROUDEsche Gesetz:**

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} = \frac{v}{\sqrt{g \cdot l}} = \text{const.}$$

# Messergebnisse von Schleppversuchen

Minimale Gleitzahl  $\epsilon_{\min}$  und Trimmwinkel  $\alpha_{\text{opt}}$  · DVL 7



Risse des Einheitsschwimwerks DVL 7

Kielungswinkel:  $\zeta = 140^\circ$

Schlankheitsgrad:  $l_L / b_{\text{St}} = 9,192$

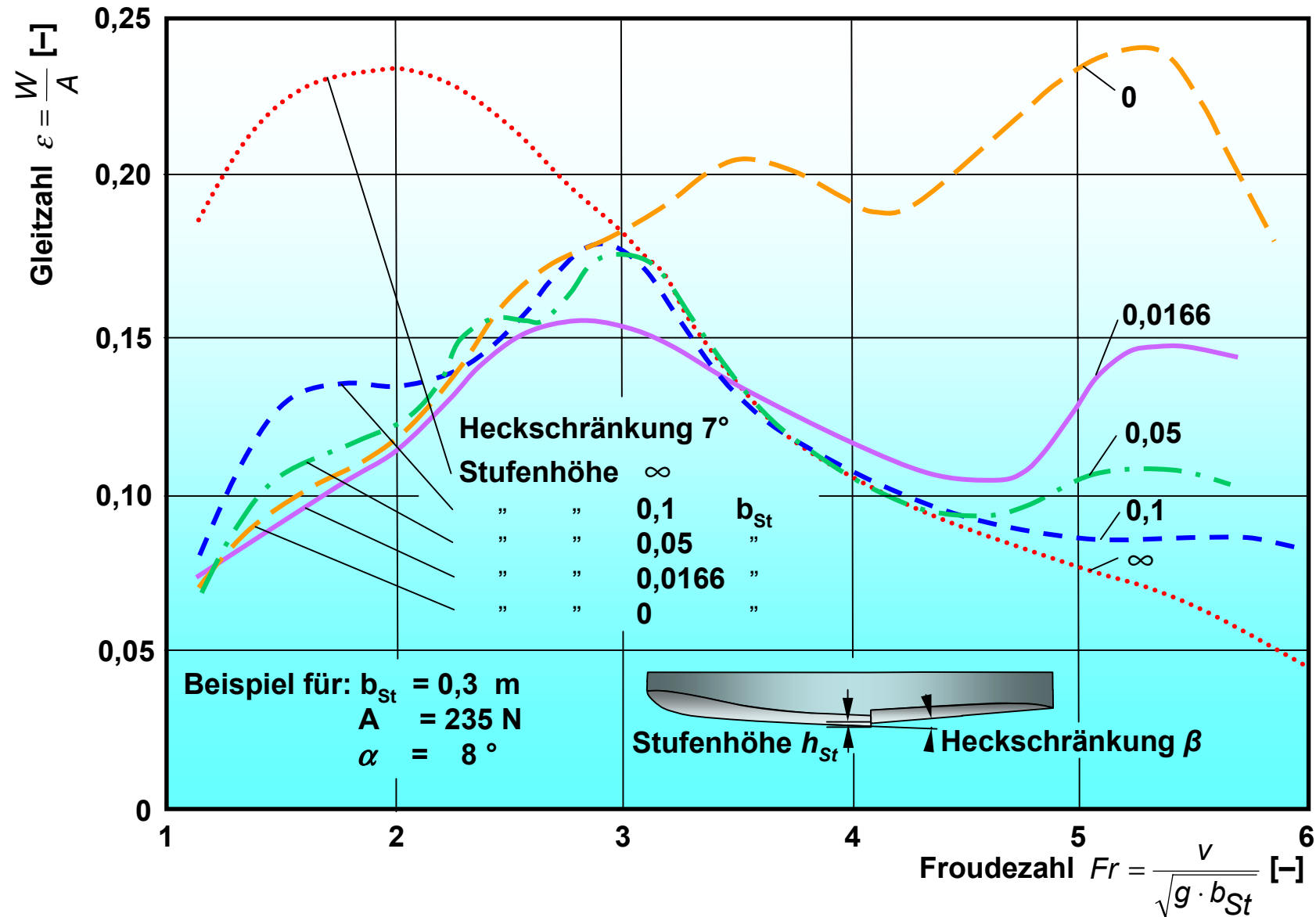
Stufenhöhe:  $h_{\text{St}} / b_{\text{St}} = 0,05$

Heckschrägung:  $\beta = 7^\circ$

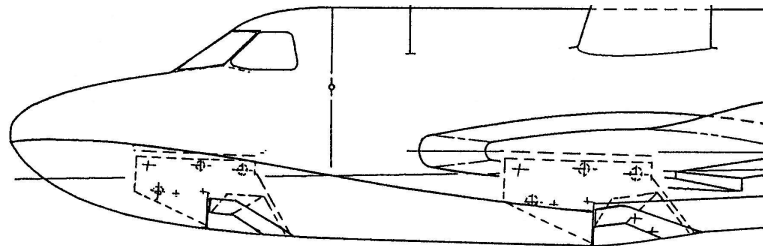
Stufenlage:  $l_{\text{St}} / l_L = 0,5521$

**Belastungsabhängige Kurvenscharen der optimalen Gleitzahlen!**

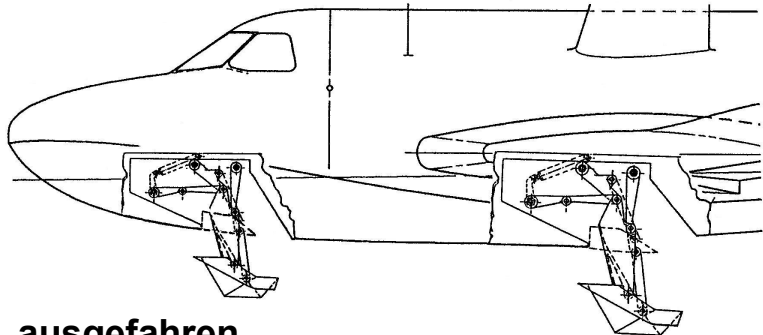
# Einfluß der Stufenhöhe auf den Gleitwiderstand



# Hydrofoilsystem zur Widerstandsverringering und Stoßlastabminderung

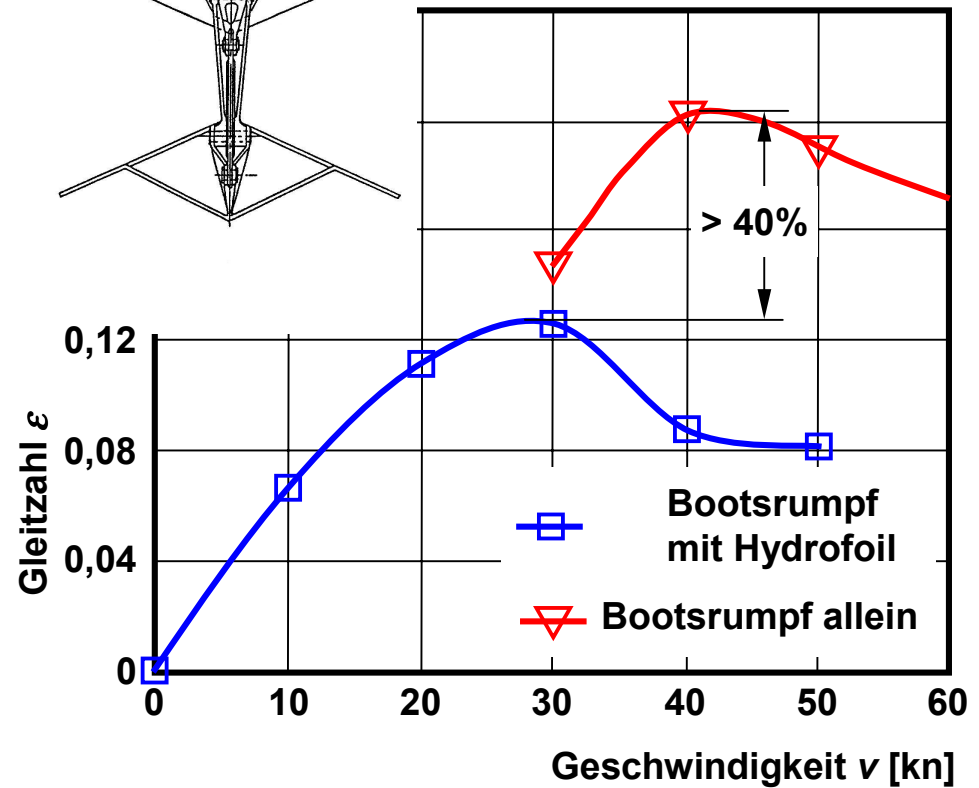
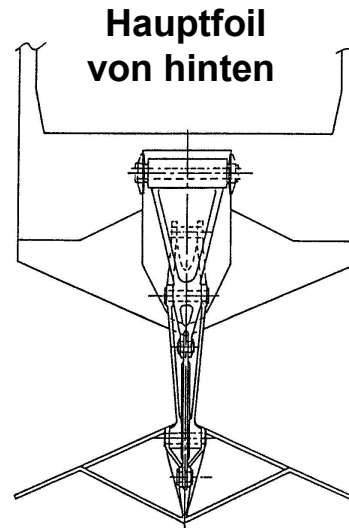


eingefahren



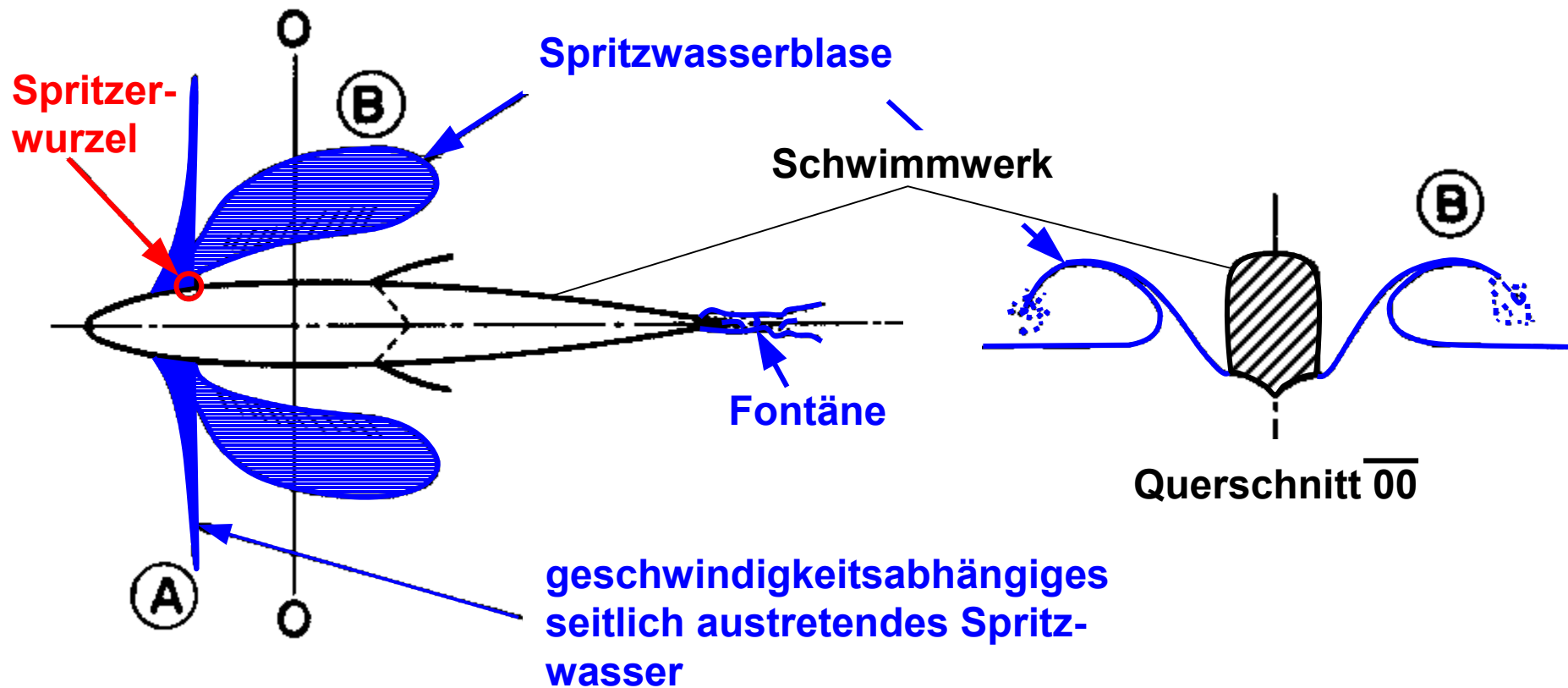
ausgefahren

Rautenfoilpatent „Hydrogear“  
von Dornier



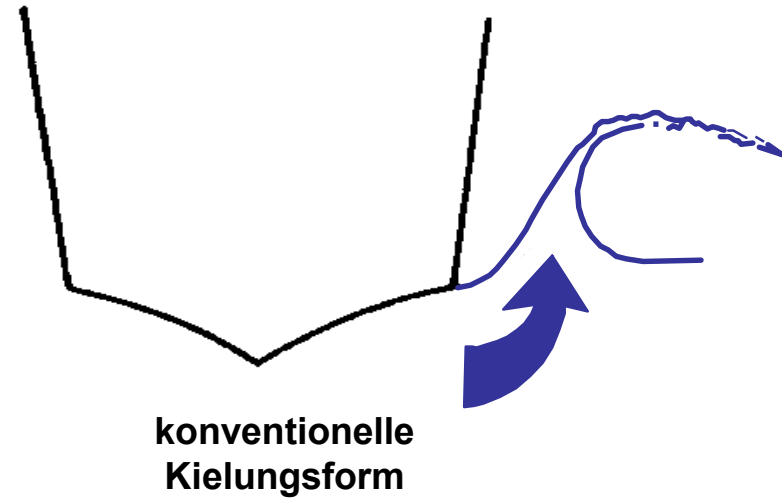
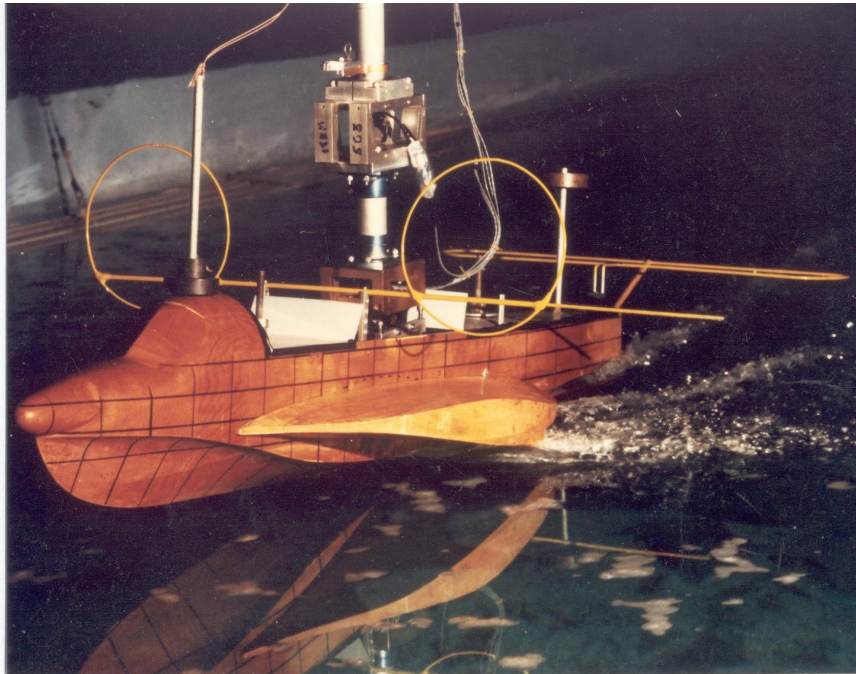
# Spritzwasser eines Schwimmwerks

Die Spritzergeschwindigkeit ist nahezu doppelt so groß wie die Gleitgeschwindigkeit des Fahrzeugs!

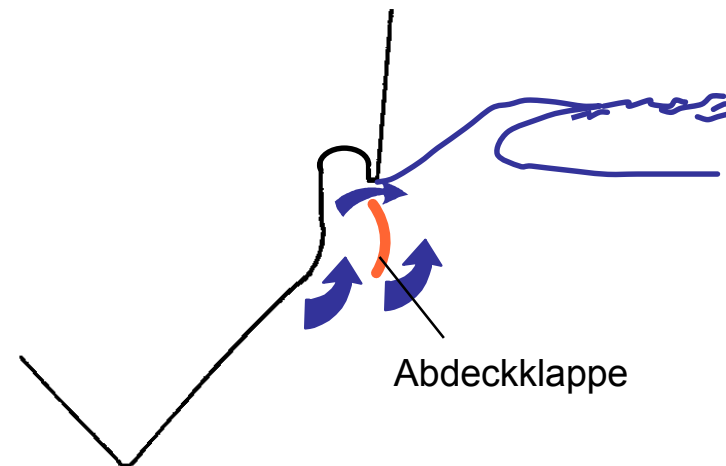
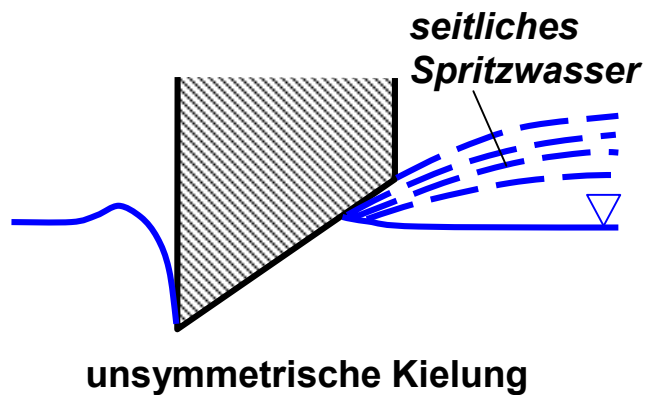




# Spritzwasserabminderung

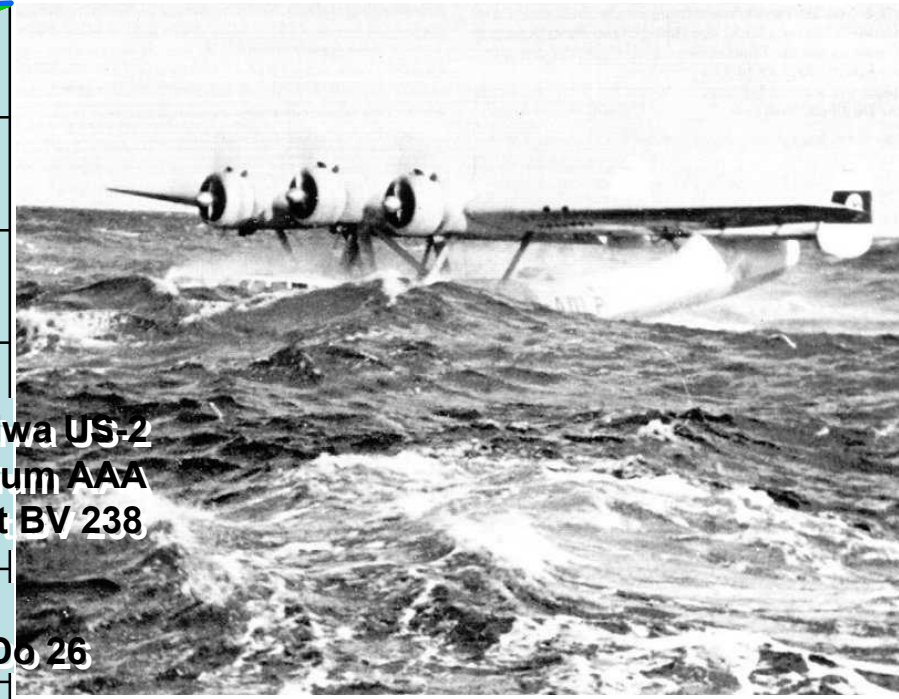
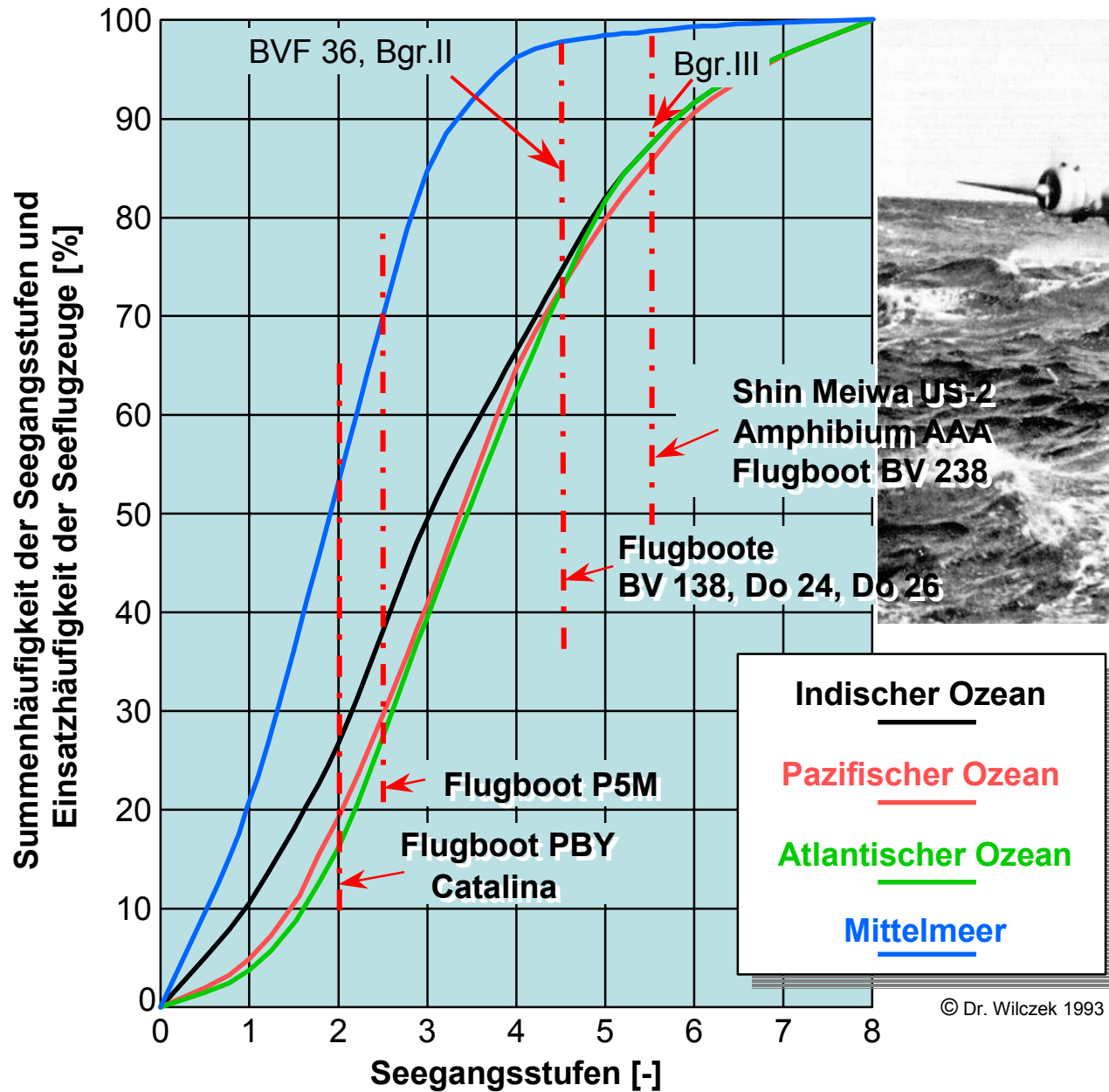


Abminderung durch **Flossenstummel**  
Typ **Dornier-Cobra**

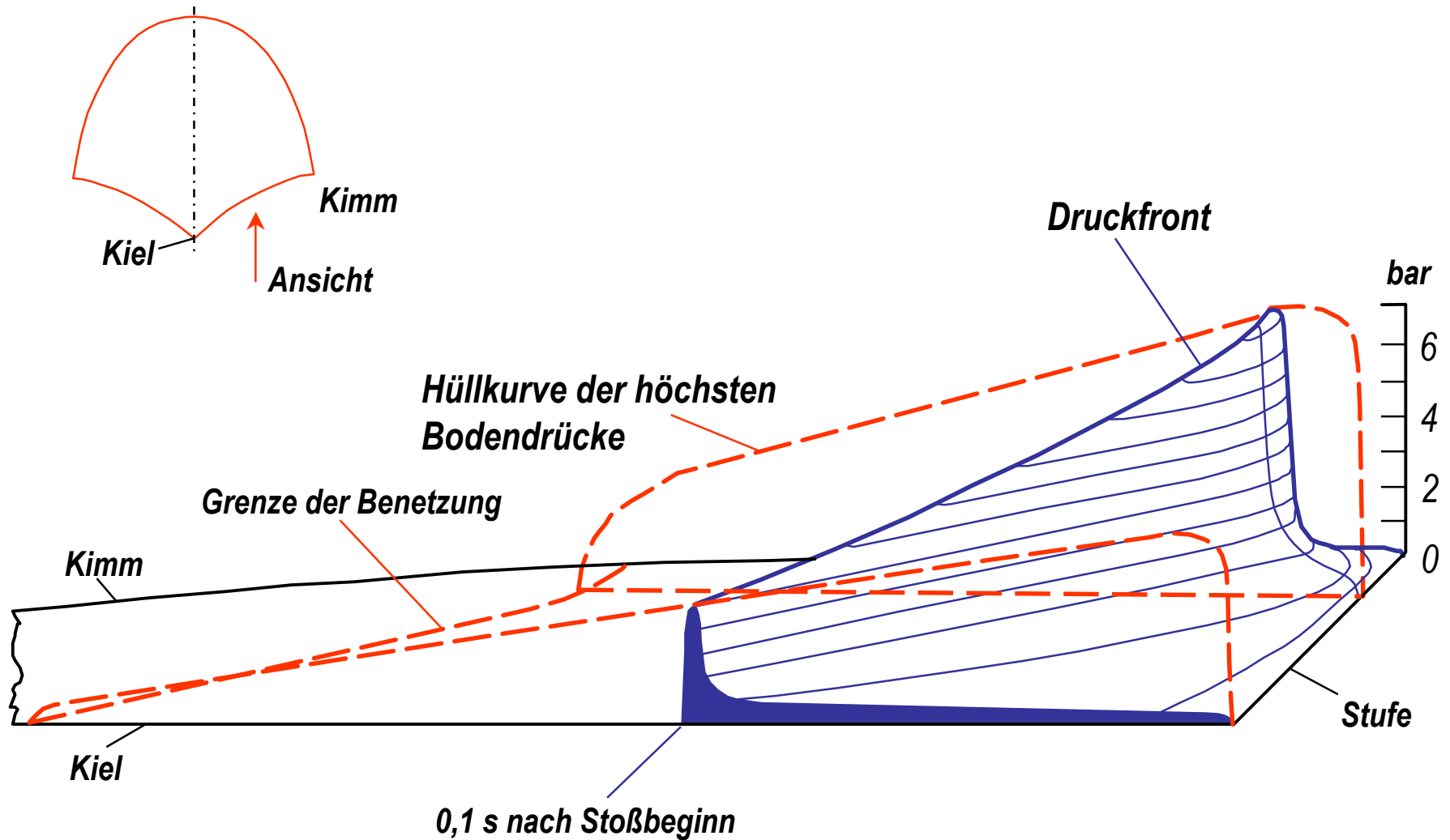


Kielung mit **Spritzwasserrinne** und **Abdeckklappe**:  
**Groove Type Spray Suppressor**

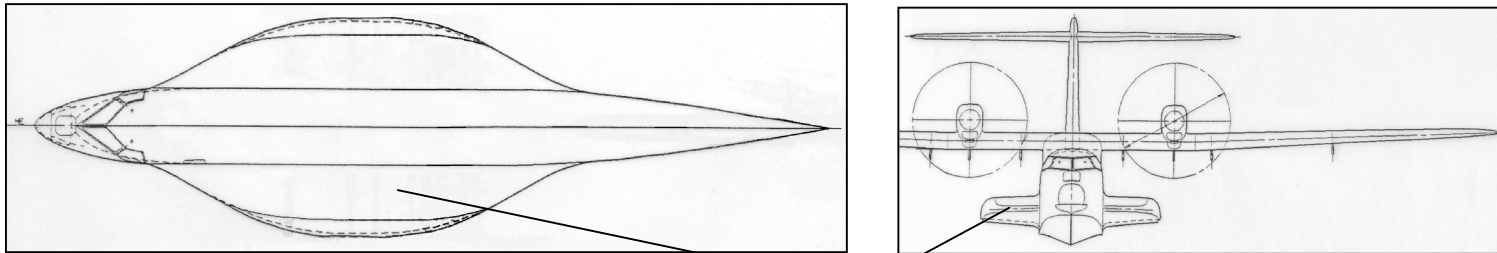
# Seegangsbegrenzung



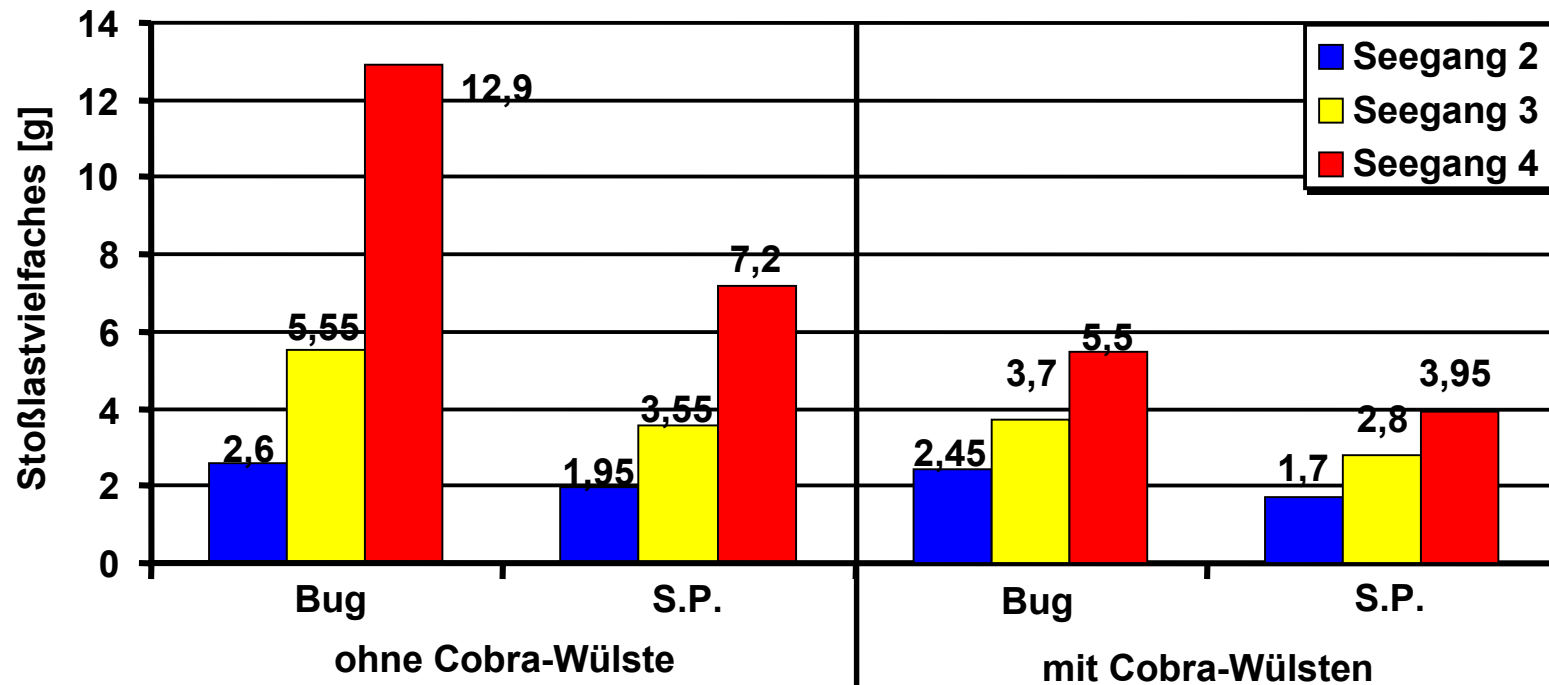
# Wasserdrücke beim aufschlagenden Schwimmwerk



# Stoßlastabminderung durch Superbodeneffekt



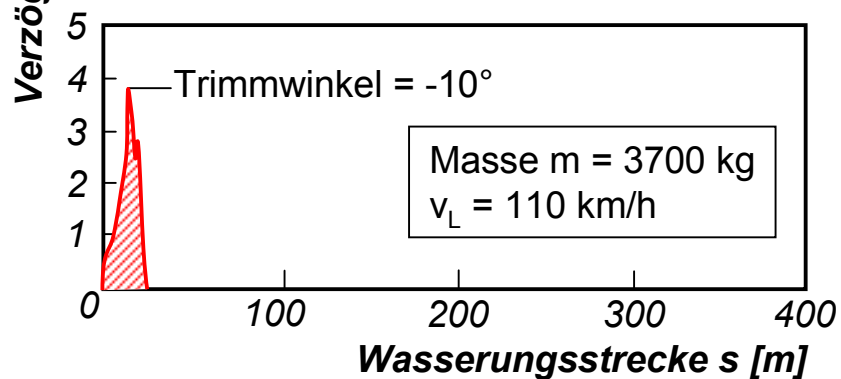
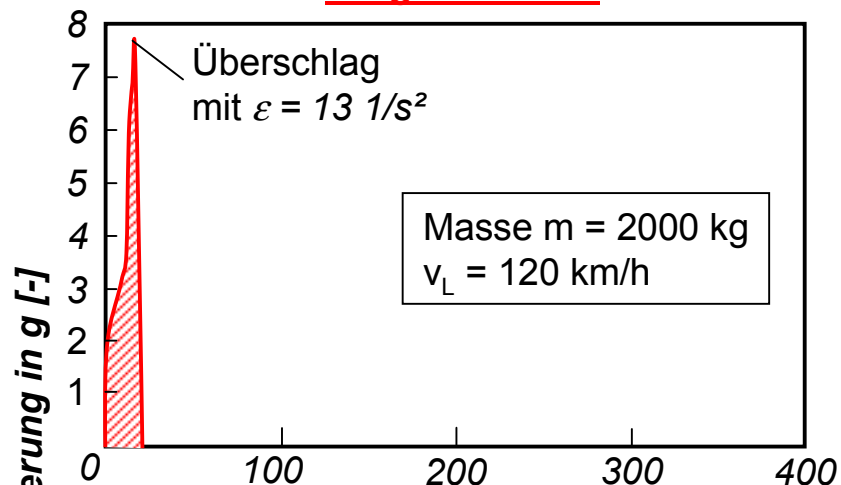
Cobra-Stabilisatoren



Stoßbelastung bei extremer Wellenhöhe im angegebenen Seegang!  
Schwerpunktlage bei 15%  $l_{\mu}$

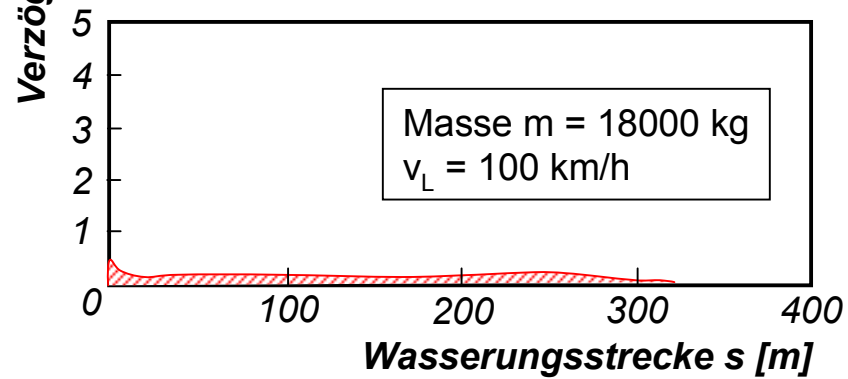
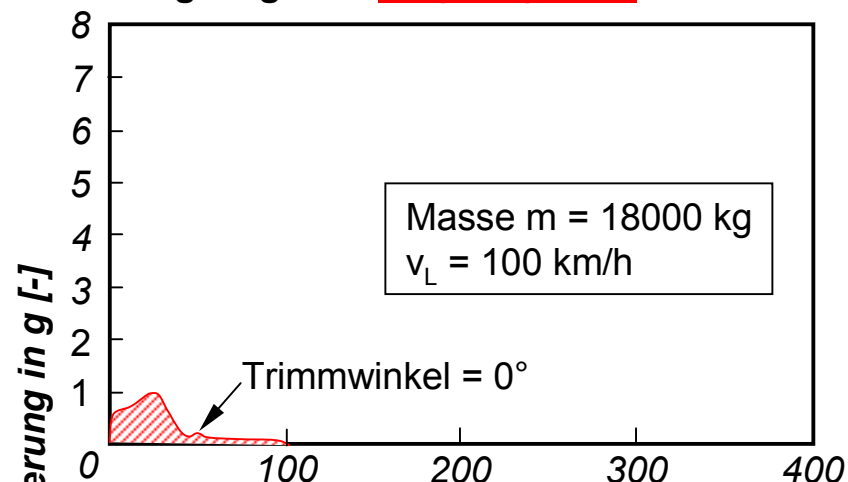
# Notwasserung von Landflugzeugen

Notwasserung eines einmotorigen Tiefdeckers mit ausgefahretem Fahrwerk



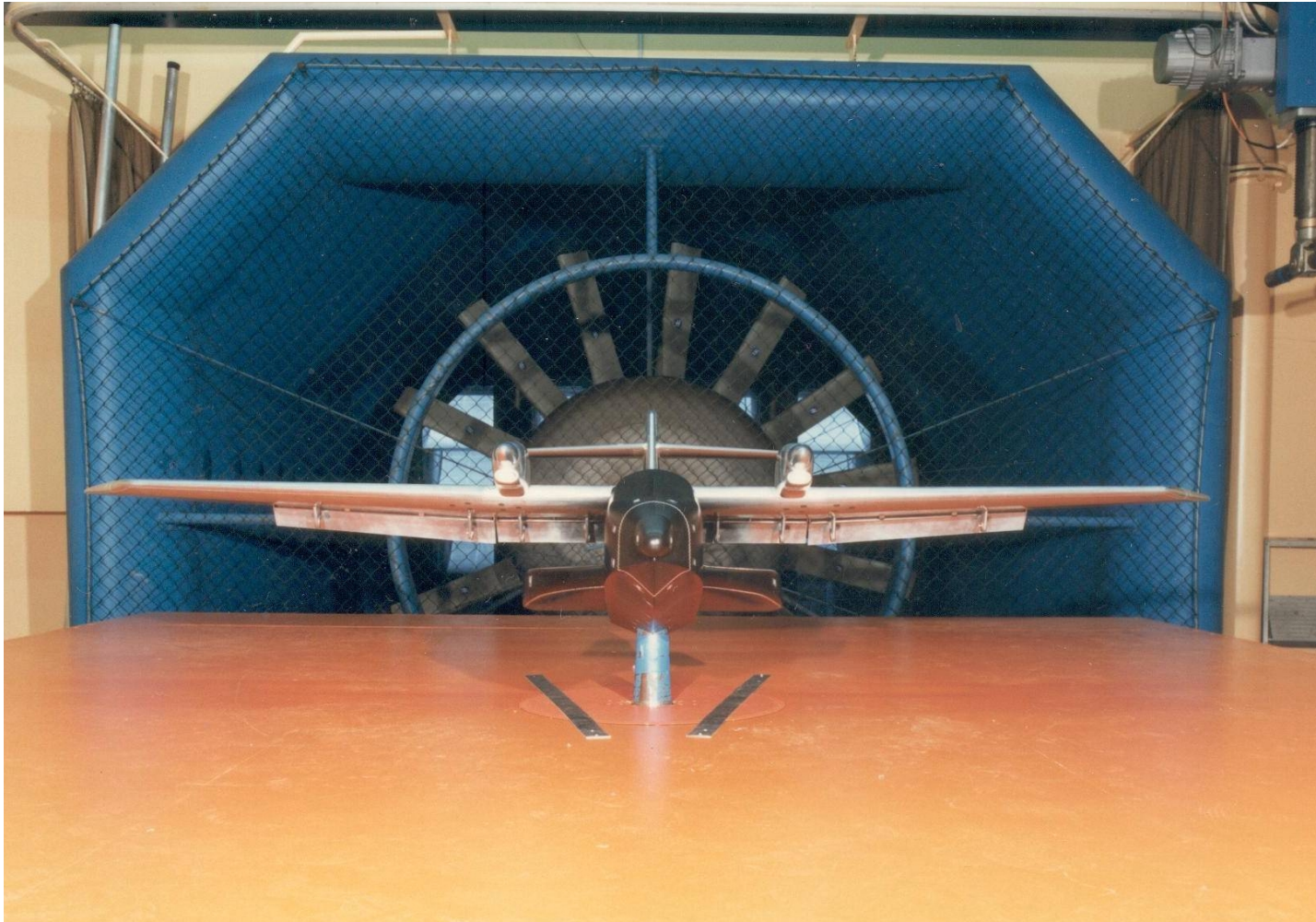
Notwasserung eines einmotorigen Tiefdeckers mit eingezogenem Fahrwerk

Notwasserung eines dafür optimierten Landflugzeugs mit eingezogenem Fahrwerk



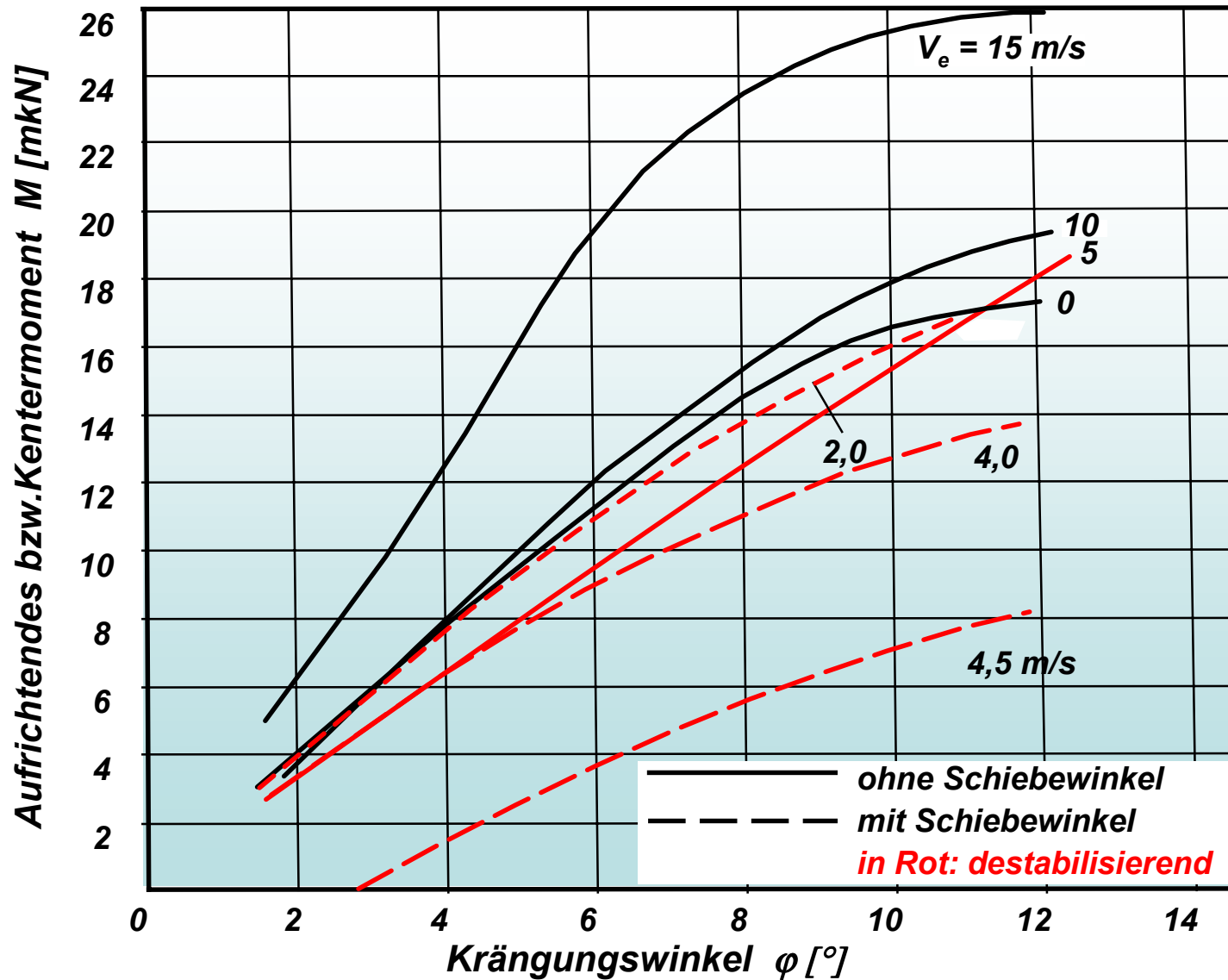
Wasserung eines Flugbootes zum Vergleich

# Schwimmstabilität & Anblasung

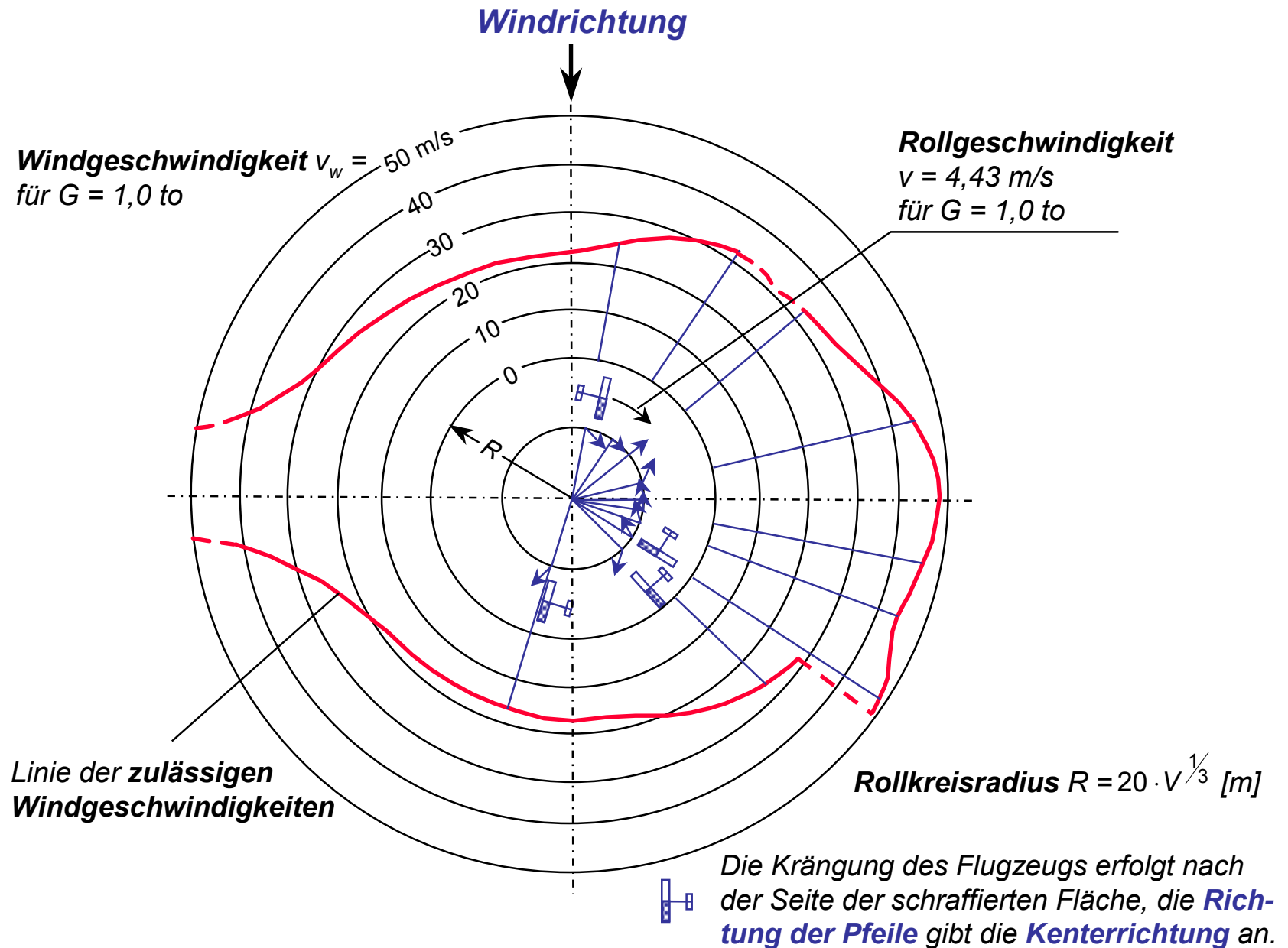


# Querstabilität eines Zweischwimmerflugzeuges in Fahrt

(ohne und mit Schiebewinkel ( $10^\circ$ );  $V_e$  = Eigengeschwindigkeit)

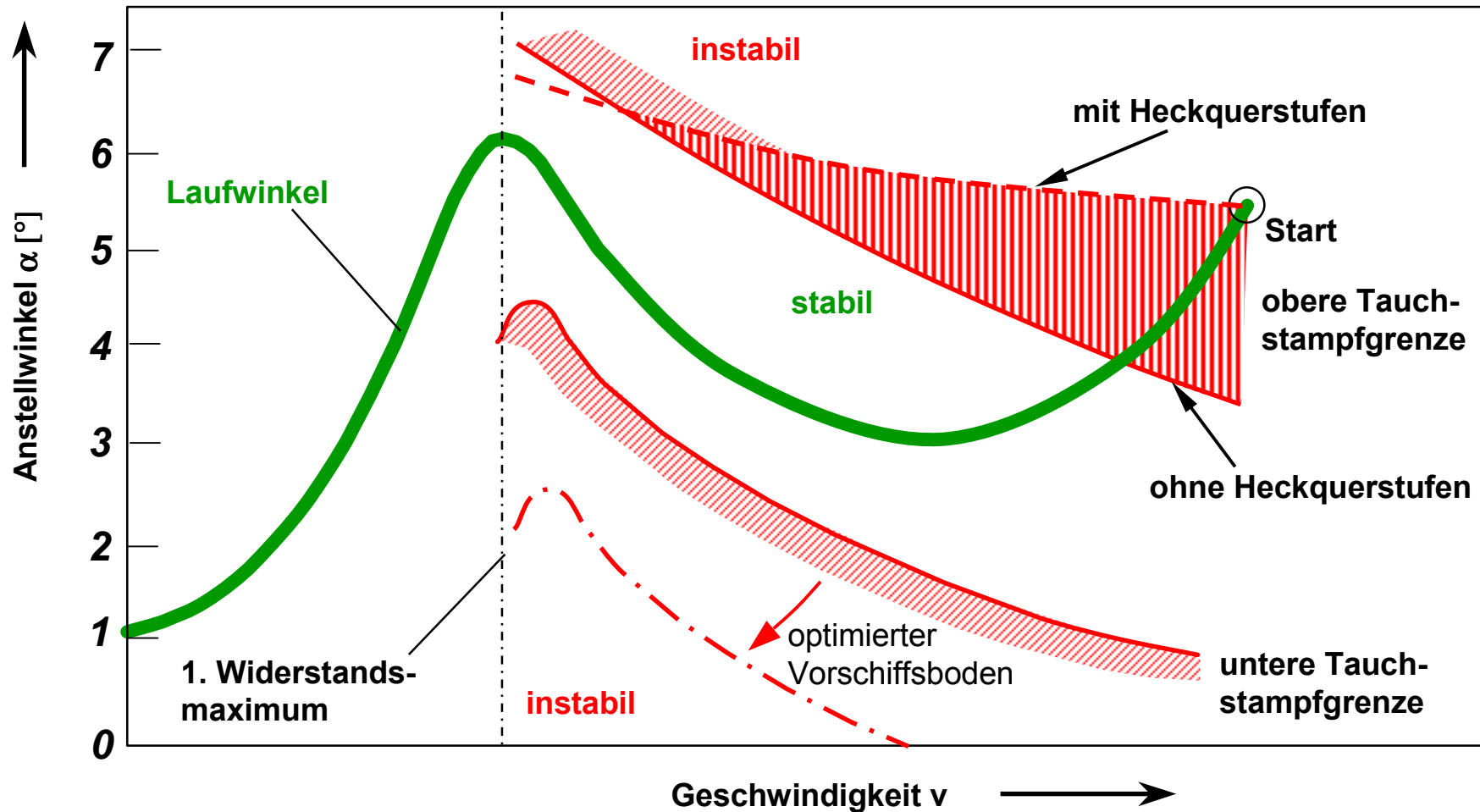
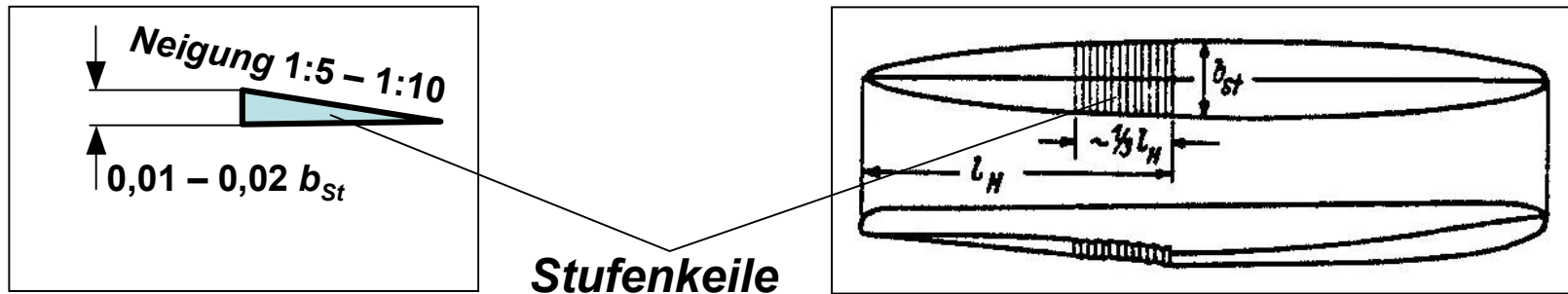


# Zulässige Windgeschwindigkeiten für das 1-t-Flugzeug beim Durchrollen eines Kreises ohne Schiebewinkeleinfluß


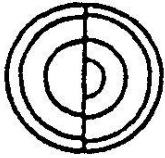

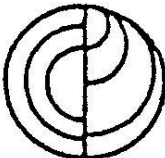
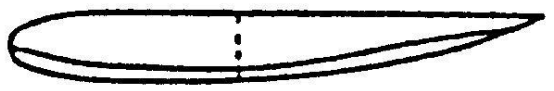
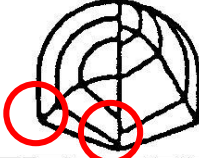

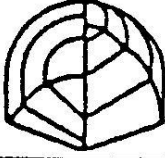

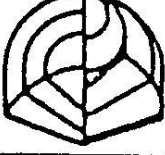




# Dynamische Instabilität: Tauchstampfen

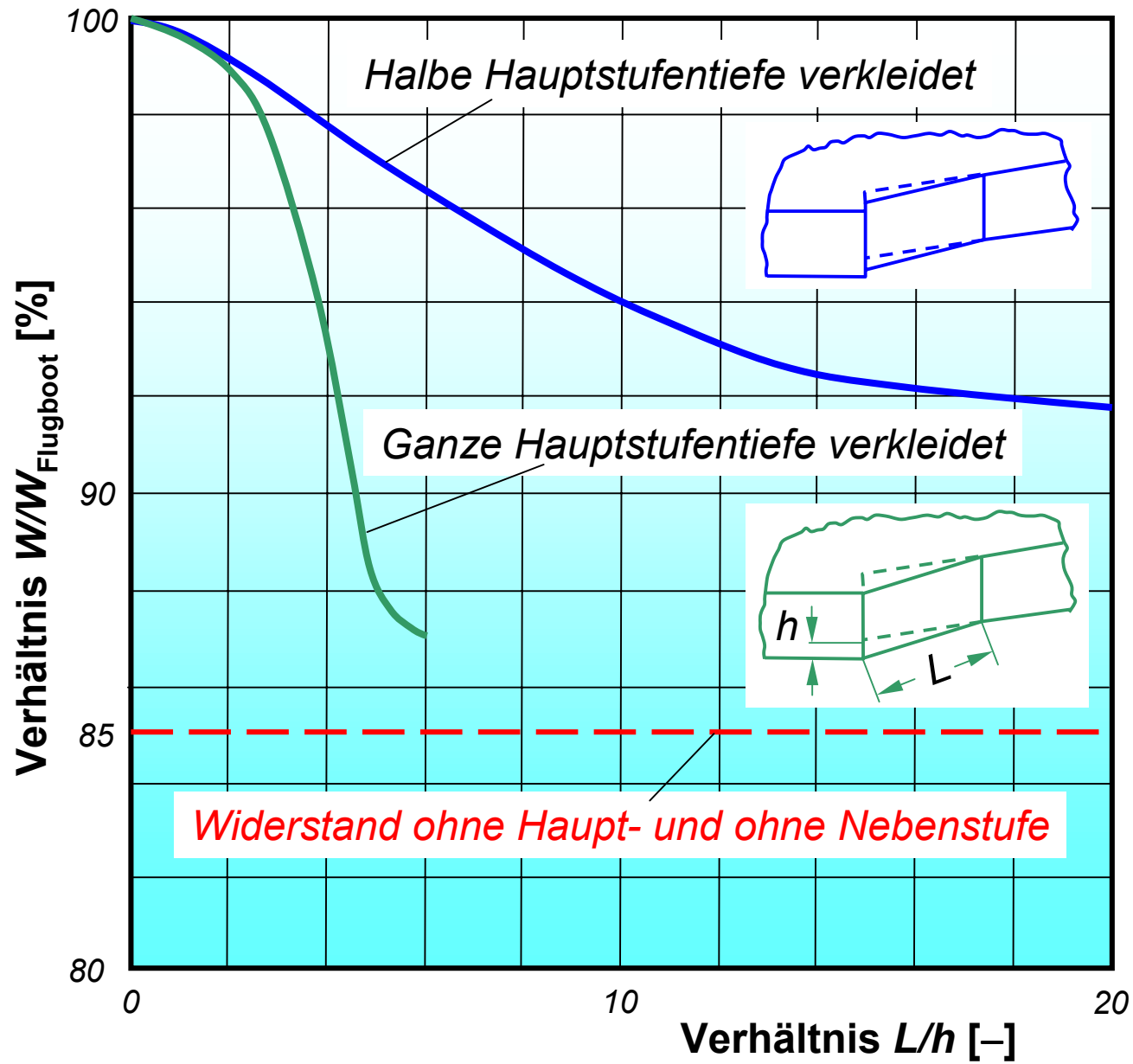


# Luftwiderstand verschiedener Elemente des Schwimmwerks eines Flugbootes

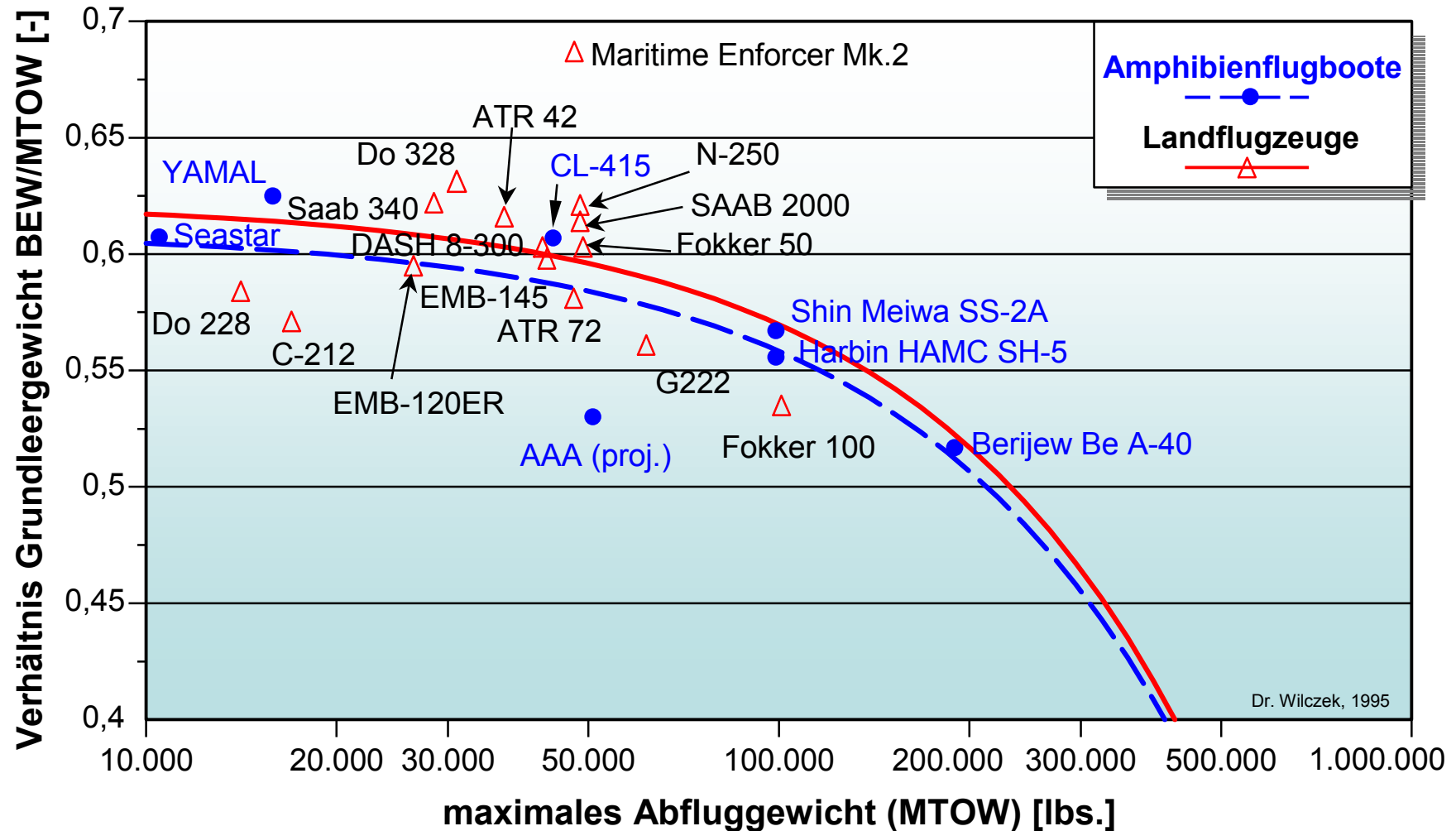
		Widerstands- verhältnis	Entwicklungsstufe
		69%	<b>Stromlinienkörper Spantquerschnitte kreisförmig</b>
		78%	<b>Heck hochgezogen Spantquerschnitte kreisförmig</b>
		83%	<b>V-förmiger Gleitboden</b>
		85%	<b>Flugboot ohne Stufen</b>
		100%	<b>Flugboot mit Stufen</b>

nach B. Göthert und Ribnitz

# Stufenverkleidungen



# Strukturmassen von Amphibienflugbooten und zweimotorigen Landflugzeugen

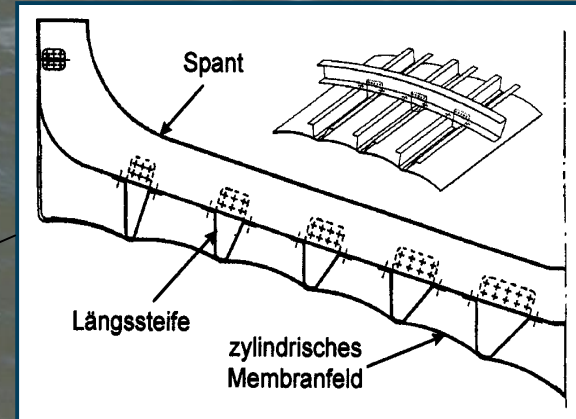


# Neue Seeflug- Technologien

## Erhöhter Triebwerksschutz

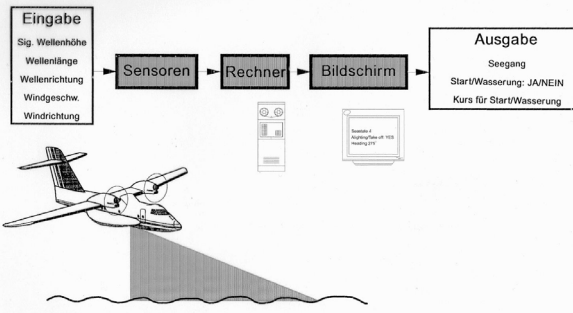


## Unkonventionelle korrosionsresistente Werkstoffe und Bauweisen

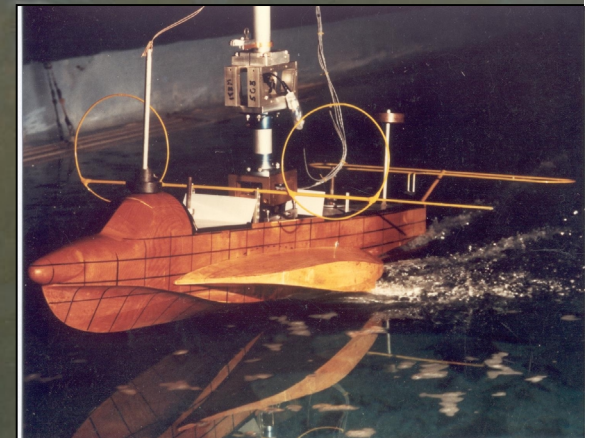


## Missionsgerechte Avionik und Seausrüstung

Seegangsanzeiger & Entscheidungshilfe für Start und Wasserung



## Verbesserte Hydro- und Aerodynamik



# Moderne Amphibienflugzeuge und Entwürfe



**Shin Meiwa US-2**



**Berijew Be-200**



**Alenia Dornier AAA**



**Berijew Be-2500**

# Moderne Stauflügelgeräte und Entwürfe



**Hoverwing 2VT**



**Seafalcon**

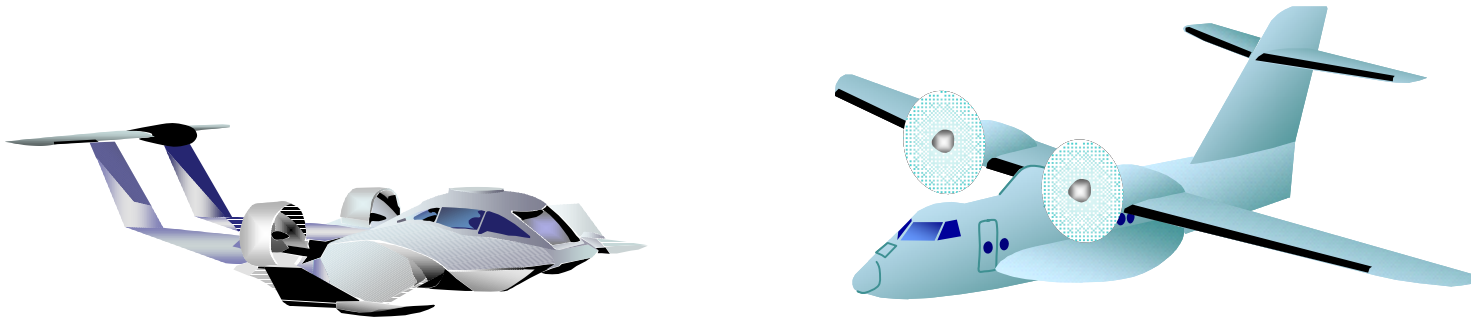


**Hoverwing 20**



**Flyship FS 80**

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Weitere Informationen zum Thema im Internet:  
[www.wilmavia.com](http://www.wilmavia.com)