

# Institut für Fluidsystemtechnik

## Vorlesung Kavitation WS 2011/12



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Dr.-Ing. Gerhard Ludwig



# Inhaltsübersicht - Vorlesung „Kavitation“



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

- 1 Einführung**
- 2 Physikalische Grundlagen**
- 3 Untersuchungen zum Kavitationsbeginn**
- 4 Fortgeschrittene Kavitation**
- 5 Auswirkungen der Kavitation**

# Bücher zur Vertiefung des Stoffes der Vorlesung „Kavitation“



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## **KNAPP/DAILY/HAMMIT**

„Cavitation“

McGraw-Hill Book Company

## **ISAY**

„Kavitation“

Schiffahrts-Verlag Hansa C  
Schroedter & Co.

## **YOUNG**

„Cavitation“

McGraw-Hill Book Company

## **BRENNEN**

„Cavitation and Bubble Dynamics“

McGraw-Hill Book Company

## **LECOFFRE**

„La cavitation“

Hermes Verlag Paris

## **FRANC/MICHEL**

„Fundamentals of Cavitation“

Springer Netherlands



- 1.1** Definition des Begriffs Kavitation
- 1.2** Kavitation - Technische Bedeutung
- 1.3** Formen der Kavitation
- 1.4** Hydrodynamische Ursachen für das Entstehen von Kavitation
  - 1.4.1** Innenströmung
  - 1.4.2** Außenströmung
  - 1.4.3** Orte möglicher Kavitation in einer Kreiselpumpe
- 1.5** Einflussparameter auf den Kavitationsbeginn
  - 1.5.1** Beispiel Zugspannungsfestigkeit
  - 1.5.2** Beispiel Strahl-Vermischungszone

# 1.1 Definition des Begriffs Kavitation (1/2)

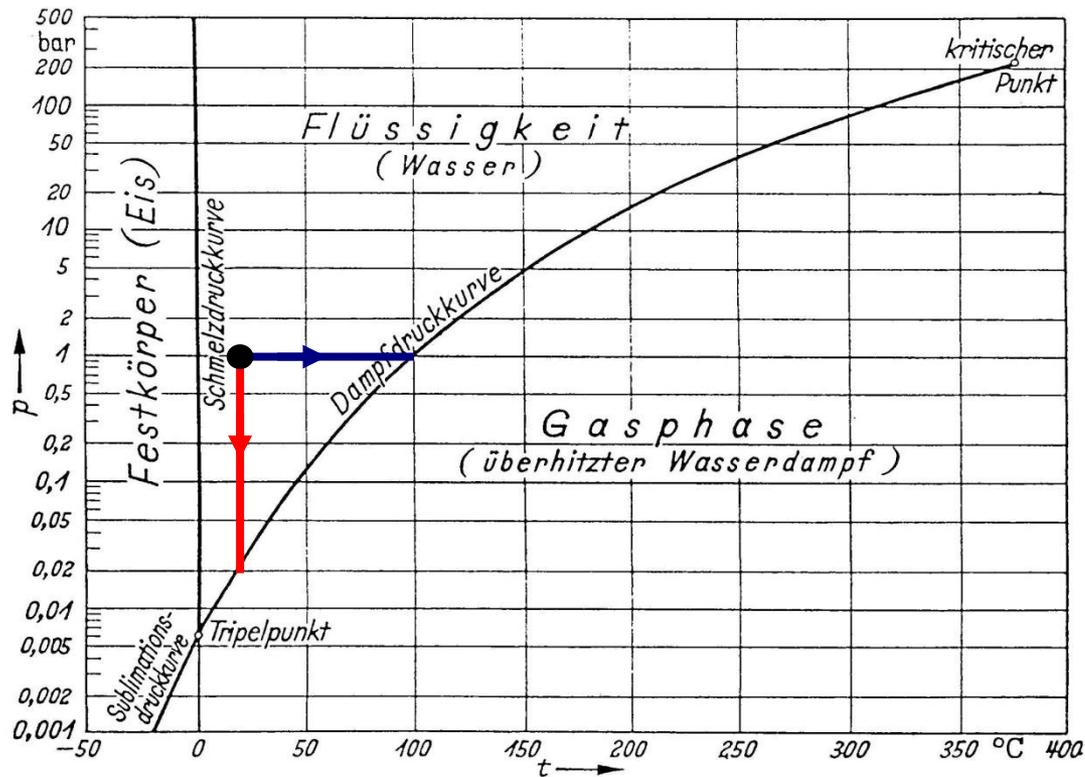
- Örtliche begrenzte Phasenänderung in Flüssigkeiten infolge **hydrodynamischer Druckabsenkung** (d.h. in Verbindung mit Bewegung) von flüssig nach gasförmig.
- Entstehung von dampf- und gasgefüllten Hohlräumen (=„**cavities**“).

Gegensatz: Kochen oder Sieden

Verdampfung hervorgerufen durch Wärmezufuhr oder Absinken des statischen Druckes in der Flüssigkeit.

- Die entstandenen Dampfblasen werden von der Strömung mitgenommen und fallen **implosionsartig** zusammen, wenn der Druck wieder über den Dampfdruck ansteigt.
- Der vollständige Vorgang besteht somit aus **Verdampfung** und **Rückkondensation**.

# 1.1 Definition des Begriffs Kavitation (2/2)



Dampfdruckkurve, Schmelzdruckkurve und Sublimationsdruckkurve von Wasser im  $p, t$ -Diagramm

**Siedevorgang**



**Kochen**

**Druckabsenkung**



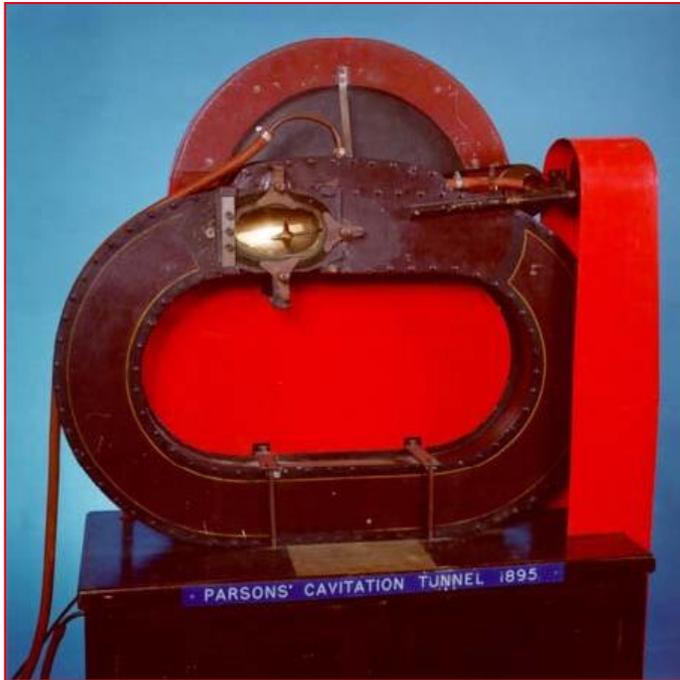
**z.B. in Rohrleitung**



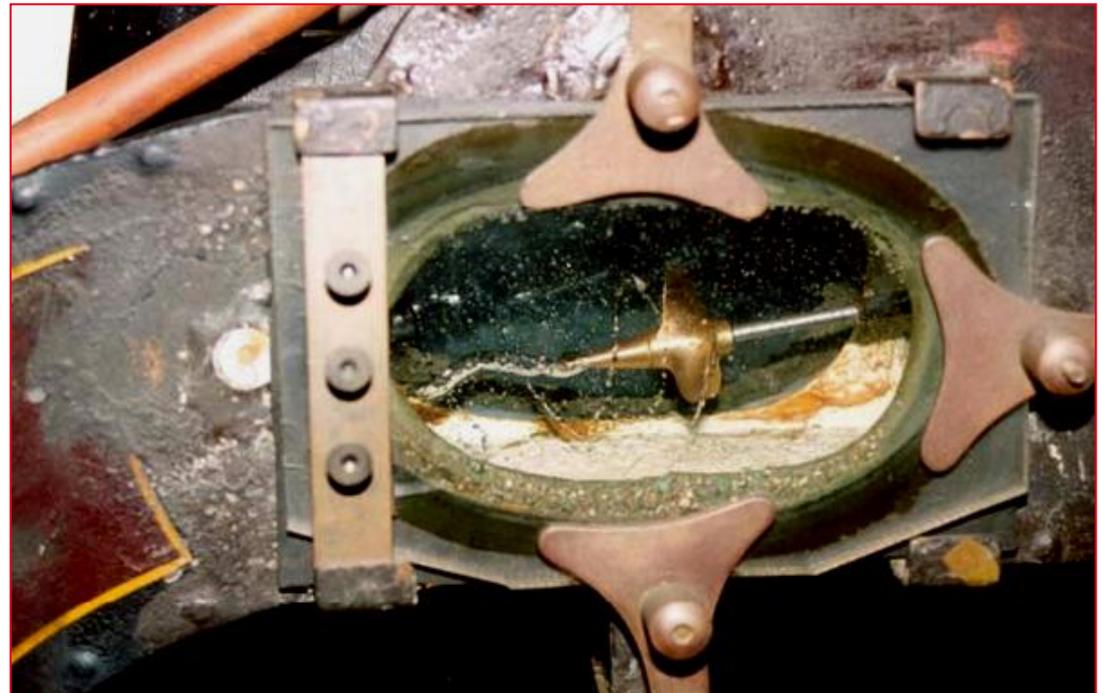
### Historie

- Im Jahre 1895 erreichte ein neuer Zerstörer der englischen Marine seine vorgesehene Geschwindigkeit nicht. Der Grund dafür wurde in dampfgefüllten „cavities“ auf der Propellerschaufel vermutet.
- Erste grundsätzliche Untersuchung zur Kavitation an **Schiffpropellern** von **Sir Thornycroft** und **Barnaby**.
- **Sir Charles Parsons** baut **1895** den **ersten Kavitationskanal** zur Untersuchung von Kavitationsphänomenen an Schiffspropellern
- **Um die Jahrhundertwende** wurden mit steigender Antriebsleistung der Schiffspropeller in zunehmenden Maße **starke Materialzerstörungen** an den Schaufeln festgestellt.
- Bereits **1754** sagte **Leonhard Euler** anhand theoretischer Betrachtungen das mögliche Auftreten von Kavitation vorher.

## 1.2 Kavitation – Technische Bedeutung (2/4)



Erster Kavitationskanal gebaut von  
Sir Charles Parsons (1895)





### Auswirkungen

- Ausbildung einer Zweiphasenströmung, wodurch sich der freie Querschnitt einer Strömungsmaschine verengt.
  - Veränderung in der **Kennlinie** der Maschine (Wirkungsgradabfall, Förderhöhenabnahme).
- Auftreten starker **Schwingungen**.
- Auftreten erheblicher **Geräusche**.
- **Werkstoffzerstörung** infolge der bei der Blasenimplosion (d.h. der Rückkondensation) auftretenden hochfrequenten **Druckstöße**.

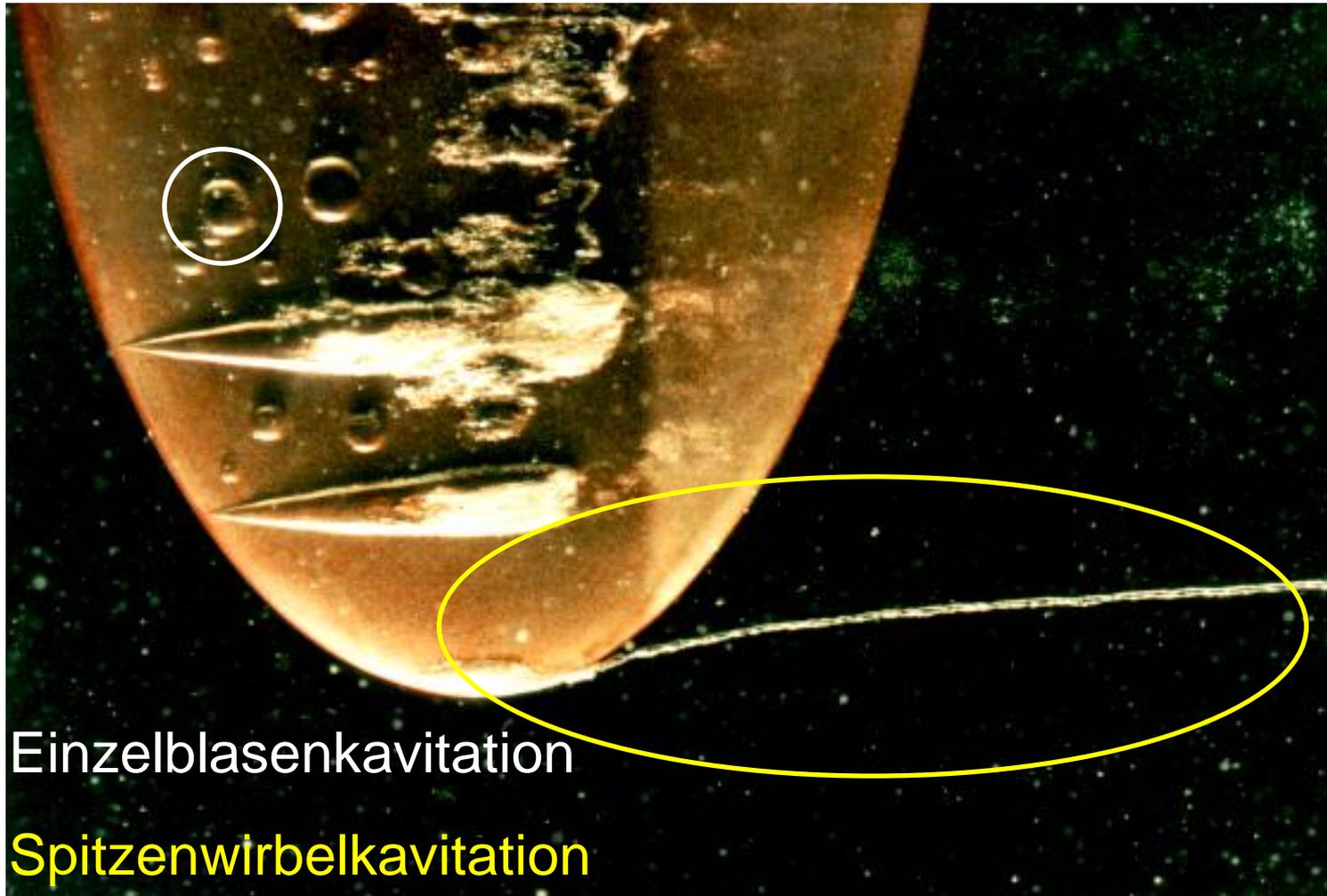
## 1.2 Kavitation – Technische Bedeutung (4/4)



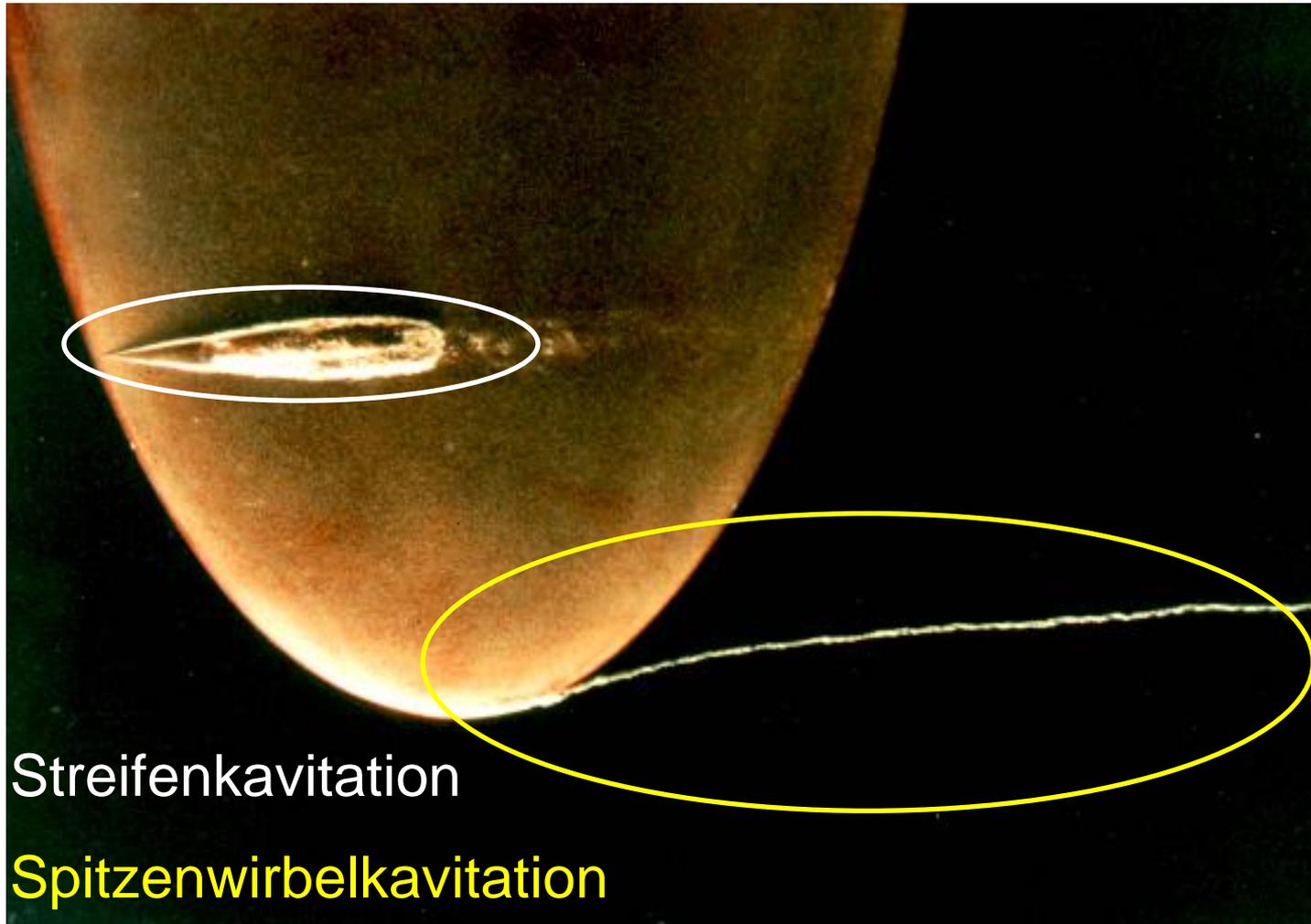
### Nutzanwendungen der Kavitation

- **Oberflächenreinigung** mit Ultraschall durch Ausnutzung der Aggressivität bei der Implosion schallinduzierter Blasen
- Flüssigkeitsstrahl zum **Zerschneiden** von Materialien „Wasserstrahlschneiden“ mit Hilfe von Kavitation optimiert.
- **Intensivierung von Vermischungsprozessen**, z.B. in der Lebensmittelindustrie, Herstellung von Emulsionen.
- **Verbesserung der Zerstäubung** bei Kraftstoff-Einspritzdüsen
- **Abwasserreinigung und -behandlung**, „kalte“ Verdampfung und Extraktion von Kohlenwasserstoffen aus verunreinigtem Wasser. Zerstörung schädlicher Mikroorganismen (z.B. Reinigung von Ballastwasser bei Tankschiffen)
- **Lithotripsie** (Zertrümmerung von Nieren- und anderen Steinen)
- Lokale und **räumlich begrenzte Freisetzung von therapeutischen Wirkstoffen** im menschlichen Organismus mit Hilfe schallinduzierter Kavitation

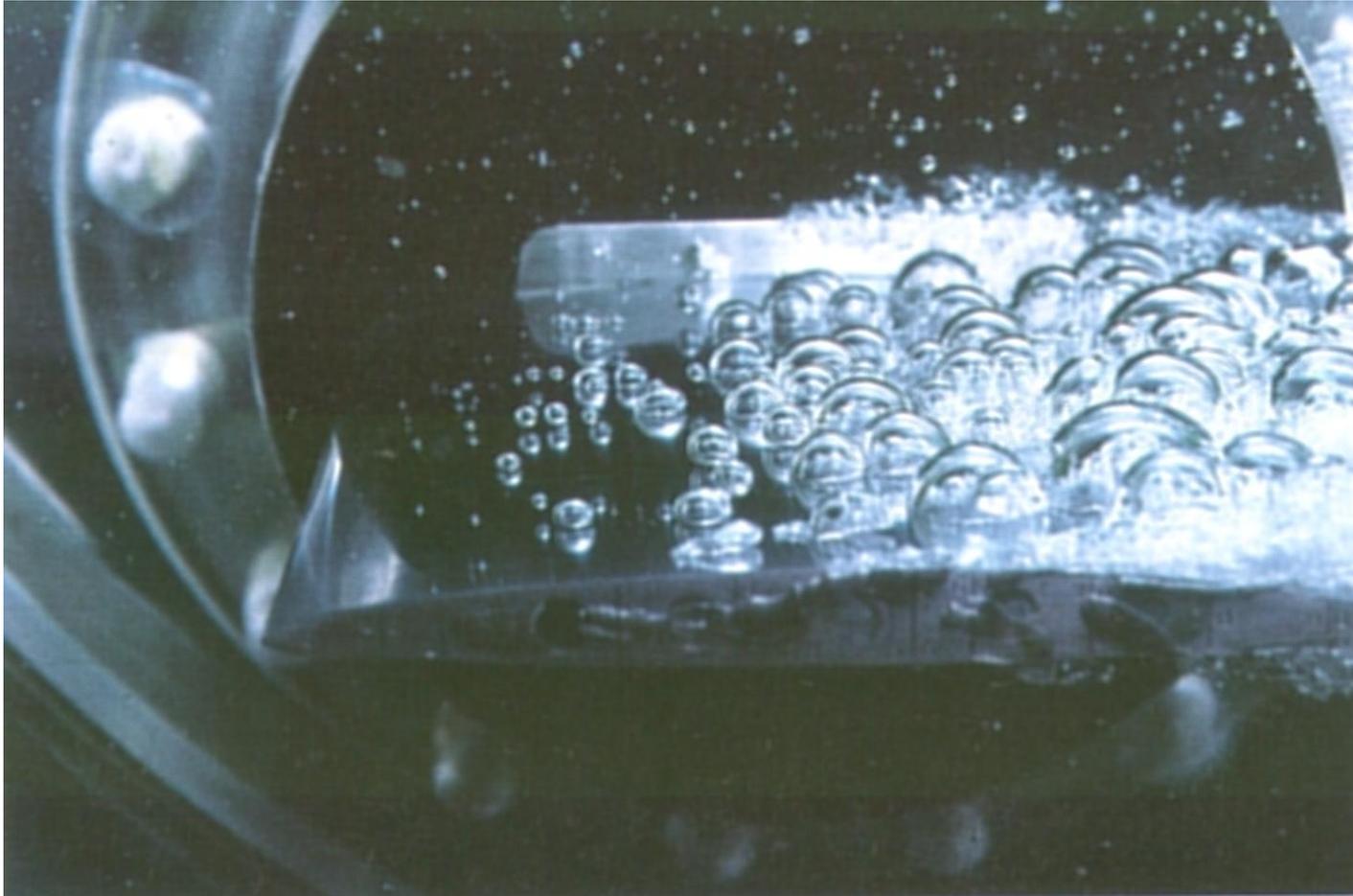
## 1.3 Formen der Kavitation (1/16)



## 1.3 Formen der Kavitation (2/16)

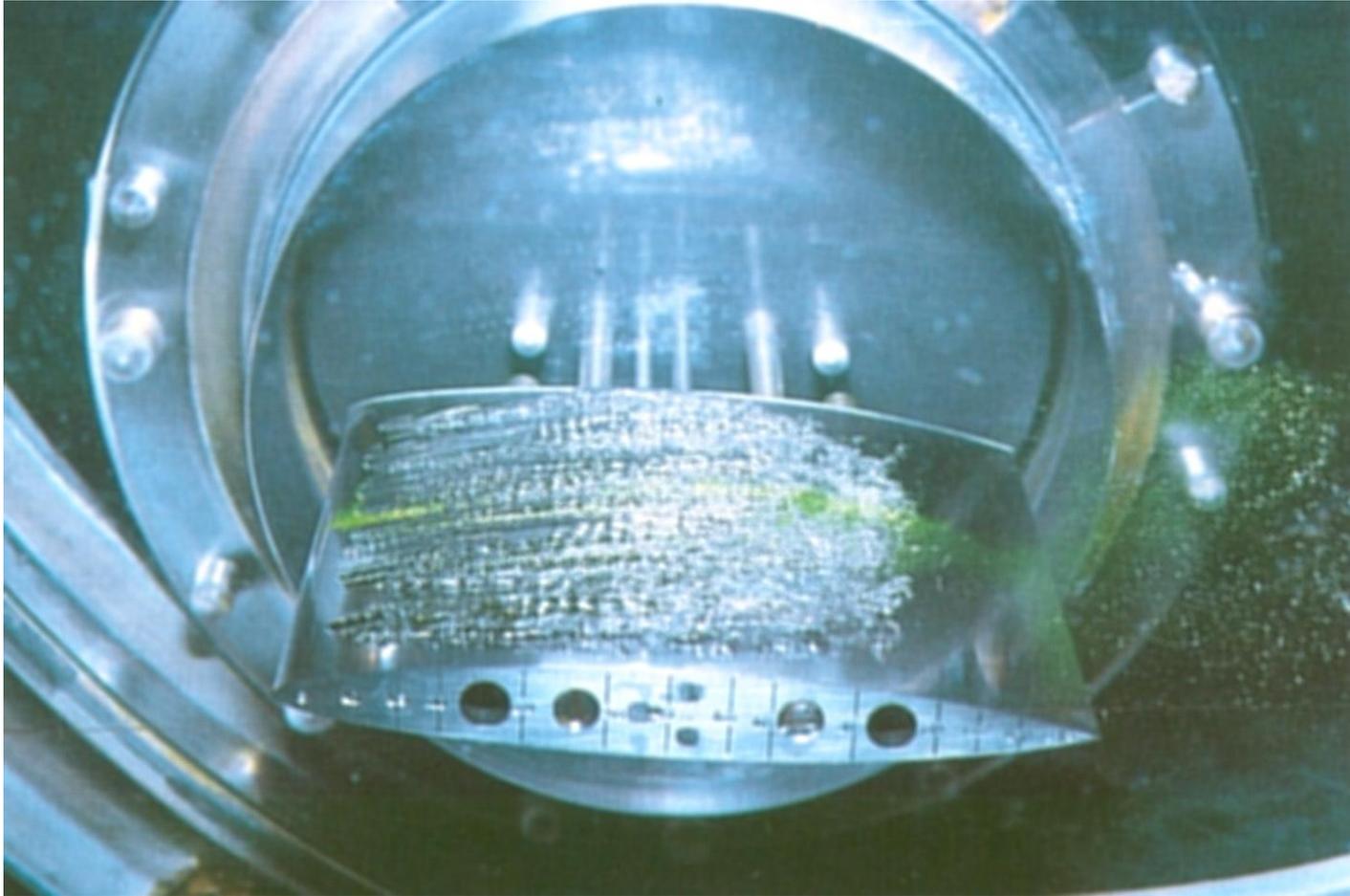


## 1.3 Formen der Kavitation (3/16)



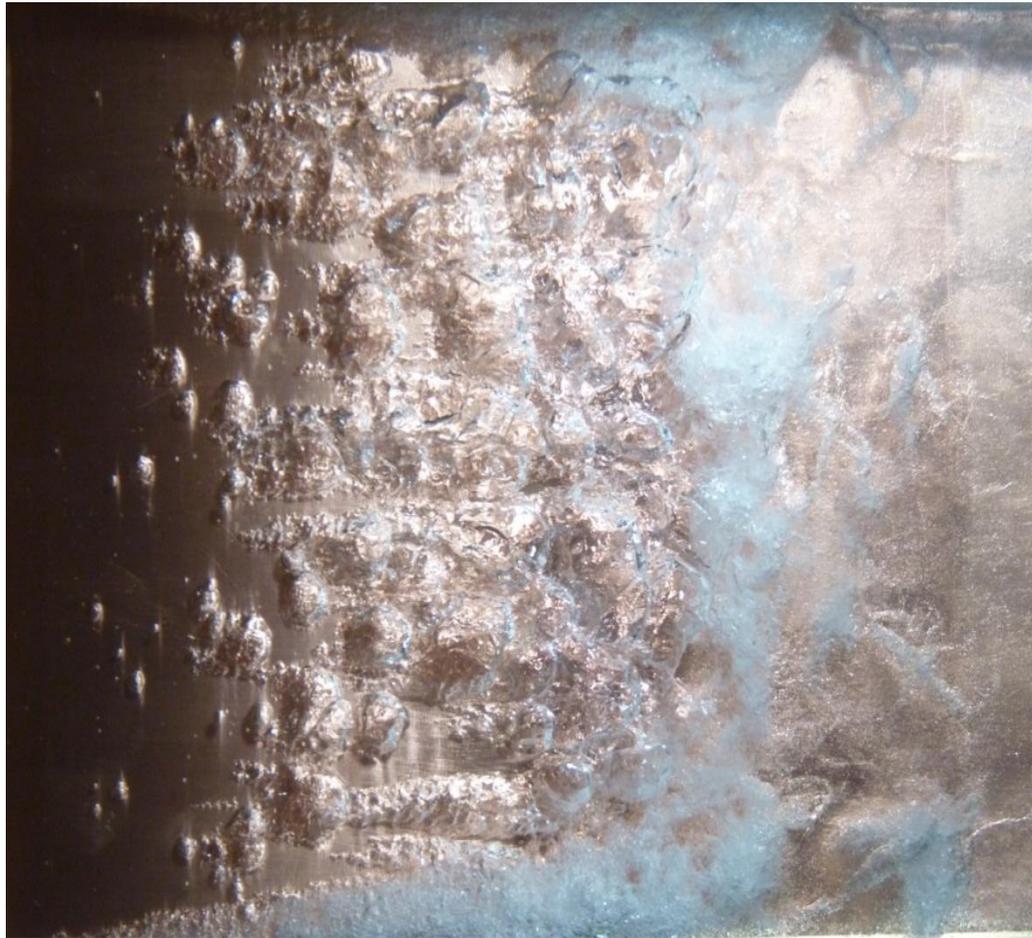
**Einzelblasenkavitation**

## 1.3 Formen der Kavitation (4/16)



**Schichtkavitation**

## 1.3 Formen der Kavitation (5/16)



**Einzelblasen- und Scherschichtkavitation**