

Wintersemester 2010/2011

# Strömungsmaschinen I

Prof. Dr. Hendrik Wurm

Lehrstuhl für Strömungsmaschinen

Antriebe

Werkstoffe

# Antriebe für Pumpen

- Elektromotore
- Dieselmotore
- Dampfturbinen
- Gasturbinen

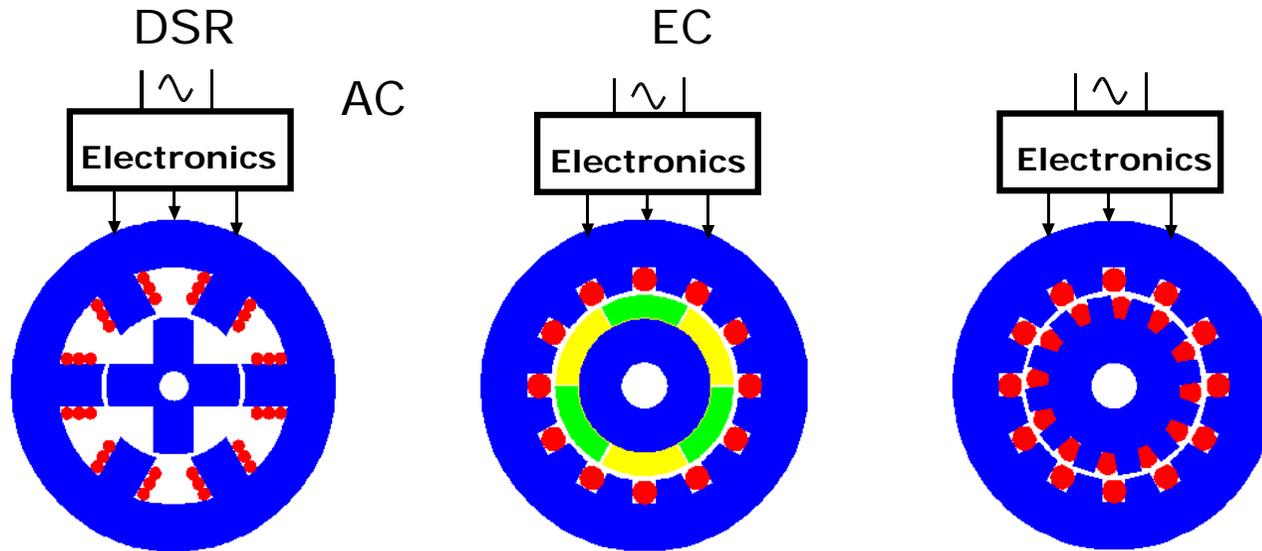
# Elektromotore – Einteilung nach Technologie

- Asynchronmotor ungeregelt/geregelt
- Elektronisch kommutierter Motor
- Reluktanzmotor

# Elektromotore – Einteilung nach Anwendung/konstruktiver Ausführung

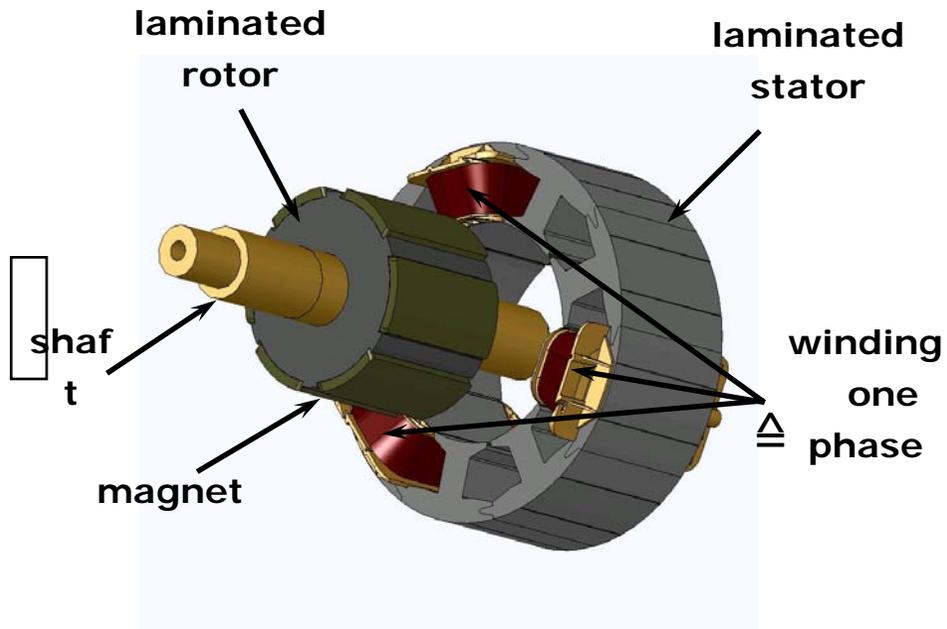
- Trockenaufstellung
- Unterwasserbetrieb
- Luft- oder Flüssigkeitskühlung

# Rotor/Stator der verschiedenen Technologien

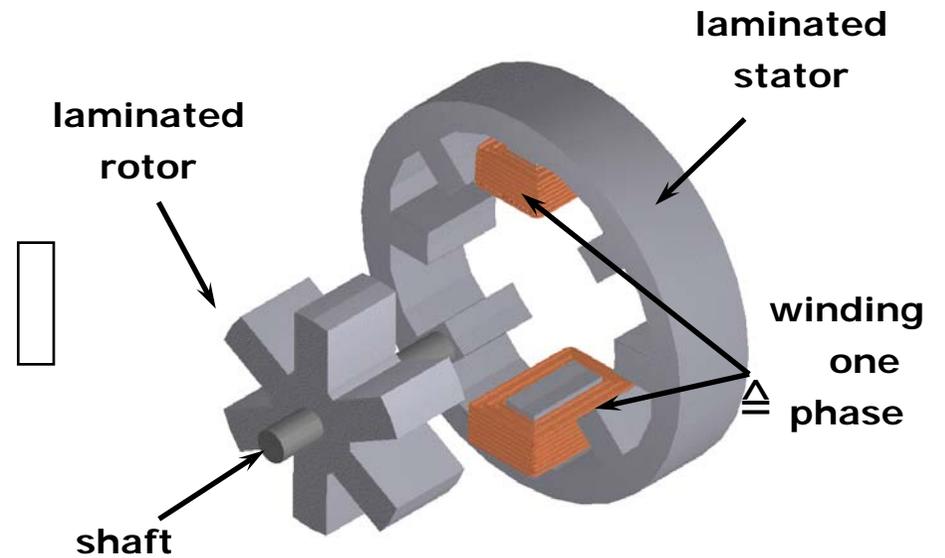


No. Phases	$\geq 3$	3	3
Rotor material	Steel	Steel & magnets	Aluminium-copper
Position feedback	yes	no	no
Rotor losses	no	no	yes

# EC und DSR Motor

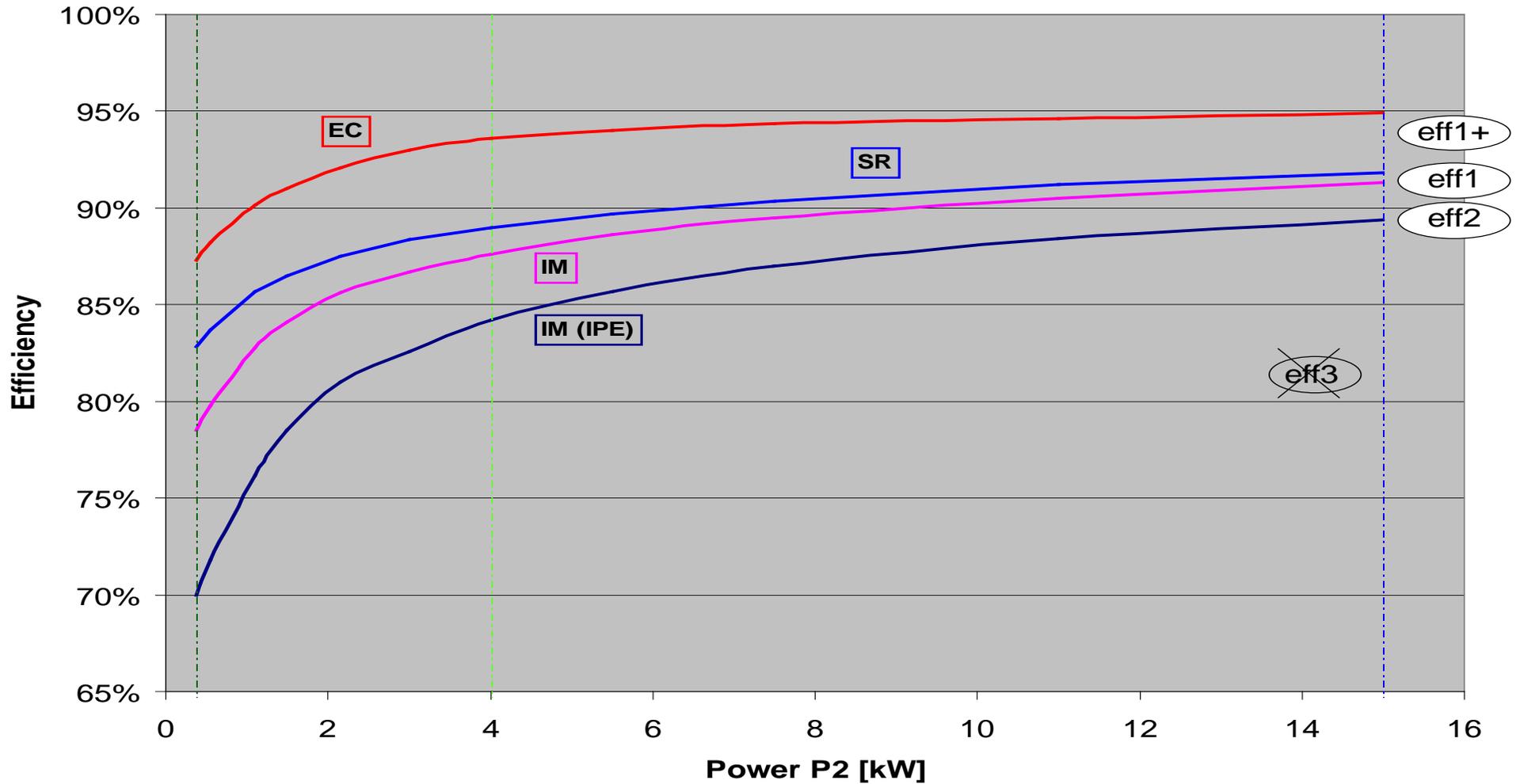


EC motor



DSR motor

# Motorwirkungsgrad - Technologievergleich



# Wirkungsgradklassen für Motore

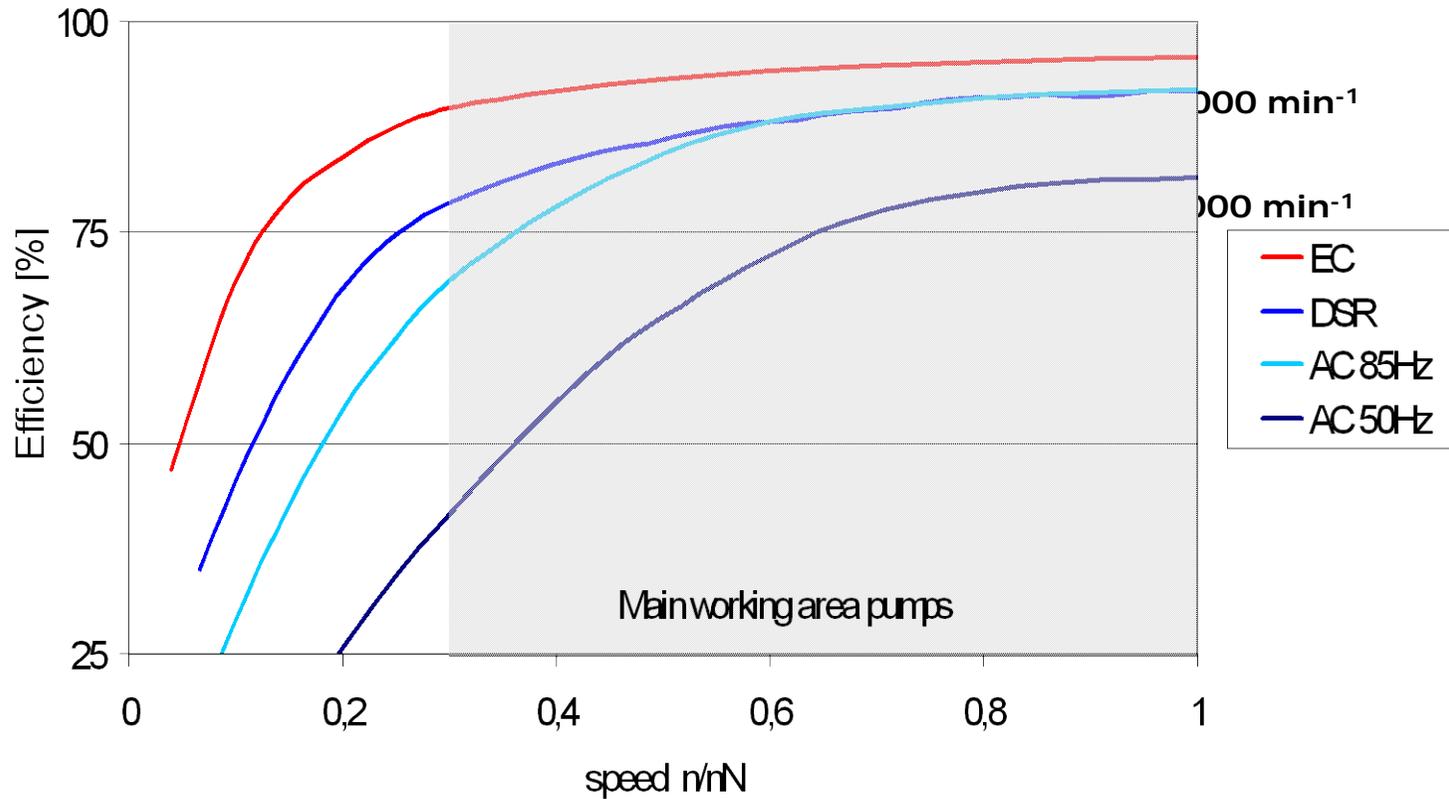
▶ eff3, eff 2 , eff 1

neu: IE1, IE2, IE3, informativ IE4

# Motorwirkungsgrad - Teillastverhalten

Maximum load at variable speed

Calculated machines: 2,2kW



## Antriebe für Tauchpumpen (Unterwassermotore)

- isolierte Wicklungen
- Abdichtung des elektrischen Teiles

# Werkstoffe

# Werkstoffe und Werkstoffauswahl

## Belastung von Pumpenbauteilen

- ▶ Korrosion
- ▶ Erosion
- ▶ Kavitation
- ▶ Ermüdung (Druckwechsel, Temperaturwechsel, chem. Angriff etc.)
- ▶ Abrasion

wesentlicher Parameter für die Belastung ist auch die Geschwindigkeit

# Werkstoffe und Werkstoffauswahl

## Verwendete Werkstoffe

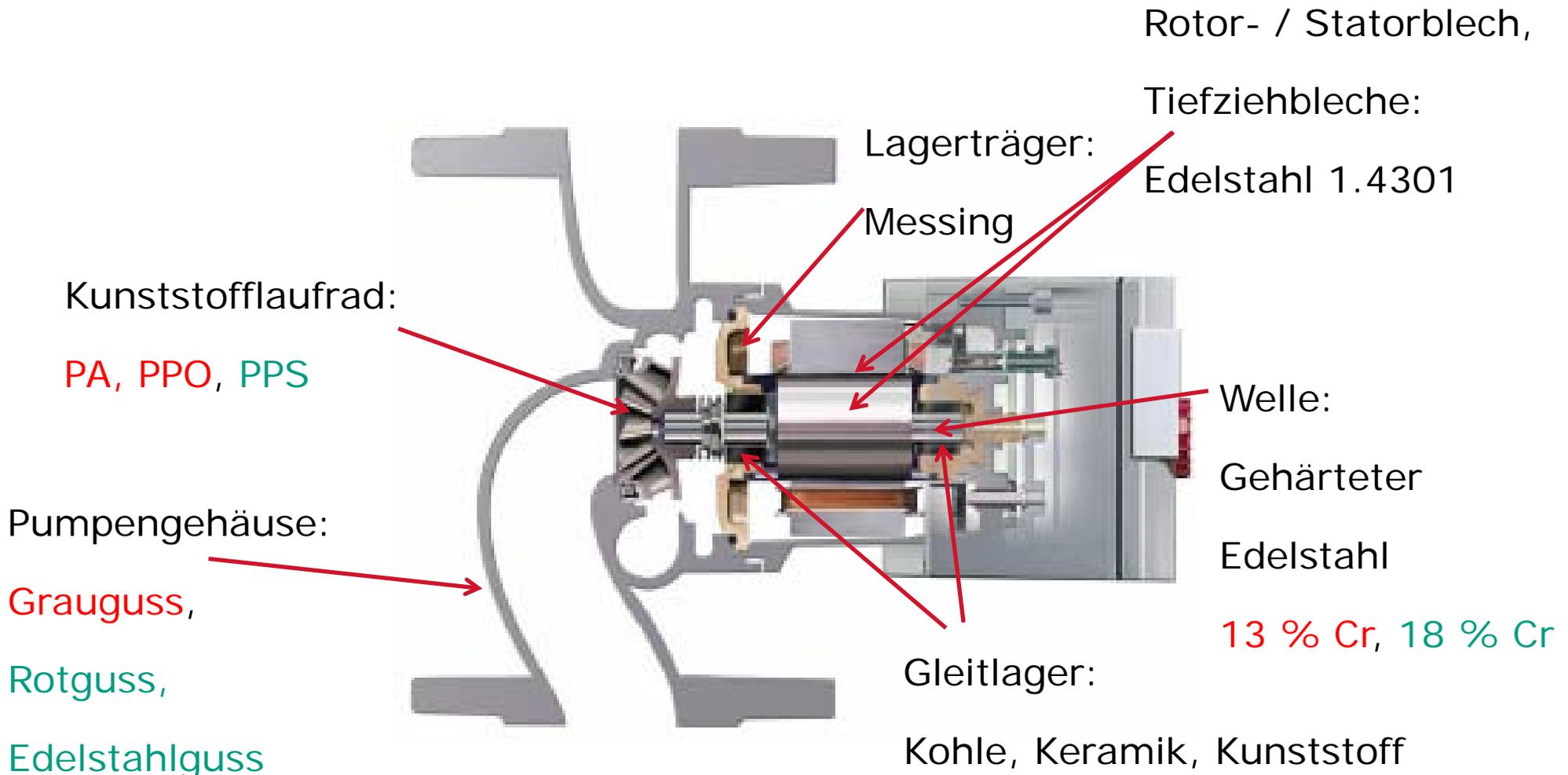
- ▶ GGL, GGG
- ▶ Si-Guß
- ▶ Cr Ni Mo Legierungen
- ▶ Gummi

# Werkstoffe und Werkstoffauswahl

## Verwendete Werkstoffe

- ▶ Keramik
- ▶ Kunststoffe
- ▶ Beton
- ▶ Beschichtungen

# Werkstoffbeispiele für Teile mit Fluidkontakt



# Werkstoffbeispiele für Teile mit Fluidkontakt (Beispiele von WILO)

Welle:

Edelstahl

1.4122

gehärtet,

Duplex

1.4462

Lauf­rad, Diffu­sor,

Druck­mantel,

Pumpengehäuse,

Deckel: Edelstahl

1.4301 / 1.4307

/ 14404



GLRD:

SiC,

imprägnierte

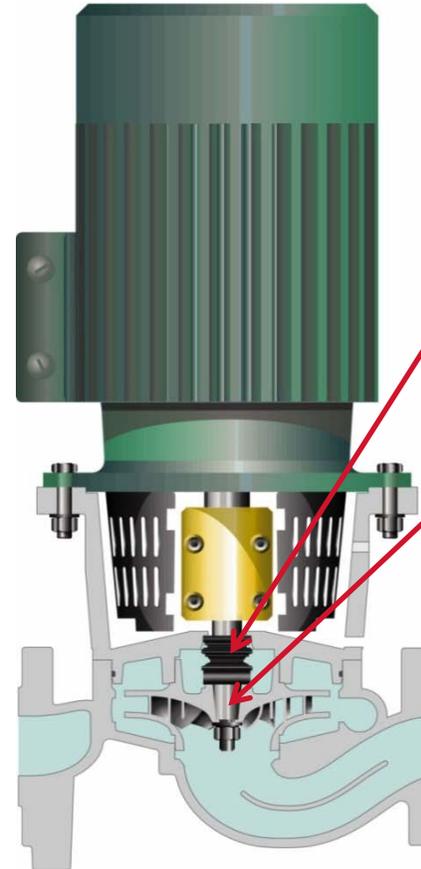
Kohle, EPDM

Welle:

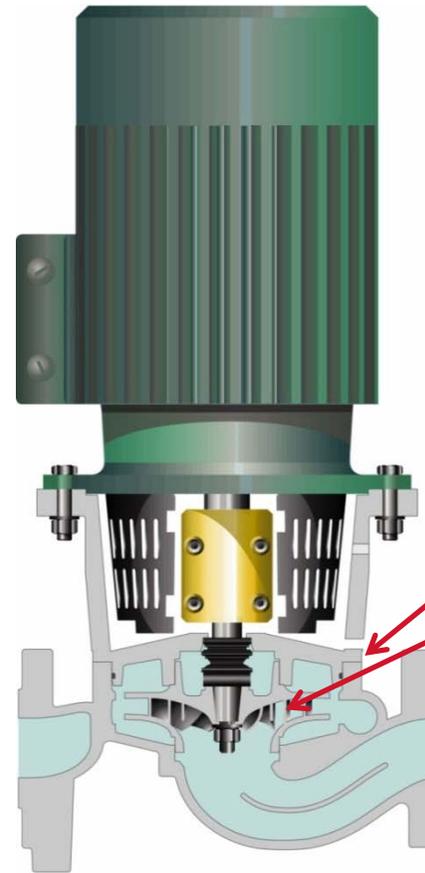
Gehärteter

Edelstahl

1.4057



# Werkstoffbeispiele für Teile mit Fluidkontakt



Pumpengehäuse,  
Laufrad:  
Grauguss + KTL-  
Beschichtung,  
Rotguss,  
Edelstahlguss  
Titanguss,  
Gummierung

## Werkstoffbeispiele Abwasser / Meerwasser (WILO)



- Gusswerkstoffe: Grauguss, Bronze, Al-Bronze, Edelstahlguss, Titanguss, verschleißfester Guss,
- Beschichtungen: CERAM 0, Gummierung
- Blechteile: 1.4401, Duplex 1.4462, Superferrite 1.4501, Nickelbasislegierungen 2.4610, TiAlV



# Allgemeine Werkstoffauswahl-Faktoren (Quelle: WILO)



## Material:

Type, heat treatments, surface, ...

## Coating:

Compatibility =  $f(T, \Delta T, Q, c, v, \text{substrate, medium type, pH, mechanical stress, abrasion, particles, ...})$

## Medium:

$p, T, \Delta T, c, Q, v, x, \text{pH, oxidizing/reducing, ATEX, toxicity, stagnation time, ...}$

## Production technology:

Welding, bending, machining, casting, injection moulding, quality control, ...

**Costs** =  $f(\text{materials, factor for machining, patent licence, factor for options, unique selling point, quality control factor, ...})$



# Werkstoffauswahlkonzepte

## ➤ Konzept nach Gülich

- analytisch / empirisch
- Berücksichtigung der Strömungsgeschwindigkeit

## ➤ Auslegung nach Regelwerk

- Stand der Technik
  - Normen ISO, EN, DIN, z.B. EN 12502 (Trinkwasser)

**Tafel 14.8 Einsatzgrenzen für Gußwerkstoffe**  $H_{zul} \approx 0,2 w_{zul}^2$  bei  $\psi_{opt} \approx 1$

DIN 17006	Werkstoff-Nr.	Lochfraßindex	PI	Materialgruppen															
				GG-25	GG-40	GGG-NiCr 20 2	GS-C25, GP2,40GH	GX8CrNi12	GX4CrNi 13-4	GX4 CrNiMo 16-5-2	GX2CrNi 19-11	GX2 CrNiMo 19-11-2	GX2 CrNiMoNb 17-13-4	GX2CrNiMoN 22-5-3	GX2CrNiMoCuN 25-6-3-3	GX2NiCr, MoCuN 29-25-5	G-CuSn 10	NiCu30Al	G-CuAl 10Ni
				0.6025	0.7040	0.7660	1.0619	1.4107	1.4317	1.4411	1.4309	1.4409	1.4446	1.4470	1.4517	1.4587	2.1050.01	2.4374	2.0975.01
				-	-	-	-	-	14	21	20	25	34	34	44	48	-	-	-
Laufrad, Leitrad, Spirale	W1 Deckschichtbildend	Eignung	b	b	b	g	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	g	sg	sg
		w (m/s)	17	20	20	30	45	70	70	50	50	50	60	60	60	50	22	50	45
Laufrad, Leitrad, Spirale	W2 Rohwasser, Abwasser	Eignung	b	b	b	b	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	g	sg	sg
		w (m/s)	15	17	17	25	45	70	70	50	50	50	60	60	50	22	50	45	
Laufrad, Leitrad, Spirale	W5 & W6 Deionat	Eignung	0	0	0	0	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	sg	g	g	g
		w (m/s)	0	0	0	0	45	70	70	50	50	50	60	60	50	22	50	45	
Spaltringe	W1 Deckschichtbildend	Eignung	b	b	b	b											g		
		w (m/s)	12	15	15	17											15		
	W2 Rohwasser, Abwasser	Eignung	b	b	b	b											g		
		w (m/s)	10	12	12	15											15		
W5 & W6 Deionat	Eignung	0	0	0	0											g			
	w (m/s)	0	0	0	0											15			

Eignung: 0 = ungeeignet, nicht empfehlenswert; b = brauchbar; g = gut; sg = sehr gut  
 w ist die Geschwindigkeit relativ zur Oberfläche (nicht gleich zu setzen mit  $w_2$ )  
 Vgl. Tabelle 14.4 und Abb. 3.22

Bild aus: Gülich Kreiselpumpen

# Werkstoffauswahlkonzepte

- Allgemeine Regel der Technik
  - DVGW-Merkblätter (Trinkwasser)
  - VDI 2035 (Heizungswasser)
  - VdTüV 1466 (Kondensat)
  - TRD (Dampferzeuger)
  - DECHEMA-Werkstofftabelle (Chemikalien)
- Keine Materialauswahl ohne Wasseranalyse!!!

# Strömungsauslegung gegen Schäden

## ➤ Gefährdete Stellen für Erosion / Abrasion → CFD-Analyse

### ➤ Laufrad

➤ Schaufelaustrittskante

➤ Laufradauslass

➤ Deckscheiben an Außenseite

➤ Entlastungsbohrungen (Sekundärströmung)

➤ Diffusor: an Ausströmstellen

➤ Pumpengehäuse: Verschleißring

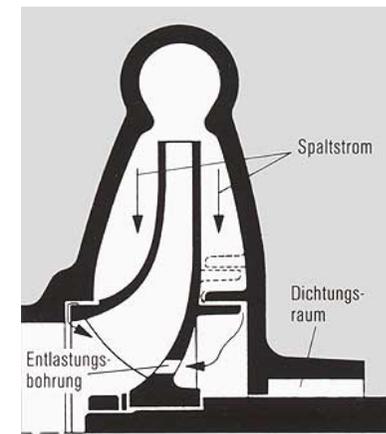
➤ Grate der Gießform an Gusswerkstoffen

➤ Schweißnahtüberhöhungen

[www.ptkpumpen.de](http://www.ptkpumpen.de)



Verschleißring 2-schaufeliges Laufrad



Entlastungsbohrung

[www.cfturbo.de](http://www.cfturbo.de)

# Abrasion

- Mechanischer Abtrag: **Abrasion** durch harte Partikel



www.korros.de

Abrasionsverschleiß nach 18  
Monaten im Eintrittsbereich einer  
Chemienormpumpe aus 1.4408

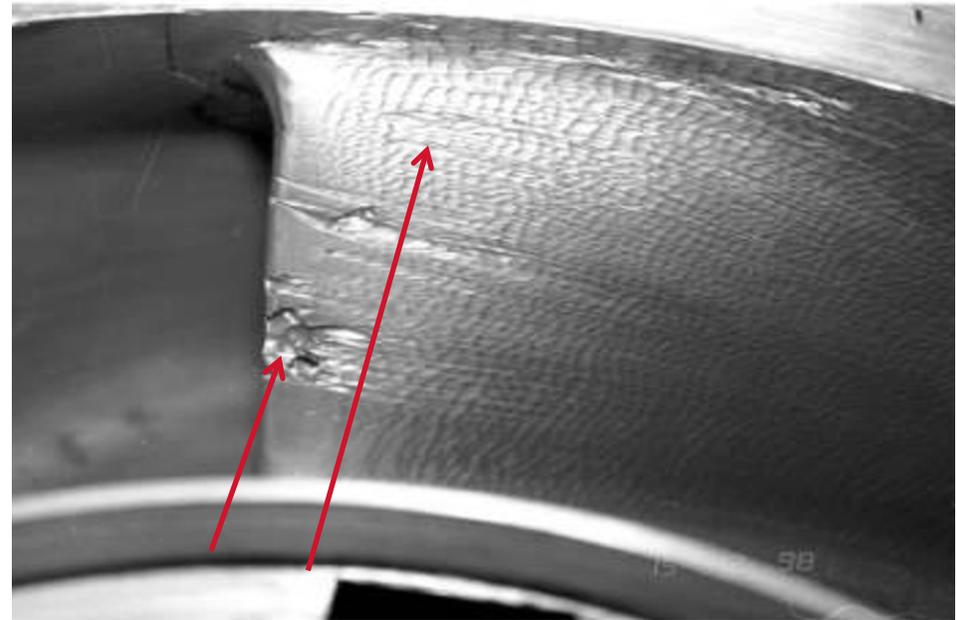


Bild aus: Gülich Kreiselpumpen

Abrasion an Laufradeintritt

# Kavitation

➤ Thermisch-abrasiver Abtrag: **Kavitation** durch Gasblasenimplosion → 3000 °C lokal an Materialoberfläche



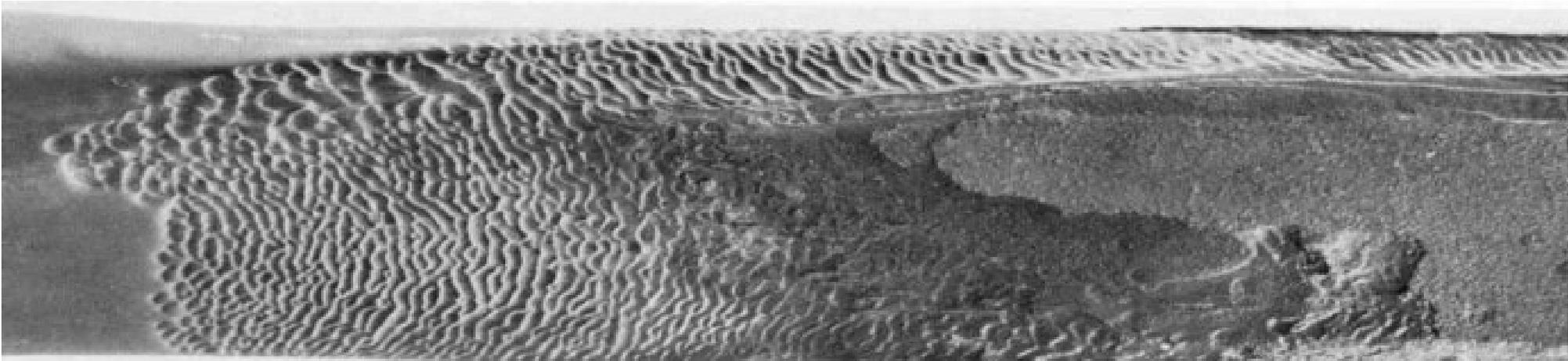
Überlastkavitation



Teillastkavitation

## Erosionskorrosion

- Mechanisch-korrosiver Abtrag: Erosionskorrosion mit Deckschichtabtrag bei Strömungsgeschwindigkeiten  $>7$  m/s
- Schadensmorphologie ähnlich "Wattenmeer"-Strömung



Erosionskorrosion an einer Elektrode eines Elektrokessels