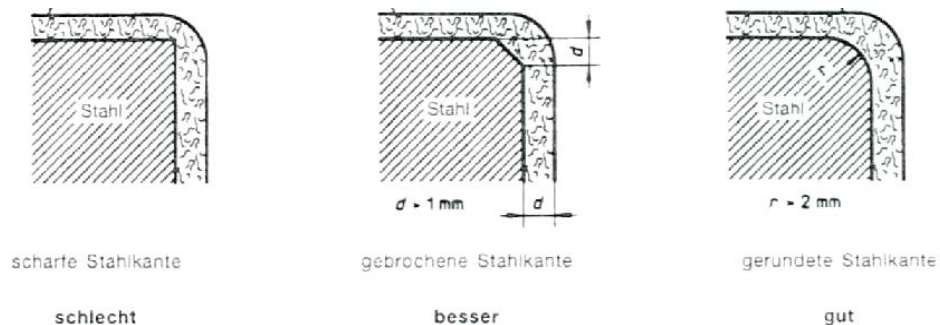


***Entwicklung neuer Technologien zur Herstellung  
BEschichtungsgerechter KAnten im Schiffbau  
durch thermische Bearbeitungsverfahren***



# Problem

- Steigende Aufwände der Werften für „Putz- und Schmirgelarbeiten“ → dabei wesentlicher Anteil: Entgraten, Brechen/Fasen, Runden von Kanten
- je nach Schiffstyp und Bauweise sind **25..50%** aller Kanten „Freie Kanten“
- Erhöhung der Standards durch Schifffahrt (Ziel: 15 Jahre ohne Werftaufenthalt bzw. Sicherheitsaspekte) → IMO -Resolution „*Performance Standard for protective coatings...*“: **R>2mm** für alle Ballastwassertanks aller Schiffstypen + Doppelhüllen von Bulkern ab **2008..2010 !**
- Mehraufwand für das Kantenrunden gegenüber dem Kantenbrechen: **+65%** (bei R=2mm, gerundet wird in der Praxis aber mehr !)
- Kantenradius R>2mm [ISO 12944-3] **nicht wissenschaftlich begründet** - Standzeituntersuchungen befassen sich bisher immer nur mit flächigen Substraten

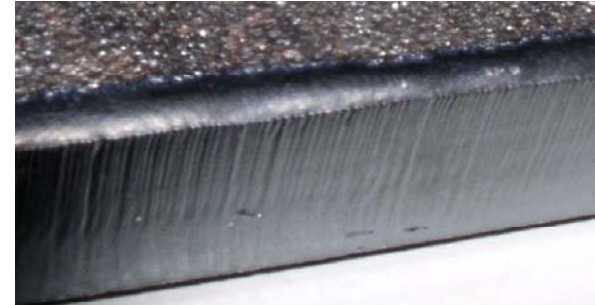


# Ausgangssituation für BEKAS

## ○ 2 Projektideen in Werftenbewertung Spitzenreiter:

- IMAWIS + SLV M-V: Kantenrunden mit LASER (Idee von Dr. Roland)
- Peene Werft + Fh AGP: Kantenrunden mit Plasma (Idee von Peene Werft)

## ○ Erste „Probierversuche“ zur prinzipiellen Machbarkeit bei IMAWIS:



## ○ Verschiedene Projekte im Schiffbau zu Korrosionsfragen :

- Untersuchungen zur Schichtdicke an Kanten (z.B. durch FSG)
- Standzeiten von Beschichtungen (z.B. in ECODOCK durch DNV)
- Überarbeitung des FS des Deutschen Schiffbaus (durch VSM)



Standard Beschichtungsvorbereitung (z. Entwurf)	
Metalle	
<b>2.5.4 Poren und Porenwände</b>	<b>A keine Beschichtung</b>
<b>B Schärfen oder Pfannen durch Füllen passend zum Beschichtungssystem</b>	<b>C Entfernen aller Pfannen durch Zuschlagen, Cutbrennen oder Ausschleifen</b>
<b>2.5.5 Unterbrechungen</b>	<b>A keine Beschichtung</b>
<b>B Entfernen aller scharfen Unterbrechungen durch Ausbrennen oder Schweißen</b>	
<b>2.5.6 Kantenwulst</b>	<b>A keine Beschichtung</b>
<b>B Frägen aller scharfen Kanten durch Entfernen des Schweißgutes mittels Schweißschabe oder Wälzfräse</b>	<b>C Kanten brechen scharfe Kanten durch leichtes Anfrähen z. B. 45° mittels Fräse schäbe oder Schweißschabe</b>
<b>2.5.7 Schweißnahtspalt</b>	<b>A keine Beschichtung</b>
<b>B Entfernen aller scharfen Kanten Oelsteppen im Schweißnahtspalt durch Überstreifen</b>	

standard\_beschreib\_211004.doc Seite 6 von 11

# Gesamt- und Teilziele

Ausgehend von der dargestellten Problemlage werden für dieses Vorhaben die folgenden **Gesamtziele** herausgestellt:

- Schaffung der verfahrenstechnischen Voraussetzungen für eine weitgehende Substitution der klassischen manuellen spanenden Kantennachbearbeitung an ebenen plattenförmigen Bauteilen durch eine hocheffektive thermische Bearbeitung mittels Laser oder Plasma in Erwartung der spezifischen Vorteile:

- deutlich größere Bearbeitungsgeschwindigkeit,
- nahezu berührungslose Bearbeitung ohne große Schnittkräfte,
- „Shaping“ der Kante durch Oberflächenspannung,
- vergleichsweise hohe Standzeiten der Werkzeuge sowie
- gute Prozessintegration und Automatisierbarkeit;

Entsprechend dem o.g. Gesamtziel des Vorhabens werden die nachfolgend genannten **wesentlichen Fortschritte** (wissenschaftlich-technischen Teilziele) angestrebt:

1. Entwicklung der thermischen Verfahren zur Herstellung korrosionsschutzgerechter Kanten an plattenförmigen Bauteilen durch Entwicklung neuer Verfahren und Werkzeuge für das Umschmelzen und / oder Abtragen der Kanten mittels
  - CO<sub>2</sub>-Laser
  - Festkörperlaser (einschließlich Diodenlaser)
  - Plasmastrahlsowie experimentelle Identifikation der optimalen Verfahrensparameter und Randbedingungen;
2. Entwurf, Anfertigung und Test möglicher modifizierter Bearbeitungsköpfe und sonstiger Komponenten zur Gewährleistung eines praxistauglichen Einsatzes der thermischen Verfahren bzw. zur Integration in Fertigungsanlagen – Absicherung durch Schutzrechte;
3. Durchführung von Verfahrensnachweisen zur Qualifizierung der thermischen Bearbeitungsverfahren für den praktischen Einsatz (Kantenaufhärtung – Festigkeit, Laser-Arbeitsschutz, Oberflächenrauheit u.a.);

# Gesamt- und Teilziele

- Schaffung einer soliden wissenschaftlichen Basis für die objektive Bewertung der korrosionsschutztechnischen Zusammenhänge: Kantenvorbereitung, Beschichtungssystem, Beschichtungsausführung, Korrosionsbelastung, Korrosionsbeständigkeit sowohl für die klassischen als auch für die neuen thermischen Verfahren der Kantenbearbeitung zur Nutzung in der Werftpraxis, zur Bewertung und Modifizierung von Normen und zur Erreichung der Verfahrensankennung durch die Klassifikationsgesellschaften;
  4. Systematische experimentelle Untersuchungen zum Verständnis der Einflüsse der Kantenbearbeitung auf das Haftungs- und Korrosionsschutzverhalten organischer Beschichtungssysteme sowohl für die klassischen als auch für die neuen thermischen Verfahren der Kantenbearbeitung;
  5. Entwicklung von Prüf- und Beurteilungsmethoden für den Korrosionsschutz von Kanten und deren Überführung in nationale und internationale Normenwerke,
  6. Erreichung der Verfahrensankennung durch die Klassifikationsgesellschaften;

- Untersuchung einer optimalen Prozessintegration und Kosten-Nutzen-Bewertung potentieller Einsatzszenarien neuer thermischer Verfahren zur Kantenbearbeitung ebener plattenförmiger Bauteile einschließlich der Definition der daraus resultierenden Anforderungen an Anlagentechnik, Logistik und Arbeitsvorbereitung unter den Bedingungen verschiedener Schiffstypen und Werften.

7. Untersuchung einer optimalen Prozessintegration neuer thermischer Verfahren zur Kantenbearbeitung ebener plattenförmiger Bauteile und Durchführung von Kosten-Nutzen-Bewertungen für potentielle Einsatzszenarien;
8. Entwicklung von Anlagen- und Logistikkonzepten zur Einführung der neuen thermischen Verfahren zur Kantenbearbeitung entweder als integraler Bestandteil des Platten-zuschnittes und / oder als Nachbearbeitung;
9. Bestimmung der Anforderungen an die Arbeitsvorbereitung und Aufzeigen von Lösungen für die Bereitstellung der zur Kantenbearbeitung notwendigen Fertigungs-informationen.

# Grundarten „Freier Kanten“ im Schiffbau



Erleichterungs- oder Durchstiegslöcher in Rahmenträgern, Decks, Schotten und Wänden  
Gurte gebauter T-Träger



- **große Kantenlängen**
- **wenige pro Platte**
- **einfache Geometrie**



Profildurchführungen, Schweißfreischnitte, Wasserdurchlaufflöcher, Rohrdurchführungen in Rahmenträgern, ...



- **kleine Kantenlängen**
- **wenige - viele pro Platte**
- **komplizierte Geometrie**



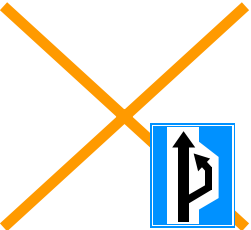



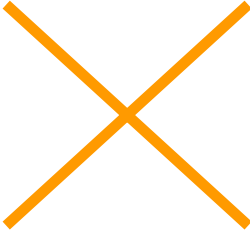
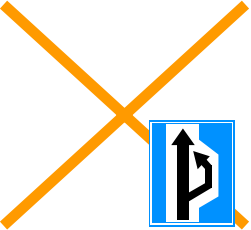



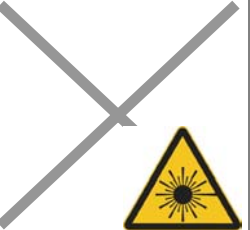

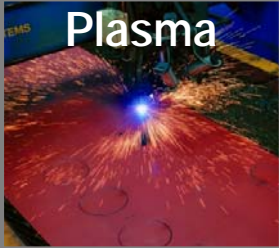
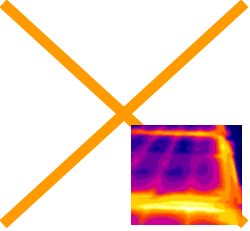
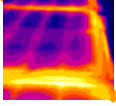

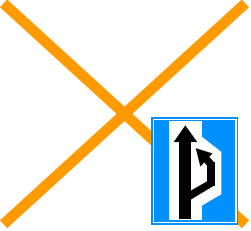







Kniebleche, Riegel- und Dichtbleche  
Diamantplatten  
als Kleinteile



- **kleine Kantenlängen**
- **viele Teile pro Platte**
- **einfache Geometrie**

# Potentielle Einsatzszenarien

	Zuschnitt integriert <i>Ober- und Unterkante gleichzeitig; ein Werkzeug</i>	Zuschnitt integriert <i>nur Oberkante; auch Werkzeug-Kombinationen</i>	Zuschnitt Nachbearbeitung <i>extra (parallele) Arbeitsstation</i>	Flachsektions-Fertigungslinie <i>z.B. Mitnutzung Schweiß-Laser</i>	Volumenbau
 <p>CO<sub>2</sub>-Laser</p>			 		
 <p>Festkörper-Laser</p>			 	 	 
 <p>Plasma</p>	 		 	 	 

Probleme:  Wärme  Logistik   Arbeitsschutz

# Arbeitskomplexe und Hauptakteure

Fokussierung der Arbeiten auf:

- Kosten – Nutzen – Bewertung für Einsatzszenarien
- Prozessintegration / Optimale Baumethodik
- Anlagen- und Logistikkonzepte
- Arbeitsvorbereitung

- Verfahrenstechnische Grundlagenentwicklung
- Modifikationen Bearbeitungsköpfe
- Schutzrechte
- Experimentelle Identifikation optimaler Verfahrensparameter
- Verfahrensnachweise
- Maschinenkonzepte

- wiss. Zusammenhang: Kantenvorbereitung - Beschichtungsart - Korrosionsbelastung - Korrosionsbeständigkeit
- Verfahrenszulassung: „Approval in Principle“

## Anwendung im Werftbetrieb



AK 100 CMT + Werften + DNV

## Verfahrensentwicklung CO<sub>2</sub>-Laser



AK 200 IMAWIS

## Verfahrensentwicklung Festkörperlaser



AK 300 SLV M-V

## Verfahrensentwicklung PLasma



AK 400 Fh AGP

## Korrosionsschutztechnik - Zulassung



AK 500 IFAM + Muehlhan ; CMT + DNV

# Arbeitskomplexe und Federführer

	Verfahren				Korrosions- schutz / Zulassung
	Anwendung	CO <sub>2</sub> -LASER	Festkörper- LASER	Plasma	
	AK100	AK200	AK300	AK400	
CMT	<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
IMAWIS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
SLV M-V	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
FhG AGP	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
FhG IFAM					<input checked="" type="checkbox"/>
Muehlhan					<input type="checkbox"/>
Werften	<input type="checkbox"/>				
DNV	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>

Federführer

# Lösungsweg: Anwendung im Werftbetrieb

Arbeitskomplex	100	Anwendung im Werftbetrieb
Verantwortlich	CMT	
Zeitplan	PS bis PS + 30 Monate	
Personal	CMT: 27 PM Ing. FSG: 10 PM Ing.; PW: 8 PM Ing.; NSWE: 5 PM Ing. (Eigenleistung) DNV: 1 PM (Eigenleistung) IMAWIS: 4 PM Ing.; SLV: 4 PM Ing.; FhG AGP: 6 PM Ing.	
Ziel	Untersuchung der optimalen <b>Prozessintegration neuer thermischer Verfahren zur Kantenbearbeitung plattenförmiger Bauteile</b> sowie deren Anforderungen an Anlagentechnik und Arbeitsvorbereitung unter den Bedingungen verschiedener Schiffstypen und Werften	

Arbeitspaket	110	Abstimmung und Durchführung betrieblicher <u>Prozessanalysen</u>
	120	Entwicklung potentieller <u>Einsatzszenarien</u>
	130	Kosten – Nutzen – Bewertungen / <u>Potentialanalysen (ROI)</u> für ausgewählte Einsatzszenarien
	140	Entwicklung von <u>Anlagen- und Logistikkonzepten</u>
	150	Lösungen für die <u>Informationsbereitstellung</u>
	160	<u>Verfahrensqualifikation</u> / Prozessmodelle
	170	Entwicklung der Umsetzungsstrategien und von Anwendungsempfehlungen

# Lösungsweg: Verfahrensentwicklung

Arbeitskomplex	200	<b>Entwicklung des Verfahrens und Werkzeuges zur Herstellung beschichtungsgerechter Kanten an schiffbaulichen Stahlstrukturen durch CO<sub>2</sub>-Laser-Bearbeitung</b>
Verantwortlich	<b>IMAWIS</b>	
Zeitplan	PS bis PS + 30 Monate	
Personal	IMAWIS: 24 PM Ing. + 8 PM T/F	
Ziel	Schaffung der verfahrenstechnischen Voraussetzungen für den Einsatz von <b>CO<sub>2</sub>-Lasern vorzugsweise für die Kantennachbearbeitung in stationären Anlagen</b>	

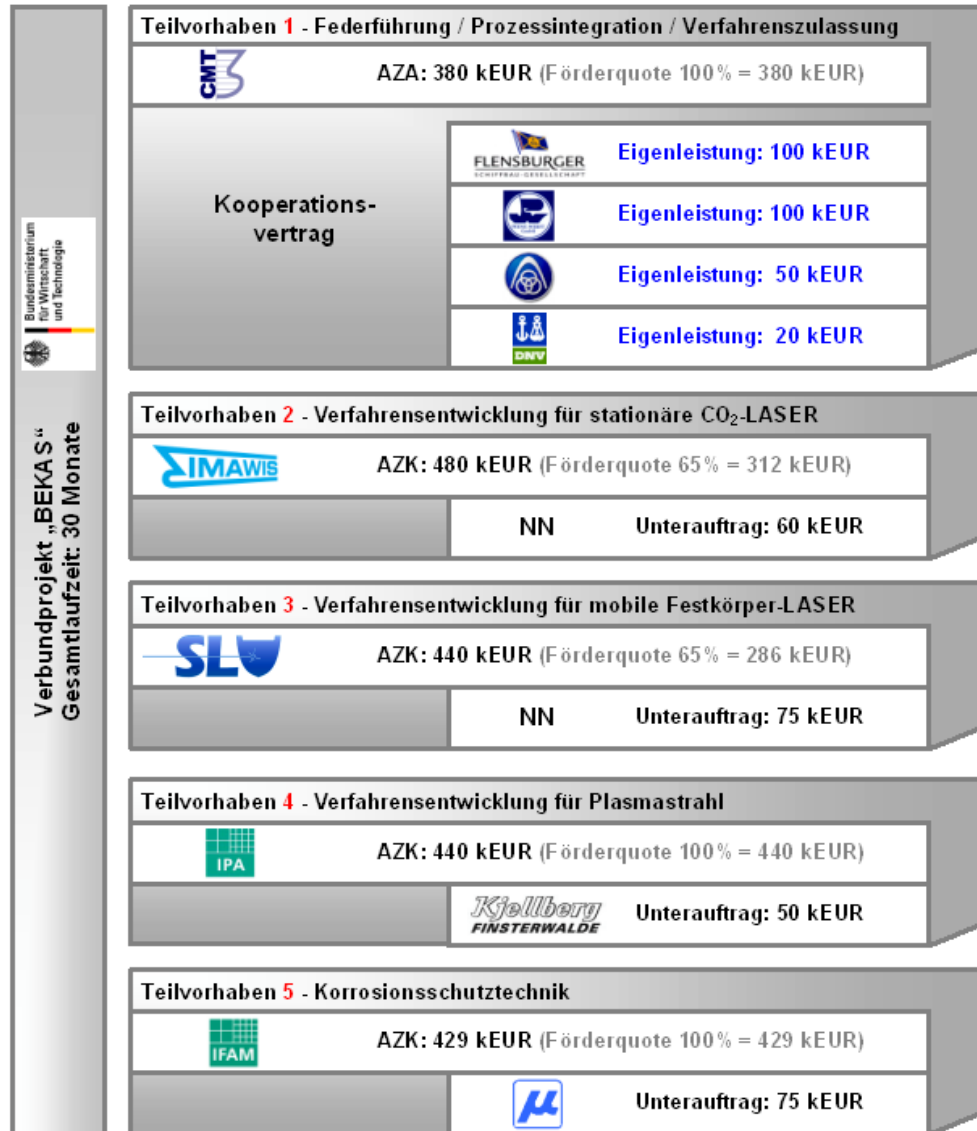
Arbeitspaket	210	Experimentelle Voruntersuchungen zur Identifikation relevanter Verfahrensparameter für <u>einseitige Bearbeitung</u> mit herkömmlichen Bearbeitungskopf
	220	Konzeption, Konstruktion, Fertigung und Erprobung eines modifizierten <u>Bearbeitungskopfes</u>
	230	Implementierung und Test eines Kantenverfolgungssystems
	240	Experimentelle Hauptuntersuchungen zur Identifikation optimaler Verfahrensparameter für <u>beidseitige Bearbeitung</u> mit modifiziertem Bearbeitungskopf
	250	Verfahrensnachweise – technologisch (Prozessstabilität)
	260	Entwicklung von <u>Maschinenkonzepten</u> - Integration der Lasertechnik in Fertigungsanlagen inklusive Lasersicherheit
	270	Patentabsicherung, Gesamtbewertungen

# Lösungsweg: Korrosionsschutztechnik

<b>Arbeitskomplex</b>	<b>500</b>	<b>Korrosionsschutztechnik und Verfahrenszulassung</b>
Verantwortlich	<b>Fh IFAM</b>	
Zeitplan	PS bis PS + 30 Monate	
Personal	IFAM: 22 PM Ing. + 15 PM T/F Muehlhan: 3 PM Ing. + 5 PM T/F CMT: 5 PM Ing. DNV: 1,5 PM Ing. (Eigenleistung)	
Ziel	Schaffung einer soliden wissenschaftlichen Basis für eine <b>objektive Bewertung der korrosionsschutztechnischen Zusammenhänge sowohl für die klassischen als auch die neuen thermischen Verfahren der Kantenbearbeitung</b> durch <ul style="list-style-type: none"> <li>• experimentelle und praxisnahe Beanspruchungsprüfungen,</li> <li>• geometrische Bewertung der Schichtdicken (Schliffbilder),</li> <li>• elektrochemische Prüfung (Korrosionsmechanismen);</li> </ul> Nachweis der <b>Normenkonformität und Normenbewertung</b> sowie Erreichen der <b>Verfahrenszulassung „Approval in Principle“</b>	
Arbeitspaket	510	Design, Herstellung und Beschichtung von Prüfkörpern - Planung, Durchführung und Bewertung von <u>Prüfungen gemäß ISO</u>
	520	Design, Herstellung und Beschichtung von Prüfkörpern – Planung und Durchführung von geometrischen <u>Schichtdickenuntersuchungen</u> sowie Schnittkantenbewertung
	530	Bau einer Standard-IMO-Prüfkammer, Entwicklung, Konstruktion und Bau einer modifizierten <u>IMO-Prüfkammer</u>
	540	Design, Herstellung und Beschichtung von Prüfkörpern - Planung, Durchführung und Bewertung von Prüfungen gemäß IMO
	550	Auswahl einer geeigneten, <u>elektrochemischen Prüfmethode</u> , Entwicklung, Konstruktion und Bau einer Kantenprüfungs-Messzelle
	560	Design, Herstellung und Beschichtung von Prüfkörpern – Planung und Durchführung elektrochemischer Untersuchungen und Ableitung von Korrosionsmechanismen
	570	Gesamtbewertung der Untersuchungen - <u>Normenkonformität / Normenbewertung / Normenmodifizierung</u>
	580	<u>Verfahrenszulassung</u> („Approval in Principle“)



# Finanzierung / Vorhabenskonstellation (derzeitiger Stand)



Anmerkung: Eigenfinanzierung von Probenmaterial durch Werften

# Beitrag der Werften

## BeKaS - Präzisierung der Wertbeiträge

Werft  
Ansprechpartner

Peene Werft Wolgast

AK	AP	PM Werft	Kosten pro PM	Reise- kosten	Gesamt- kosten	involvierte Personen	Arbeitsbeschreibung Wertbeitrag
<b>100</b>	<b>Anwendung im Werftbetrieb</b>	0		0	0		
110	Prozessanalysen				0		
120	Einsatzszenarien				0		
130	Kosten-Nutzen-Bewertung				0		
140	Anlagen- und Logistikkonzepte				0		
150	Lösungen für die Informationsbereitstellung				0		
160	Verfahrensqualifikation / Prozessmodelle				0		
170	Umsetzungsstrategien				0		
<b>400</b>	<b>Verfahrensentwicklung Plasma</b>	0		0	0		
480	Feldversuche unter Werftbedingungen				0		
<b>500</b>	<b>Korrosionsschutztechnik</b>	0		0	0		
570	Gesamtbewertung / Normenmodifizierung				0		
580	Verfahrenszulassung				0		
<b>600</b>	<b>Technisches Projektmanagement</b>	0		0	0		
630	Begleiterkreis				0		
		0		0	0		