

FH - IGP

Kürzel Forschungseinrichtung 1 (FE 1)

-

ggf. Kürzel Forschungseinrichtung 2 (FE 2)

-

ggf. Kürzel Forschungseinrichtung 3 (FE 3)

H-BLAST

Akronym / Thema kurz Skizze

2025-2-1

Skizzen-Nr. (wird vom FSM eingetragen)

Herr Nikita Werner Vetter

Ansprechpartner/-in FE für den FSM

**Skizze für ein IGF-Vorhaben zum Thema
*Humanoid BLAST Cleaning Robot***

1. Kurzzusammenfassung und Fachgebiete / Wirtschaftszweige

Die humanoide Robotik hat mit der jüngsten Entwicklung neuer Systeme, wie dem G1 des chinesischen Unternehmens Unitree, einen technologischen Reifegrad erreicht, der in Kombination mit Methoden der künstlichen Intelligenz das Potenzial besitzt, industrielle Arbeitsprozesse und damit auch den Schiffbau grundlegend zu verändern. Herausforderungen wie Fachkräftemangel, steigende Personalkosten und die Begrenzung verfügbarer Arbeitszeit in Deutschland könnten durch den gezielten Einsatz humanoider Roboter als universelles Werkzeug zukünftig adressiert werden. International investieren führende Unternehmen wie BMW, Mercedes-Benz, und Amazon in diesen Technologiebereich, was die strategische Relevanz und das wirtschaftliche Potenzial unterstreicht. Im Bereich des Schiffbaus hat das südkoreanische Unternehmen HD Korea Shipbuilding & Offshore Engineering und HD Hyundai Robotics angefangen humanoide Roboter für das Schweißen im Schiffbau zu entwickeln. Ein erster Prototyp soll bis Ende 2026 fertiggestellt werden. Das Fraunhofer IGP hat in monatelangen Tests die humanoide Robotik am Beispiel des G1 Roboters von der Firma Unitree evaluiert und kann die Anwendungsforschungsreife der Technologie für ausgewählte industrielle Anwendungen bestätigen. Aus den bisherigen Tests ergibt sich die Einschätzung, dass humanoide Robotik in Zukunft als universelle Plattform für verschiedene Anwendungsfälle im Schiffbau einsetzbar sein könnten. Denkbar ist, dass derselbe Robotertyp innerhalb der Werft vielfältige Anwendungen übernimmt, etwa Schweißen, Strahlen, Beschichten, Prüfen oder Transportaufgaben. Während Schweißen höchste Präzision und Prozessstabilität erfordert und damit für humanoide Systeme derzeit noch zu ambitioniert erscheint, stellt das Strahlereinigen von Doppelböden ein deutlich geeigneteres Einsatzfeld dar. Die Tätigkeit ist für menschliche Arbeitskräfte mit hoher körperlicher Belastung durch Lärm, Staub, Vibration und den Einsatz schwerer Schutzkleidung verbunden, während die technologischen Anforderungen im Vergleich zum Schweißen deutlich geringer sind, da es primär auf eine gleichmäßige Flächenabdeckung ankommt. Humanoide Roboter könnten in Zukunft in schwer zugänglichen Bereichen flexibel agieren und so hochbelastende, personalintensive Arbeitsschritte automatisieren. Mit einem entsprechenden Demonstrator, der spezialisierte Hardware und intelligente Software kombiniert, ließe sich ein innovativer Beitrag zur Arbeitssicherheit, Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit im deutschen Schiffbau leisten und zugleich KMUs die Möglichkeit geben, neue Produkte zu entwickeln oder neuartige Dienstleistungen für den Schiffbau anzubieten. Zudem sei an dieser Stelle hervorgehoben, dass sich die Potenziale für neue Produkte im KMU-Bereich nicht ausschließlich auf ein humanoides Gesamtsystem zum Strahlen im Schiffbau beschränken, sondern ebenso die einzelnen Komponenten umfassen, die für den Einsatz des Gesamtsystems erforderlich sind (z. B. Effektorik, Sensorik, KI-Modelle, Schutzausrüstung).

DFG-Fachsystematik: 4.-11-03, 4.12-01, 4.41-01, 4.41-02, 4.43-02 und 4.43-04



Abbildung 1 Grobe Übersicht des Vorhabens

2. Wirtschaftliche Relevanz für KMU

2.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Wirtschaftlich: Nach Destatis lag in Deutschland der durchschnittliche Bruttostundenlohn eines Beschäftigten im April 2024 bei 25,94 € [1]. Die gewöhnliche Wochenarbeitszeit aller Erwerbstätigen im Jahr 2024 lag bei 34,3 Stunden [2]. Der gemessen an der gebauten GT größte Konkurrent China wies laut National Bureau of Statistics of China eine durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 49 Stunden auf [3]. Der Bruttostundenlohn lag in China deutlich unter dem Bruttostundenlohn in Deutschland [4]. enormer Wettbewerbsnachteil für Deutschland. Eine weitere Herausforderung für Deutschland ist der zunehmende Fachkräftemangel. Das Institut der Wirtschaftsforschung (CSP-Südtwest) erwartet bis 2030 einen Mangel von 5 Millionen Fachkräften. Diese Herausforderungen werden mit diesem Vorhaben speziell in diesem Anwendungsfall adressiert bzw. humanoide Robotik könnte hier in Zukunft eine universell einsetzbare Lösung sein.

Technisch: Das Strahlen stellt hohe Anforderungen an. Zum einen wirken erhebliche mechanische Belastungen durch Rückstoßkräfte, Vibrationen und Staubpartikel. Zum anderen erfordert der Prozess hohe Flexibilität in schwer zugänglichen Umgebungen. Für humanoide Robotik ergeben sich daraus mehrere technische Herausforderungen: Handhabung der Strahldüsen mittel des humanoiden Roboters oder Entwicklung eigener Endeffektoren. Integration von Schutzausrüstung gegen abrasive Medien und Staub. Anpassung der Sensorik an die Bedingungen und Erstellung spezialisierter Bewegungs- und Navigationssoftware für eine möglichst autonome Durchführung der Arbeiten. Nach aktuellem Stand sind keine Tests oder Einsätze von humanoiden Robotern für Strahlreinigen bekannt. Dafür wurden die Datenbanken Scopus und Patbase mit verschiedenen Suchoperatoren durchsucht. Das Vorhaben erlaubt die Schaffung von Basiswissen zur Entwicklung neuer Produkte fürs Sandstrahlen (Endeffektorik, Schutzausrüstung, Sensorik und sonstige Zubehörteile) und Verfahren (Bewegungssoftware und lokale Navigation).

2.2 Wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Forschungsergebnisse für KMU

Das Vorhaben adressiert den Schiffbau als zentralen Wirtschaftszweig, der durch hohen internationalen Wettbewerbsdruck (insbesondere aus China und Südkorea) gekennzeichnet ist. Die Übertragung humanoider Robotik auf hochbelastende Prozesse wie das Strahlreinigen von Doppelböden stellt einen technologischen Bruch dar, da bisher keine vergleichbaren Anwendungen dokumentiert sind (Scopus- und Patbase-Recherche). Darüber hinaus ergeben sich Innovationsimpulse für angrenzende Branchen wie Anlagenbau, Stahlbau und Offshore-Wirtschaft, die vergleichbare Reinigungs- und Oberflächenbearbeitungsprozesse aufweisen. Das Projekt bietet damit das Potenzial, einen technologischen Benchmark für automatisierte, humanoid gestützte Fertigungsprozesse zum Schiffbau und deren Zulieferkette (z. B. Strahlbetriebe, Beschichtungsbetriebe, Robotik-Integratoren, Anbieter von Endeffektoren). Die im Vorhaben entwickelte Technologie schafft die Grundlage, dass auch KMU und Schiffswerften Zugang zum Wissen zu humanoiden Robotersystemen erhalten und diese vielleicht zukünftig anwendungsnah einsetzen können. Die internationale Konkurrenzsituation zeigt eine deutliche Lohnkostendifferenz zwischen Deutschland und China. Humanoide Robotik kann diese Nachteile vielleicht in Zukunft kompensieren, indem sie den Personalbedarf reduziert und die Produktivität steigert. Dadurch wird dem Schiffbau ermöglicht, trotz höherer Personalkosten im europäischen Raum konkurrenzfähig zu produzieren. Das Vorhaben eröffnet für KMU vielfältige Diversifizierungsoptionen. Neue Geschäftsfelder könnten durch die Entwicklung und Vermarktung von Endeffektoren, Schutzausrüstungen, Sensorik und KI-basierten Softwaremodulen für humanoide Roboter entstehen. Bestehende Geschäftsfelder, insbesondere im Bereich Strahlen und Beschichten, können durch die Integration automatisierter Leistungen erweitert werden. Darüber hinaus eröffnen sich Outsourcing-Potenziale, wenn spezialisierte KMU-Dienstleistungen im Bereich humanoider Robotik-Integration übernehmen. Existenzgründungen können insbesondere durch Ausgründungen aus Forschungsprojekten initiiert werden, die Software- oder Hardwarelösungen für humanoide Roboter im Schiffbau vermarkten. Das Strahlreinigen stellt einen sicherheitskritischen und stark regulierten Prozess dar. Der Einsatz humanoider Roboter erfordert daher sowohl die Erweiterung bestehender Normen, beispielsweise für Arbeitssicherheit, Explosionsschutz und den Einsatz von Robotern in gefährlichen Umgebungen, als auch die Standardisierung von Schnittstellen in den Bereichen Software, Sensorik und Endeffektoren. Zudem unterstützt das Vorhaben die Erfüllung gesetzlicher Auflagen, indem Beschäftigte von gesundheitsschädlichen Tätigkeiten wie Staub-, Lärm- und Vibrationsbelastungen entlastet werden.

Damit leistet es einen Beitrag zur Verbesserung des Arbeitsschutzes sowie zur Einhaltung arbeits- und umweltrechtlicher Anforderungen.

3. Wissenschaftlich-technischer Ansatz

3.1 Stand der Forschung und Entwicklung

Aktueller Stand der Forschung: Lee et al. veröffentlichte ein Paper zum roboterbasierten blast cleaning [5]. Dort wird ein autonomes Robotersystem (Nicht humanoid) für das abrasive Strahlen in den engen Doppelhüllen von Schiffen vorgestellt. Es kombiniert eine selbstfahrende Plattform (RRX), die sich auf Längssteifen bewegen kann, mit einem siebzig-achsigen Manipulator, der die bis zu drei Meter hohen Quersteifenflächen vollständig erreicht. Das System ist so kompakt gebaut, dass es durch die standardisierten Zugangsöffnungen von 600×800 mm in die Hohlräume eingeführt werden kann. Simulationen belegen die Stabilität des Roboters auch unter den Belastungen durch die Strahlkräfte. In Feldtests wurden die geforderten Oberflächenqualitäten (Sa 1.5–2.0) zuverlässig erreicht. Grenzen ergeben sich vor allem durch den sehr begrenzten Arbeitsraum mit zahlreichen Verstärkungen, die kleinen Zugänge sowie die extrem staubige Umgebung, in der das System zuverlässig funktionieren muss. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass das Robotersystem stabil arbeitet und die Qualitätsanforderungen erfüllt, auch wenn es durch die räumlichen Bedingungen eingeschränkt bleibt.

Das Paper von Li et al. [6] ist beispielhaft für die aktuellen Erfolge in der humanoiden Robotik, weil es zeigt, wie durch den Einsatz von lernbasierten Verfahren und Trajektorienoptimierung eine neue Qualität in der Ganzkörpersteuerung erreicht wird. Humanoide Roboter stehen traditionell vor dem Problem, dass ihre vielen Freiheitsgrade und die hochgradig nichtlineare Dynamik nur schwer in Echtzeit zu kontrollieren sind. Mit Adaptive Motion Optimization (AMO) wird demonstriert, dass diese Komplexität beherrschbar wird: Der Roboter ist nicht mehr nur in der Lage, einfache Lokomotion oder isolierte Manipulationsaufgaben zu bewältigen, sondern er kann stabile, flüssige und anpassungsfähige Bewegungen ausführen, die den menschlichen Fähigkeiten deutlich näherkommen. Damit wird exemplarisch aufgezeigt, was den Fortschritt der humanoiden Robotik aktuell kennzeichnet: die Überwindung von engen Szenarien hin zu einer robusten Generalisierung. Ein humanoider Roboter kann nun nicht nur vordefinierte Bewegungen abspulen, sondern flexibel auf neue Situationen reagieren, Werkzeuge in unterschiedlichen Positionen halten und dabei gleichzeitig seine Balance sichern. Diese Fähigkeit, komplexe loco-manipulative Aufgaben auszuführen, markiert einen wichtigen Schritt in Richtung praktischer Einsatzmöglichkeiten, sei es in der industriellen Fertigung, im Bauwesen oder in Serviceanwendungen. Wir halten aufgrund des aktuellen Stands der Technik eine Umsetzung für realistisch.

Zusammenfassend zeigt der Stand der Forschung, dass spezialisierte Systeme zwar funktionsfähig, jedoch stark auf enge Einsatzbereiche beschränkt sind, während humanoide Roboter durch neuartige Steuerungen eine hohe Flexibilität und Generalisierbarkeit erreichen. Daraus ergibt sich die Frage, ob humanoide Roboter ihre Vorteile nutzen können, um auch das Strahlen im Schiffbau zu übernehmen.

3.2 Arbeitshypothese

Die Arbeitshypothese lautet, dass humanoide Roboter durch ihre menschenähnliche Kinematik und Adaptionfähigkeit prinzipiell die Potenziale besitzen, körperlich belastende und personalintensive Strahlarbeiten und spätere auch weitere Arbeiten im Schiffbau zu übernehmen. Es wird angenommen, dass durch die Kombination aus geeigneter Endeffektorik, grundlegenden Navigations- und Steuerungsansätzen sowie spezifischen Sicherheitskonzepten ein funktionsfähiger Demonstrator entwickelt werden kann, der die Machbarkeit der Technologie aufzeigt. Damit soll eine wissenschaftlich-technische Grundlage geschaffen werden, auf der zukünftige Entwicklungen zur Automatisierung des Strahlreinigens im Schiffbau aufbauen können.

4. Lösungsweg

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines humanoiden Robotersystems zur Durchführung von Strahlarbeiten an Doppelböden, insbesondere im Schiffbau. Im Rahmen vorwettbewerblicher Forschung werden zunächst im **AP 100** die technischen, organisatorischen und sicherheitsrelevanten Rahmenbedingungen analysiert sowie eine Marktanalyse zu verfügbaren Technologien durchgeführt. Darauf aufbauend wird ein erstes Grobkonzept entwickelt. In **AP 200** erfolgt die Konstruktion und der Bau eines Labordemonstrators, einschließlich der Integration benötigter Komponenten wie Endeffektoren, Schutzausrüstung und Sensorik. **AP 300** umfasst die Entwicklung der Software für Bewegungssteuerung, Oberflächenerkennung sowie die Ansteuerung des Endeffektors. Anschließend wird in **AP 400** in einem Labortest durchgeführt, um die technische Machbarkeit zu validieren und

Handlungsempfehlungen für den späteren Einsatz abzuleiten. Den Abschluss bildet **AP 500** mit der Erstellung des Abschlussberichts.

4.1 Bearbeitungsschritte und Personaleinsatz

AP 100 – Systematische Analyse und Konzeption
<ul style="list-style-type: none"> Systematische Analyse der technischen, organisatorischen und sicherheitsrelevanten Rahmenbedingungen für den Einsatz humanoider Roboter beim Strahlreinigen von Doppelböden. Dazu gehört u. a. auch die Beachtung von z. B. Klassenrichtlinien. Angefangen mit der DNV-CG-0288 „Corrosion protection of ships“. Durchführung einer Marktanalyse zu verfügbaren Werkzeugen, Maschinen, Sensoren und Softwarelösungen. Entwicklung eines groben Konzepts
AP 200 – Konstruktion und Auslegung eines Forschungsdemonstrators
<ul style="list-style-type: none"> Ziel: Erstmalige und neuartige Integration spezifischer Komponenten am Roboter und Aufbau des Laboraufbaus Dazu gehören die Konstruktion von Endeffektoren für das Strahlreinigen, Schutzausrüstung- und Schnittstellenlösungen sowie die Integration geeigneter Sensorik. Ergebnisse sind ein vollständiges Robotersystem für den Labortest mit bekannten physikalischen Parametern wie z. B. dem Schwerpunkt. Für den Umgang mit den Rückstoßkräften könnten eventuell Stützkonstruktionen entwickelt werden. Diese ist für die Regelung notwendig.
AP 300 – Programmierung, Tests in der Simulation und Integration der entwickelten Komponenten
<ul style="list-style-type: none"> Ziel: Entwicklung grundlegender Softwaremodule für, Bewegungssteuerung, Rückstoßregelung und Oberflächenerkennung. Implementierung von Ansätzen zur Erfassung von Strahlflächen sowie Schnittstellenprogrammierung zur Ansteuerung des Endeffektors und Sensorik. Ziel ist ein funktionsfähiger Softwaredemonstrator und ein fertiger Roboteraufbau. Die Navigation innerhalb der Zelle wird nur sehr rudimentär mit Algorithmen aus dem Stand der Technik umgesetzt.
AP 400 – Labortest
<ul style="list-style-type: none"> Ziel: Praktische Erprobung des Demonstrators unter realitätsnahen Bedingungen in einem passenden Laboraufbau nach AP 200. Validierung der technischen Machbarkeit, Erfassung von Leistungsdaten (Arbeitszeit, Oberflächenqualität, Sicherheitsaspekte) und Ableitung von Handlungsempfehlungen für KMU. Darüber hinaus Beschreibung wesentlicher Limitationen und notwendiger weiterer Schritte für die Kommerzialisierung. Wichtige Einschränkung: Der Test erfolgt in einer lokal begrenzten Umgebung. Die Platzierung des Roboters, eventl. notwendiger Maschinen und das Säubern der Umgebung erfolgten wahrscheinlich manuell. Zudem wird mit dem Unitree G1 ein Modell verwendet, dass eine teilweise noch zu geringe Traglast aufweist. In Zukunft wäre für Unternehmen dann vielleicht die Verwendung der H1-2 Modelle von Unitree oder anderen Herstellern mit mehr Traglast möglich.
AP 500 – Abschlussbericht
<ul style="list-style-type: none"> Ziel: Schreiben des Abschlussberichts

4.2 Arbeitsdiagramm

Tabelle 1 Darstellung der zeitlichen Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte. Personaleinsatz durch Ziffer 1 gekennzeichnet. Die 1 entspricht hierbei einem Mannmonat. Die studentischen Hilfskräfte werden am Abschlussbericht nicht beteiligt.

Arbeitspaket	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24
AP100: Systematische Analyse und Konzeption	1	1	1																					
AP200: Konstruktion & Auslegung eines FD				1	1	1	1	1	1															
AP300: Programmierung, Tests in der Simu...										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AP400: Labortest																						1	1	
AP400: Abschlussbericht																								1

5. Umsetzbarkeit und Transfer der Ergebnisse

5.1 Aussagen zur voraussichtlichen industriellen Umsetzung der FuE-Ergebnisse nach Projektende

Die Ergebnisse sollen KMU die Möglichkeit geben, innerhalb von 2–3 Jahren nach Projektende Pilotanwendungen umzusetzen, während eine breitere industrielle Nutzung im Zeithorizont von 4–5 Jahren realistisch ist. Hier wäre dann auch der Einsatz von anderen Robotermodellen denkbar (z. B. H1-2 von Unitree mit sehr hohen Taglasten). Die Finanzierbarkeit wird durch sinkende Kosten humanoider Roboter und den überschaubaren Zusatzaufwand für Endeffektoren, Software und

Integration gewährleistet. KMU profitieren unmittelbar durch reduzierte Personalkosten sowie mittelbar durch neue Geschäftsfelder in Robotik, Sensorik und Softwareentwicklung.

5.2 Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Der Ergebnistransfer erfolgt während der Projektlaufzeit durch enge Einbindung der projektbegleitenden und Demonstrationen der Zwischenergebnisse. Nach Projektabschluss werden die Resultate in Form von Abschlussveranstaltungen, wissenschaftlichen Publikationen und Fachartikeln verbreitet.

6. Durchführende Forschungseinrichtung(en)

Fraunhofer-Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik IGP, Albert-Einstein-Straße 30, 18059 Rostock - Leiter der Forschungseinrichtung: Prof. Wilko Flügge, info@igp.fraunhofer.de - Projektleiter: Herr Nikita Werner Vetter, nikita.werner.vetter@igp.fraunhofer.de

7. Literaturverzeichnis

- [1] DESTATIS, „Durchschnittliche Bruttostundenverdienste von Beschäftigungsverhältnissen,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Qualitaet-Arbeit/Dimension-2/stundenlohn1.html>. [Zugriff am 08 09 2025].
- [2] DESTATIS, „Wöchentliche Arbeitszeit,“ [Online]. Available: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Qualitaet-Arbeit/Dimension-3/woechentliche-arbeitszeit1.html>. [Zugriff am 08 09 2025].
- [3] National Bureau of Statistics of China, „National Economy Witnessed Steady Progress amidst Stability with Major Development Targets Achieved Successfully in 2024,“ [Online]. Available: https://www.stats.gov.cn/english/PressRelease/202501/t20250117_1958330.html.
- [4] Choi & Partners, „What is the Average Salary in China: A Guide to Current Trends and Statistics,“ [Online]. Available: https://www.chinalegalexperts.com/news/what-is-the-average-salary-in-china?utm_source=chatgpt.com. [Zugriff am 08 09 2025].
- [5] Lee et al., „Self-traveling robotic system for autonomous abrasive blast cleaning in double-hulled structures of ships,“ *Automation in Construction*, Bd. 19, pp. 1076-1086, 2025.
- [6] X. C. T. H. S. Y. R.-Z. Q. X. W. Jialong Li, „AMO: Adaptive Motion Optimization for Hyper-Dexterous Humanoid Whole-Body Control,“ 2025 5 6. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2505.03738>.

8. Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses (PA)

Unternehmen (Name, Sitz)	Ansprechpartner/-in (Vor- u. Nachname)	Kompetenz	Interesse PA	* KMU	** FSM- Mitglied
Fr. Lürssen Werft GmbH, Bremen	Bernhard Urban	Schiffbau	ja	nein	ja
HB Hunte Engineering GmbH	Wolfgang Franzelius	Schiffsdesign	ja	ja	ja
Meyer Werft GmbH, Papenburg	Marvin Dröber	Schiffbau	angefragt	nein	ja
Abeking & Rasmussen, Lemwerder	Toralf Zimmermann	Schiffbau	angefragt	nein	ja
Fr. Fassmer GmbH & Co. KG	Maximilian Bley	Schiffbau	angefragt	nein	ja
Ostsee-Strahl-Zentrum GmbH & Co. KG	Wolfgang Brandt	Korrosionsschutz	angefragt	ja	nein
Severa GmbH	Müller-Hauschildt,	Korrosionsschutz	angefragt	ja	nein
Rokon AR-Korrosionsschutz	Anna Rojek	Korrosionsschutz	angefragt	ja	nein

9. Laufzeit und Beantragte Zuwendung (bZ)

Laufzeit in Monaten: 24

Beantragte Zuwendung (bZ) FE 1 in EUR

Beantragte Zuwendung (bZ)	1. Jahr	2. Jahr	Summe
A.1 Bruttoentgelte für wiss.-techn. Personal	83.973,96	83.973,96	167.947,92
A.2 Bruttoentgelte für übriges Fachpersonal			0,00
A.3 Bruttoentgelte für Hilfskräfte	14.658,48	14.655,48	29.313,96
A.4 Pauschale für Personalausgaben (6 %)	5.917,95	5.917,77	11.835,71
B. Ausgaben für Gerätebeschaffung	17.500,00	2.500,00	20.000,00
C. Ausgaben für Leistungen Dritter			0,00
D. Pauschale für Sonstige Ausgaben (20 %)	24.410,08	21.409,44	45.819,52
Summe der bZ	146.460,46	128.456,65	274.917,11