DLR-MS	HyInnoShip
Kürzel Forschungseinrichtung 1 (FE 1)	Akronym / Thema kurz Skizze
TME, RWTH Aachen	2025-1-6
ggf. Kürzel Forschungseinrichtung 2 (FE 2)	Skizzen-Nr. (wird vom FSM eingetragen)
ggf. Kürzel Forschungseinrichtung 3 (FE 3)	Ansprechpartner/-in FE für den FSM

Skizze für ein IGF-Vorhaben zum Thema *HyInnoShip – Entwicklung und Skalierung eines hocheffizienten, brennstoffflexiblen und reversiblen rSOC-Systems für maritime Anwendungen*

1. Kurzzusammenfassung und Fachgebiete / Wirtschaftszweige

Das HyInnoShip-Projekt zielt darauf ab, ein hocheffizientes, brennstoffflexibles rSOC-System (reversible Solid Oxide Cell) speziell für maritime Anwendungen zu entwickeln und zu skalieren. Die Schlüsselinnovation dieses Projekts ist die Entwicklung eines hocheffizienten, emissionsarmen rSOC-Systems, das mit alternativen Brennstoffen wie Wasserstoff und Ammoniak betrieben werden kann, was nicht nur Flexibilität, sondern auch signifikante Nachhaltigkeitsvorteile bietet. Da die rSOC sowohl im Brennstoffzellen- als auch im Elektrolysebetrieb arbeiten kann, kann das System auf See Strom erzeugen und während der Hafenliegezeiten Wasserstoff produzieren. Dank der Fähigkeit zum Dual-Mode-Betrieb könnten thermische Zyklen während Liegezeiten oder der Cold-Ironing-Phasen minimiert werden, wodurch Degradationsmechanismen reduziert und die Systemlebensdauer erhöht werden.
Das Projekt verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz, beginnend mit detaillierten Modellen für den SOFC- und SOEC-Betrieb, Einzelzellentests, gefolgt von der Bewertung von rSOC-Systemen im vollen Maßstab. Ein zentraler Aspekt ist die Erforschung der modularen Skalierbarkeit des rSOC-Systems, um dessen Integration in verschiedene maritime Anwendungen zu ermöglichen – von Hilfstriebwerken (APUs) bis hin zu hybriden Antriebskonzepten.
Besonders im maritimen Sektor, wo lange Betriebszeiten und hohe Investitionskosten für Antriebssysteme entscheidend sind, ist die Maximierung der Lebensdauer von Brennstoffzellen essenziell. Durch gezielte Optimierung der Betriebsstrategie, thermisches Management und hybride Betriebsweisen soll die Haltbarkeit des rSOC-Systems erhöht und damit die Notwendigkeit von teuren Stack-Austauschen reduziert werden.

2. Wirtschaftliche Relevanz für KMU

2.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Die maritime Industrie steht unter wachsendem Druck, CO_2-, NO_x- und SO_x-Emissionen zu reduzieren, um die Anforderungen, wie z.B. der FuelEU Maritime Verordnung (EU 2023/1805), zu erfüllen. Während große Werften emissionsarme Lösungen entwickeln, fehlt es KMU an validierten Technologien und wirtschaftlich tragfähigen Integrationsmöglichkeiten. Reversible Festoxid-Brennstoffzellen bieten eine vielversprechende Lösung, da sie hocheffiziente Stromerzeugung auf Basis unterschiedlicher Kraftstoffe mit Wasserstoffproduktion im Hafen kombinieren und so Stillstands Zeiten minimieren. Dennoch sind rSOC-Systeme für maritime Anwendungen noch nicht validiert. Herausforderungen bestehen insbesondere im thermischen Management, da Betriebstemperaturen von 600–1000°C und zyklische Belastungen die Degradation beschleunigen können. Labortests, wie etwa 100.000 Betriebsstunden am Forschungszentrum Jülich, zeigen jedoch hohes Potenzial zur Langzeitstabilität. Die Integration kann durch eine Hybridisierung mit bestehenden ICE-, Gasturbinen-, ORC- oder Batteriesystemen optimiert werden, wobei eine angepasste Regelungsstrategie die Effizienz und Lebensdauer weiter verbessern kann.
Gleichzeitig fehlen maritime Sicherheitsstandards & Zertifizierungsrichtlinien für rSOC-Technologien und neue Kraftstoffe wie NH_3 und H_2.
Auch wirtschaftlich stehen KMU vor Hürden. Ohne belastbare Validierungsdaten bleibt das Investitionsrisiko hoch. Zudem fehlen Standards und Bewertungswerkzeuge für die Skalierung und Nachrüstung auf verschiedene Schiffstypen.

2.2 Wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Forschungsergebnisse für KMU

rSOC-Technologien bieten hohes Innovationspotenzial für KMU der maritimen Zuliefer- und Energiewirtschaft, indem sie eine energieeffiziente, emissionsarme Alternative zu konventionalen und fossilen Schiffsantrieben ermöglichen.

Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit & neue Geschäftsfelder

- *Technologiezugang für KMU als Anbieter von rSOC-Komponenten & hybriden Antriebslösungen.*
- *Validierte Simulations- und Bewertungsmethoden zur technischen Integration von rSOC-Systemen in maritime Anwendungen.*
- *Beitrag zu Normen, Regulierungen & Umweltzielen*
- *Unterstützung der Standardisierung & Zertifizierung neuer maritimer Energielösungen auf basis von Brennstoffzellen.*
- *Erfüllung (inter)nationaler Umweltvorgaben (z. B. FuelEU Maritime, IMO).*
- *Reduktion der Emissionen um bis zu 20 % im Vergleich zu konventionellen Schiffsantriebskonzepten, nachhaltigere Energienutzung & wirtschaftlicher Betrieb.*

3. Wissenschaftlich-technischer Ansatz

3.1 Stand der Forschung und Entwicklung

Reversible Festoxidzellen (rSOC) sind eine vielversprechende Technologie für die Dekarbonisierung maritimer Energiesysteme, die sowohl mit Brennstoffzellen (SOFC) als auch mit Elektrolyse (SOEC) betrieben werden können. Aufgrund ihres hohen Wirkungsgrads (bis zu 60 % im SOFC-Modus und 80 % im SOEC-Modus) und ihrer Brennstoffflexibilität (H_2, NH_3, CH_3OH) eignen sie sich für die Integration in die zukünftige emissionsarme Schifffahrt. Bei der Anpassung der rSOC-Technologie für den maritimen Einsatz gibt es jedoch noch einige Herausforderungen, darunter das Wärmemanagement, die Skalierbarkeit des Systems und die Hybridisierung mit anderen Energiequellen.

Brennstoffzellensysteme in maritimen Anwendungen

Brennstoffzellen bieten eine effiziente Möglichkeit, CO_2-, NO_x- und SO_x-Emissionen in der Schifffahrt zu senken. SOFCs sind besonders attraktiv, da sie mit verschiedenen Kraftstoffen wie Wasserstoff, Ammoniak und synthetischen Kohlenwasserstoffen betrieben werden können und damit flexibel auf künftige Vorschriften reagieren (Elkafas et al., 2023).

Mit einem Wirkungsgrad von ~60 % bieten SOFCs eine skalierbare Lösung zur Emissionsreduktion. Hybride SOFC-GT-Systeme erreichen sogar bis zu 70 % Wirkungsgrad, was konventionelle Schiffskraftwerke übertrifft (Baldi et al., 2019). Gleichzeitig erfordern langsames Ansprechverhalten und Degradation bei Lastwechseln eine Hybridisierung und optimierte Regelungsstrategien (Veldhuizen et al., 2023). Die Weiterentwicklung dieser Technologie ist entscheidend, um SOFC-basierte Systeme als wirtschaftlich tragfähige Alternative zu etablieren.

rSOC (SOEC <-> SOFC) für den maritimen Einsatz

rSOCs ermöglichen es Schiffen, auf See Strom und Wärme zu erzeugen (SOFC-Modus) und im Hafen Wasserstoff zu produzieren (SOEC-Modus). Dies minimiert thermische Zyklen und verringert die Systemdegradation (Brouzas et al., 2025). Der erzeugte Wasserstoff kann direkt zur Effizienzsteigerung in den SOFC-Modus zurückgeführt oder zur Optimierung der Reformierung von, z.B. Ammoniak/Methanol, genutzt werden. Zudem könnte eine Speicherung in Hafentanks möglich sein, sofern regulatorische Rahmenbedingungen dies erlauben. Während rSOC-Systeme in stationären Anwendungen erprobt wurden, liegt ihr Technology Readiness Level für maritime Anwendungen noch bei TRL 4-5 (Elkafas et al., 2023).

Herausforderungen beim Wärmemanagement und Systemdegradation

Die hohen Betriebstemperaturen von rSOCs (600–1000 °C) stellen eine Herausforderung für das Wärmemanagement dar, insbesondere bei Anfahren und Abschalten. Thermische Gradienten können Materialstress und Degradation beschleunigen, was die Systemlebensdauer verringert (Veldhuizen et al., 2023). Studien legen nahe, dass die Nutzung des SOEC-Modus während Liegezeiten anstelle des Abschaltens thermische Zyklen minimieren und die Degradation reduzieren könnte (Brouzas et al., 2025).

Skalierbarkeit und Integration

Die Skalierung von rSOC-Systemen von Einzelzellen-Laborexperimenten bis hin zur Integration in den Schiffsmaßstab bleibt eine große Herausforderung. Bestehende Forschungen zu Brennstoffzellen in maritimen Anwendungen, wie z.B. HELENUS und NAUTILUS (an denen das DLR beteiligt ist), bieten Einblicke in die Machbarkeit der Brennstoffzellenintegration auf Schiffen. Allerdings befinden sich skalierbare rSOC-Systeme, die Hybridisierungsstrategien (z.B. Batterien, ORC, Gasturbinen oder

ICEs) beinhalten, noch in einem frühen Forschungsstadium (Elkafas et al., 2023). In diesem Projekt wird die modulare Skalierbarkeit von rSOCs durch die Entwicklung einer simulationsbasierten Bewertung, und die Validierung von Hybridkonfigurationen untersucht.

3.2 Arbeitshypothese

Ein rSOC-System, das flexibel zwischen Brennstoffzellen- und Elektrolysemodus wechselt, hat das Potenzial, die Energieeffizienz zu maximieren und gleichzeitig die Lebensdauer des Systems im maritimen Einsatz deutlich zu verlängern. Die Hypothese basiert auf folgenden wissenschaftlich-technischen Erkenntnissen:

Brennstoffflexibilität: rSOCs können mit alternativen Kraftstoffen wie Ammoniak (NH_3) und Wasserstoff (H_2) betrieben werden, wodurch Schiffe unabhängig von einer einzelnen Treibstoffquelle werden.
Minimierung thermischer Degradation: Durch den kontinuierlichen Betrieb im SOEC-Modus während Hafenliegezeiten können häufige Start-Stopp-Zyklen vermieden werden, was die Degradationsrate reduziert und die Lebensdauer des Systems verlängert.
Steigerung der Systemeffizienz durch Hybridisierung (rSOC-X): Die Kombination von rSOCs mit Batterien, Gasturbinen oder ORC-Systemen kann die Effizienz des Gesamtsystems auf über 70% erhöhen, wodurch Brennstoffverbrauch und Emissionen weiter gesenkt werden. Die Komponente X kann dabei ein beliebiges weiters System, wie z.B. Batterie (rSOC-Bat), Gasturbinen (rSOC-GT) oder Verbrennungsmotoren (rSOC-ICE) sein.
Optimierung des dynamischen Betriebsverhaltens: Durch eine Regelungs- und Steuerstrategie kann die Systemlebensdauer um bis zu 10-20% gesteigert werden, indem Lastwechsel besser gemanagt und unnötige Energieverluste vermieden werden.
Maritimen Integration: Durch die Entwicklung einer simulationsgestützten Skalierungsstrategie für das rSOC-System und seine Balance-of-Plant (BoP)-Komponenten kann die Anpassung an verschiedene Schiffstypen (z. B. Frachter, Tanker, Passagierschiffe) erleichtert werden.

4. Lösungsweg

4.1 Bearbeitungsschritte und Personaleinsatz

*AP1: Analyse relevanter Anwendungsfälle und Versorgungsszenarien **(TME)***
Die Analyse der relevanten Anwendungsfälle und Versorgungsszenarien erfolgt in enger Zusammenarbeit zwischen DLR-MS, TME und dem Projektbeirat. Zunächst werden die spezifischen Anforderungen für den maritimen Einsatz definiert, einschließlich relevanter Schiffstypen und hybrider Antriebstopologien (z. B. rSOC-GT, rSOC-ICE, rSOC-BAT). Ein zentrales Ziel ist die Definition von Betriebsprofilen, die realistische Einsatzszenarien abbilden und als Grundlage für die späteren Simulationsmodelle, Regelungsstrategien und Einzelzellentests dienen. Der Projektbeirat bringt industrielle Perspektiven ein, um sicherzustellen, dass die erarbeiteten Konzepte sowohl technisch als auch wirtschaftlich umsetzbar sind.

*AP2: Entwicklung des rSOC-Systems **(TME)***
Das TME entwickelt detaillierte rSOC-Systemmodelle, die sowohl den SOFC-Modus (Stromerzeugung) als auch den SOEC-Modus (Elektrolyse) umfassen. Basierend auf den in AP1 definierten Anwendungsfällen und Antriebstopologien wird ein simulationsgestütztes rSOC-X-Modell erstellt, das die Hybridisierung mit den in AP1 identifizierten Komponenten (z. B. Gasturbine, Batterie, ICE) berücksichtigt. Diese Modelle werden in ein einheitliches rSOC-Systemmodell überführt, das Balance-of-Plant (BoP)-Komponenten integriert. Ziel ist es, ein simulationsgestütztes System zu entwickeln, das die Performance des rSOC-(X)-Systems unter maritimen Betriebsbedingungen realitätsnah abbildet. Zusätzlich wird eine umschaltfähige Betriebsstrategie zwischen SOFC- und SOEC-Modus entwickelt, um eine optimale Effizienz und minimale Degradation zu gewährleisten.

*AP3: Reglerentwicklung für SOFC, SOEC und rSOC **(DLR-MS)***
Basierend auf den in AP2 entwickelten rSOC-Modellen werden in diesem Arbeitspaket reduzierte Modelle für den SOFC- und SOEC-Betrieb erstellt, um eine regelungsorientierte Implementierung der rSOC-Technologie zu ermöglichen. Zunächst werden die Steuerungsanforderungen definiert, wobei die in AP1 entwickelten Betriebsprofile sowie die Simulationsergebnisse aus AP2 als Grundlage

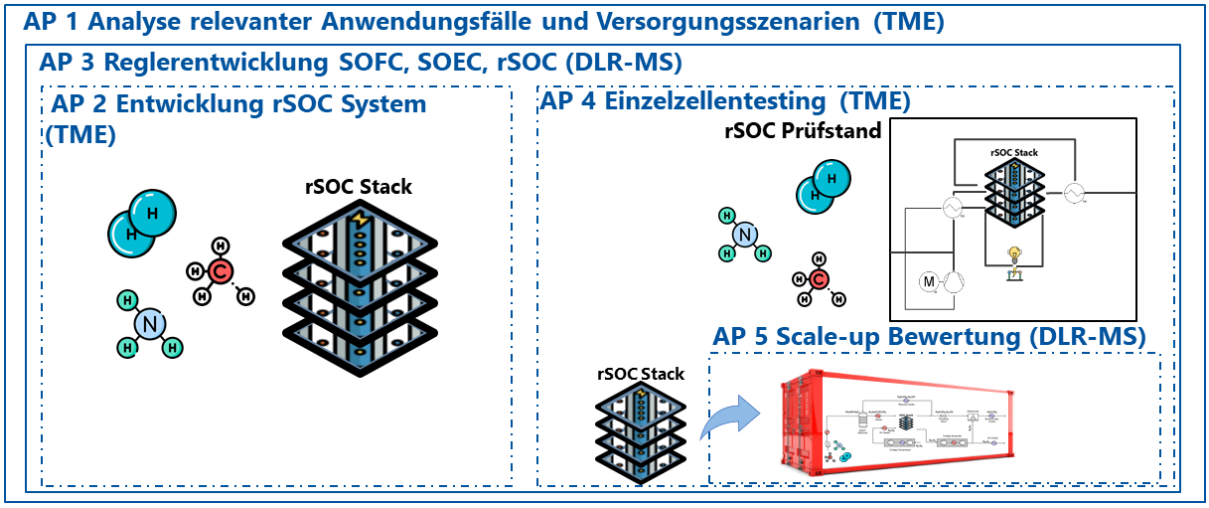
dienen. Darauf aufbauend werden verschiedene Regelungsstrategien bei DLR entwickelt und in einer Model-in-the-Loop (MiL)-Umgebung getestet.
Ein zentrales Ziel ist die Entwicklung einer Supervisory Control Unit (SCU), die sowohl die dynamische Umschaltung zwischen SOFC- und SOEC-Modus als auch die optimale Leistungsaufteilung zwischen dem rSOC-System und den in AP1 identifizierten hybriden steuert.

*AP4: Einzelzellen-Testing **(TME)***
Das TME führt Einzelzellentests durch, um die Simulationsergebnisse aus AP2 experimentell zu validieren. Dabei werden Tests mit 5x5 cm und 12x12 cm Zellen durchgeführt. Die Versuche erfolgen mit Wasserstoff, Ammoniak und Wasserstoff-Beimischungen (Hydrogen Add-Mixes), um die Kraftstoffflexibilität des Systems zu bewerten. Zudem wird die Abgaszusammensetzung (mittels FTIR und Massenspektrometrie) analysiert, um mögliche Emissionsminderungsstrategien zu untersuchen. Das DLR nutzt die experimentellen Daten zur weiteren Optimierung der Modell- und Regelungsansätze.

*AP5: Skalierbarkeitsbewertung des rSOC-Systems **(DLR-MS)***
Basierend auf den experimentellen Daten aus AP4 sowie den in AP2 entwickelten Systemmodellen bewertet das DLR die Skalierbarkeit des rSOC-Systems. Der Fokus liegt auf der Entwicklung eines optimierten Hot-Box-Designs durch die Anwendung von 3D-CFD, um thermische Stabilität, Leistungsdichte und Systemintegration zu verbessern. Die Analyse erfolgt über eine Kombination aus 0D- und 1D-Simulationen mit Fokus auf thermische Integration, Betriebsstrategien und Stack-Einbindung in das Gesamtsystem.

Zeitliche Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte		2026												2027												2028						PM
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
AP 1 Analyse relevanter Anwendungsfälle und Versorgungsszenarien	DLR																															2
	TME																															3
AP 2 Entwicklung rSOC System	TME																															12
AP 3 Reglerentwicklung SOFC, SOEC, rSOC	DLR																															13
AP 4 Einzelzellentesting	TME																															15
AP 5 Scale-up Bewertung	DLR																															12

4.2 Arbeitsdiagramm



5. Umsetzbarkeit und Transfer der Ergebnisse

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

Das Projekt sieht eine enge Zusammenarbeit mit den Industrien vor, insbesondere mit den Projektpartnern über die Beiräte, die die Erwartungen der Industrien als zusätzlichen Input gewährleisten und die Endergebnisse am Ende des Projekts reibungslos an die Industrien zurückgeben werden. Das Projekt wird Simulationswerkzeuge bereitstellen, die nicht nur rSOC einschließlich Balance of Plant umfassen, sondern auch Modelle in getrennten Betriebsarten sowohl für die Brennstoffzelle als auch für den Elektrolyseur sowie für die Hot-Box-Anordnung, was der Industrie helfen wird, die Zertifizierungs-/Klassifizierungsprozesse für Brennstoffzellen in maritimen Anwendungen zu verkürzen und dabei die wirtschaftlichen Risiken zu minimieren.

5.2 Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Während der Laufzeit des Projekts werden die Vorschläge des Beirats berücksichtigt und die Forschungsergebnisse in eine bessere Richtung weiterentwickelt. Die erzielten Ergebnisse werden in Open-Access-Zeitschriften, Konferenzbeiträgen und Workshops veröffentlicht.

6. Durchführende Forschungseinrichtung(en)

Forschungseinrichtung 1:	**Forschungseinrichtung 2:**
DLR-Institut für Maritime Energiesysteme *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)* *Düneberger Strasse 108, 21502 Geesthacht* *Leiter der Forschungseinrichtung:* *Prof. Dr. Sören Ehlers* *Projektleiter/-in: Thanapol Poojitganont* *Projektbearbeiter/-in: Dr. Dheeraj Gosala* *E-Mail: thanapol.poojitganont@dlr.de* *Tel: 0415 2848 8179*	*TME - Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme, RWTH Aachen University* *Forckenbeckstr. 4, 52074 Aachen* *Leiter der Forschungseinrichtung:* *Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger* *Projektleiter/-in: Sreejoe Kaniyamparambil* *E-Mail: kaniyamparambil@tme.rwth-aachen.de* *Tel: 0241 8048166*

7. Literaturverzeichnis

- *Baldi, F., Ahlgren, F., Nguyen, T., Gabrielii, C., & Andersson, K. (2019). A Cogeneration System Based on Solid Oxide and Proton Exchange Membrane Fuel Cells With Hybrid Storage for Ships: System Design and Energetic Assessment. Journal of Power Sources, 432, 60-77.*
- *Brouzas, G., Papadopoulos, A., Karellas, S., & Bach, C. (2025). Essentials of Hydrogen Storage and Power Systems for Green Shipping. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 180, 114504.*
- *Elkafas, H., Albarbar, A., & Abdelkareem, M. A. (2023). Fuel Cell Systems for Maritime Applications – A Review of Research Trends and Challenges. International Journal of Hydrogen Energy, 48(12), 24578-24596.*
- *European Commission (2023). FuelEU Maritime – Decarbonizing Maritime Transport. Retrieved from: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/decarbonising-maritime-transport-fueleu-maritime_en*
- *Giap, V. T., Kim, Y. S., Lee, Y. D., & Ahn, K. Y. (2020). Waste heat utilization in reversible solid oxide fuel cell systems for electrical energy storage: fuel recirculation design and feasibility analysis. Journal of Energy Storage, 29, 101434.*
- *Liu, G., Zhao, W., Li, Z., Xia, Z., Jiang, C., Kupecki, J., Pang, S., Deng, Z. & Li, X. (2022). Modeling and control-oriented thermal safety analysis for mode switching process of reversible solid oxide cell system. Energy Conversion and Management, 255, 115318.*
- *Veldhuizen, J. van, Lammers, P. J., Huizing, R., & Visser, C. (2023). Solid Oxide Fuel Cells for Marine Applications: Challenges and Opportunities. Energy Reports, 9, 3051-3065.*
- *Venkataraman, V., Pérez-Fortes, M., Wang, L., Hajimolana, Y. S., Boigues-Muñoz, C., Agostini, A., McPhaild, S., Maréchalc, F., Herleb, J.H. & Aravind, P. V. (2019). Reversible solid oxide systems for energy and chemical applications–Review & perspectives. Journal of Energy Storage, 24, 100782.*
- *Yang, Y., Lei, J., Huang, X., Liao, Z., Liu, Y., & Tu, Z. (2024). Recent development in reversible solid oxide fuel cells: Theory, integration and prospective. ChemElectroChem, 11(6), e202300593.*

8. Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses (PA)

Unternehmen (Name, Sitz)	Ansprechpartner/-in (Vor- u. Nachname)	Kompetenz	Interesse PA	* KMU	** FSM-Mitglied
DAMEN	*Rommert-Jan Schoustra*	*Schiffbau*	*angefragt*	*nein*	*Interesse*
ISM GmbH	*Thilo Jürgens-Tatje*	*Stromversorgungssystem*	*angefragt*	*ja*	*Interesse*

HB Hunte Engineering GmbH	*Wolfgang Franzelius*	*Schiffsdesign und Konstruktion*	*angefragt*	*ja*	*ja*
OS Energy	*Alexander Nürnberg*	*Offshore-Dienstleister*	*angefragt*	*ja*	*ja*
SDC Ship Design & Consult GmbH	*Thomas Gosch*	*Schiffsdesign*	*angefragt*	*ja*	*ja*
FEV Europe	*Jannik Kexel*	*Entwicklungsdienstleister*	*angefragt*	*nein*	*Interesse*
Greenrime GmbH	*Siriluk Pumirat*	*Anwendungen der Steuerungstheorie*	*ja*	*ja*	*Interesse*
Vermes	*Qingping Fang*	*rSOC Stack Hersteller*	*angefragt*	*nein*	*Interesse*

9. Laufzeit und Beantragte Zuwendung (bZ)

Laufzeit in Monaten: 30

Beantragte Zuwendung (bZ) FE 1 in EUR

OBJ

Beantragte Zuwendung (bZ)	1. Jahr	2. Jahr	ggf. 3. Jahr	Summe
A.1 Bruttoentgelte für wiss.-techn. Personal	70,455.10	84,546.12	35,227.55	190,228.77
A.2 Bruttoentgelte für übriges Fachpersonal				0.00
A.3 Bruttoentgelte für Hilfskräfte				0.00
A.4 Pauschale für Personalausgaben (6 %)	4,227.31	5,072.77	2,113.65	11,413.73
B. Ausgaben für Gerätebeschaffung		4,400.00	2,200.00	6,600.00
C. Ausgaben für Leistungen Dritter				0.00
D. Pauschale für Sonstige Ausgaben (20 %)	14,936.48	18,803.78	7,908.24	41,648.50
Summe der bZ	89,618.89	112,822.67	47,449.44	**249,891.00**

ggf. Beantragte Zuwendung (bZ) FE 2 in EUR

Beantragte Zuwendung (bZ)	1. Jahr	2. Jahr	ggf. 3. Jahr	Summe
A.1 Bruttoentgelte für wiss.-techn. Personal	64,388.74	72,437.33	32,194.37	169,020.43
A.2 Bruttoentgelte für übriges Fachpersonal				0.00
A.3 Bruttoentgelte für Hilfskräfte	8,136.36	8,136.36	8,136.36	24,409.08
A.4 Pauschale für Personalausgaben (6 %)	4,351.51	4,834.42	2,419.84	11,605.77
B. Ausgaben für Gerätebeschaffung		23,000.00		23,000.00
C. Ausgaben für Leistungen Dritter				0.00
D. Pauschale für Sonstige Ausgaben (20 %)	15,375.32	21,681.62	8,550.11	45,607.06
Summe der bZ	92,251.92	130,089.73	51,300.69	**273,642.34**