	Water Shuttle
Kürzel Forschungseinrichtung 1 (FE 1)	Akronym / Thema kurz Skizze
FHK (Fachhochschule Kiel)	2024-2- 2
ggf. Kürzel Forschungseinrichtung 2 (FE 2)	Skizzen-Nr. (wird vom FSM eingetragen)
	Prof. Dr.-Ing. Hendrik Dankowski
ggf. Kürzel Forschungseinrichtung 3 (FE 3)	Ansprechpartner/-in FE für den FSM

Skizze für ein IGF-Vorhaben zum Thema

Konzeptentwicklung für einen Water Shuttle zur Personenbeförderung in küstennahen Gewässern mit hohem Tourismusaufkommen

1. Kurzzusammenfassung und Fachgebiete / Wirtschaftszweige

Die Elektrifizierung des Personenverkehrs ist ein entscheidender Schritt, um die Klimaziele zu erreichen, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern und die Luftqualität zu verbessern. Der Nachholbedarf bei der Elektrifizierung des Personenverkehrs auf Wasserstraßen sowie das Potential dieser derzeit kaum genutzten Infrastruktur ist erheblich, da viele Boote und Schiffe immer noch auf fossile Brennstoffe angewiesen sind und die Wasserstraßen viel zu gering genutzt werden.

Für einen komfortablen und weitestgehend wetterunabhängigen Personen-Fährverkehr auf Flüssen und in Küstengewässern soll daher eine vollelektrische Personenfähre konzipiert werden. Hier bei stehen die Konzepte SWATH und FOILER im Fokus und sind miteinander zu vergleichen

Die erste Phase der Entwicklung soll die Erstellung zweier Bootskonzepte beinhalten, die hinsichtlich produktentscheidungsrelevanter Parameter miteinander verglichen werden (Energieverbrauch, Tragfähigkeit, Geschwindigkeit etc.). Bei der Konzeption soll schwerpunktmäßig auf einen modularen Aufbau sowie eine mit mathematischen Methoden nachgewiesene optimale Strömungsmechanik geachtet werden. Es ist die Zusammenarbeit von Konzeptentwicklern und Wissenschaftlern aus dem Ingenieurwesen erforderlich.

2. Wirtschaftliche Relevanz für KMU

2.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

2.1.1 Technologische Entwicklung: Es gibt einen Mangel an fortschrittlichen, effizienten Elektroantrieben und Batterietechnologien für Wasserfahrzeuge. Die Entwicklung solcher Technologien ist notwendig, um die Reichweite und Zuverlässigkeit von elektrisch betriebenen Booten zu verbessern. Technische Zuverlässigkeit, niedriger Energiebedarf, ausreichend hohe Geschwindigkeit sowie Fahrkomfort auch bei ungünstigen Wetterverhältnissen sind entscheidende Erfolgsfaktoren.

2.1.2. Ladeinfrastruktur: Es fehlt an einer ausreichenden Ladeinfrastruktur an Häfen und Anlegestellen, die für den Betrieb von Elektrobooten und -schiffen notwendig ist.

Der Aufbau eines Netzes von Ladepunkten ist entscheidend, um den Übergang zur Elektromobilität auf Wasserstraßen zu unterstützen.

2.1.3 Regulierung und Anreize: Es gibt oft weniger regulatorische Anreize und Förderprogramme für die Elektrifizierung von Wasserfahrzeugen im Vergleich zu Straßenfahrzeugen. Die mittlerweile zunehmend stärkere politische Unterstützung und finanzielle Anreize werden jedoch zweifelsfrei den Übergang beschleunigen.

2.1.4 Kosten: Die Anschaffungs- und Betriebskosten für elektrische Wasserfahrzeuge sind derzeit noch hoch und demzufolge nicht wettbewerbsfähig gegenüber aktuellen Verkehrssystemen an Land (Straße, Schiene). Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie Skaleneffekte könnten dazu beitragen, die Kosten zu senken.

2.1.5. Qualitatives Wachstum im Tourismussektor: Der Aufbau und Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) mit Wassertaxis könnte einen erheblichen Beitrag zur Elektrifizierung des Personenverkehrs auf Wasserstraßen leisten und die Verkehrswege an Land entlasten. In Regionen mit einem hohen Anteil an Tourismus besteht eine dringende Notwendigkeit, die Individualmobilität mit dem privaten PKW zugunsten der Aufrechterhaltung eines qualitativ hochwertigen Tourismus zu substituieren.

2.2 Wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Forschungsergebnisse für KMU

2.2.1 Nachhaltige Mobilitätsalternative: Elektrische Wassertaxis bieten eine umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen Transportmitteln, insbesondere in Städten mit vielen Wasserstraßen sowie in Küstengewässern. Sie könnten helfen, den Straßenverkehr zu entlasten und die CO_2-Emissionen zu reduzieren.

2.2.2 Förderung von Innovationen: Der Einsatz von elektrischen Wassertaxis könnte die Entwicklung und Markteinführung neuer Technologien beschleunigen. Dies könnte auch positive Auswirkungen auf die Elektrifizierung anderer Wasserfahrzeuge haben.

2.2.3 Integration in den ÖPNV: Elektrische Wassertaxis könnten als Teil eines integrierten öffentlichen Verkehrssystems fungieren, das verschiedene Verkehrsmittel miteinander verknüpft und so die Gesamtmobilität in urbanen Gebieten und Kommunen, die wirtschaftlich von nachhaltigem Tourismus abhängig sind, verbessert.

2.2.4. Bewusstsein und Akzeptanz: Der sichtbare Einsatz von elektrischen Wassertaxis könnte das öffentliche Bewusstsein für die Möglichkeiten der Elektromobilität auf Wasserstraßen erhöhen und die Akzeptanz für diese Technologie fördern.

Insgesamt könnte die Elektrifizierung des Personenverkehrs auf Wasserstraßen und die Integration von Wassertaxis in den ÖPNV einen wichtigen Schritt hin zu nachhaltigeren städtischen Verkehrssystemen darstellen.

3. Wissenschaftlich-technischer Ansatz

3.1 Stand der Forschung und Entwicklung

Seit einigen Jahren nimmt die Anzahl von Akteuren, die sich mit elektrisch angetriebenen Personenfähren beschäftigen, stetig zu. Um die widersprüchlichen Zielsetzungen Geschwindigkeit und Energiebedarf zusammenzubringen werden weitestgehend Foil-Konzepte entwickelt und tlw. bereits in Kleinserie produziert. Sie sind vor allem für Gewässer mit wenig Wellengang gut einsetzbar.

Für einen komfortablen und weitestgehend wetterunabhängigen Personen-Fährverkehr auf Flüssen und in Küstengewässern soll alternativ auch eine vollelektrische Personenfähre auf SWATH-Basis konzipiert bzw. berechnet werden.

Beide Konzepte sind für unterschiedliche Größen (Personenanzahl) objektiv hinsichtlich Energiebedarf und Wirtschaftlichkeit zu überprüfen. Die Erarbeitung einer detaillierten Vergleichsmatrix mit versch. Kriterien ist Bestandteil des Projektes.

1.Stabilität bei rauem Seegang: SWATH-Schiffe haben zwei schmale Rümpfe, die unter der Wasseroberfläche liegen. Dadurch wird die Angriffsfläche für Wellen verringert, was die Schiffe weniger anfällig für Seegang werden lässt. Dies führt zu einem komfortableren Passagiererlebnis und ermöglicht auch bei schwierigen Wetterbedingungen einen zuverlässigen Betrieb. Bis zu einer moderaten Wellenhöhe gilt dies auch für das Foil- Konzept.

2. Geringerer Widerstand: Foil-Konzepte zeichnen sich nach dem „Abheben“ durch sehr geringe Wasserwiderstände im Vergleich zu herkömmlichen Schiffen aus. Dies reduziert den Energieverbrauch. Es ist jedoch eine Mindestgeschwindigkeit erforderlich, die vom Gewicht des Fahrzeugs abhängig ist. Foil-Schiffe können hohe Geschwindigkeiten erreichen und können damit attraktiven Alternativen auch zu anderen Verkehrsmitteln bieten.

3. Fahrstabilität: SWATH-Schiffe wiederum fahren aufgrund ihrer Konstruktion mit sehr wenig Bewegungen auch bei Wellengang. Dies ist besonders vorteilhaft für den Einsatz in Küstenstädten, bei Offshore-Operationen und in Flussdeltas und erhöht aber auch den Komfort deutlich. Beim Foil- Konzept ebenfalls ein sehr stabiles Fahrverhalten angestrebt.

3.2 Gründe für die Erforschung der Elektrifizierung von Water Shuttles

3.2.1 Innovationspotenzial: Die Elektrifizierung eines Water Shuttles mit SWATH-Bauweise wurde bislang nicht vorangetrieben, das Foil-Konzept bislang nur für Boote mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit. In Kombination mit Leichtbau-konstruktion, die strömungsmechanische Optimierung der Rumpfform und die Konzeption von modularen Unterwasser-Antriebseinheiten als Integraleinheiten würden neue Erkenntnisse für zukünftige Produkte erarbeitet und die Basis für eine Serienfertigung gelegt werden. Zudem ist es erklärtes Ziel der Initiatoren, das Konzept so zu gestalten, dass eine Fertigung und der Einsatz der Shuttles auf internationalen Märkten mit regionalen Adaptionen (local for local) vorgehalten wird. Dies kann zu neuen Geschäftsmodellen führen.

3.2.2 Energieeffizienz und Emissionen: Elektrische Antriebe sind in der Regel effizienter als herkömmliche Verbrennungsmotoren, insbesondere in Kombination mit regenerativen Energiequellen wie Solar- oder Windenergie. Elektrische Antriebe können den CO_2-Ausstoß und die Luftverschmutzung erheblich verringern. Dies trägt zur Einhaltung internationaler Umweltvorschriften und zur Bekämpfung des Klimawandels bei, was besonders in Küstenregionen mit hoher Luftqualität relevant ist.

3.2.3 Leiser Betrieb bei geringer Wellenabstrahlung: Elektrische Schiffe sind deutlich leiser als dieselbetriebene Schiffe, was den Komfort für Passagiere erhöht und die Lärmbelastung für Küstenregionen und Meereslebewesen reduziert. Der aufgrund der geringen Wasserlinienfläche deutlich reduzierte Wellenschlag bei beiden Konzepten schont zudem die Ufer an Flüssen und ermöglicht gegenüber landgestützten Transportsystemen wettbewerbsfähige Transportgeschwindigkeiten.

3.2.4 Zukunftssicherheit: Mit zunehmender Elektrifizierung des Verkehrssektors sind auch maritime Anwendungen gefragt, um mit den globalen Trends Schritt zu halten. Dies eröffnet neue Marktmöglichkeiten und erleichtert den Zugang zu staatlichen Förderungen und Investoren, die auf nachhaltige Technologien setzen. Für rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge sind innovative Rumpfkonzepte essenziell.

3.2.5 Integration in Smart Grids: Elektrifizierte Schiffe könnten und sollten in intelligente Energienetze eingebunden werden, um ihre Batterien beim Andocken sowie in Einsatzpausen aufzuladen. Ein bedarfsorientierter Einsatz (on demand) sichert zudem den wirtschaftlichen Betrieb einer Shuttle-Flotte für das Betreiberunternehmen und ermöglicht eine optimierte Energienutzung und eine bessere Integration in die Infrastruktur der Städte.

4. Lösungsweg

4.1 Arbeitspakete und Personaleinsatz

Die Total Cost of Ownership der zu untersuchenden Konzepte sollten konsequent auf Wirtschaftlichkeit ausgelegt werden. Diese Zielsetzung ist durch die Anwendung von Konstruktionsmethoden aus dem Automobilbau sowie dem Bau von modularen Antriebssystemen der Automobilindustrie zu erreichen. Für einen wirtschaftlichen Business Case spielen die Erfolgsfaktoren

- reduzierte Einzelkosten durch maximale Skaleneffekte
- Modularisierung von Fahrzeug und Aggregaten
- Aufwandsreduzierung durch Nutzung von Off-The-Shelf-Komponenten
- Einfacher Komponententausch im Servicefall

entscheidende Rollen.

Um ein zukunftsfähiges Produkt zu realisieren sind zudem Innovationen mit Weiterentwicklungspotential essenziell. Insbesondere in Bezug auf Steuerungstechnik und Batterietechnologie sind innovative Ansätze zu verfolgen bzw. Kapazitätserhöhungen durch den Tausch der Batteriemodule zu ermöglich.

Antrieb

Es ist ein elektrischer Antrieb zu konzipieren, der sowohl in Fahrtrichtung als auch quer zur Fahrtrichtung wirksam ist. Das Queranlegen ist entsprechend zu ermöglichen.

Es ist ein modularer Antriebsbaukasten vorzusehen. Sowohl E-Maschine als auch Propeller müssen bei Servicegeschwindigkeit des Bootes im optimalen Betriebspunkt arbeiten.

Bootskonzept

Primäres Auslegungskriterium ist minimaler Strömungswiderstand bei Servicegeschwindigkeit zur Erzielung eines minimalen Energiebedarfs. Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Arbeiten sind grob auszuwerten und auf Umsetzbarkeit zu prüfen.

Das Bootskonzept ist konsequent als modulare Plattform zu skizzieren, d.h. es ist die Struktur in Standardelemente und Variationen aufzuteilen.

Ein wesentliches Standardelement wird der Teil des Schiffes angesehen, der die Energiespeicher zu tragen hat. Hierbei ist auf Erweiterbarkeit entsprechend des Einsatzzweckes (Reichweitenerhöhung) zu achten.

Als Referenz ist das Prinzip der Plattformstrategie im Automobilbau methodisch heranzuziehen

Modulare Bodengruppe eines BEV

Design und Formensprache

Dem Design kommt für eine erfolgreiche Vermarktung des Water Shuttle eine

herausragende Bedeutung zu. Ein innovatives Konzept muss sich eindeutig im Design und in der Formensprache widerspiegeln und die Besonderheit des Bootes visuell zum Ausdruck bringen. Das Design ordnet sich jedoch soweit dies vertretbar ist den funktionalen Notwendigkeiten unter bzw. berücksichtigt diese.

Leichtbaukonstruktion und Materialauswahl

Ein ganz wesentliches Element wird der konsequente Leichtbau sein, was nicht nur durch den Einsatz von passenden Materialien erfolgen soll sondern auch durch eine intelligente Konstruktion der Strukturelemente.

Dem Anspruch an Nachhaltigkeit sollten die Konzepte auch in der Materialauswahl so weit wie möglich widerspiegeln. Die Verwendung recyclebarer Materialien ist zu bevorzugen, dies gilt insbesondere auch für die Materialauswahl des Interieurs.

Energiespeicher und Bordnetz

Als Energiespeicher sind Akkumulatoren vorzusehen, die den Anforderungen des Einsatzes auf Schiffen genügen. Idealerweise sollten Zellen verwendet werden, die in Großserie z.B. für die Automobilindustrie produziert werden. Gleiches gilt für die Batteriesteuerung und das Lademanagement.

4.2 Arbeitsumfang Konzeptentwicklung

1. Definition und kritische Überprüfung der Missionsanforderungen.
2. Auswahl der Hauptabmessungen unter Zugrundelegung eines Packages, das den Stand der Technik übertrifft.
3. Rumpfformdesign, das ausgewählt wurde, um den Widerstand bei Reisegeschwindigkeit zu minimieren
4. 3D-Modellierung inkl. der Hauptstrukturelemente und deren Auslegung
5. Allgemeine Anordnung mit vorläufiger Schätzung der Gewichte und Volumina der Hauptsysteme.
6. Hydrostatik und Stabilität in intaktem und beschädigtem Zustand
7. Rechnergestützte Fluiddynamik des simulierten Rumpfes, getestet bei drei Geschwindigkeiten und einfacher Verdrängung
8. Durchführung von Modellversuchen im Umlauftank
9. Vorhersage des Rumpfwiderstands und der erforderlichen Antriebsleistung
10. Ermittlung der wirtschaftlichen Reisegeschwindigkeit (und der relativen Nennleistung)
11. Auswahl des Antriebssystems und Dimensionierung des Antriebs
12. Optimierung der strukturellen Anordnung und Bauelemente
13. Auswahl des dynamischen Stabilisierungssystems
14. Entwicklung eines Designs in enger Abstimmung mit dem Konzeptentwickler
15. Bau eines einfachen Demonstrators und Durchführung von Feldversuchen

5. Umsetzbarkeit und Transfer der Ergebnisse

5.1 Voraussichtlichen industrielle Umsetzung der FuE-Ergebnisse nach Projektende sowie Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Für einen wirtschaftlichen Einsatz des neuen Verkehrssystems ist der Einsatz von KI-gestützten IT-Systemen essentiell, der die relevanten Betriebsparameter aufnimmt und den Shuttle-On-Demand-Service betriebswirtschaftlich optimiert steuert. Zudem wäre eine Lade-Infrastruktur angepasst an die lokalen Gegebenheiten aufzubauen.

6. Durchführende Forschungseinrichtung(en)

[Bitte alle beteiligten Forschungseinrichtungen angeben.]

Institut für Schiffbau und maritime Technik der Fachhochschule Kiel
Grenzstr. 3, 24149 Kiel
Institutsleiter und wissenschaftlicher Leiter des Projektes: Prof. Dr.-Ing. Hendrik Dankowski

7. Literaturverzeichnis

- Spethmann, K., SWATH - ein unkonventioneller Schiffstyp wird aufgerüstet, *STG Jahrbuch,* **2004**
- Papanikolaou, A.; Zaraphonitis, G. & Androulakakis, M., Preliminary Design of a High-Speed SWATH Passenger-Car Ferry, *Marine Technology,* **1991**
- Söding, H., Berechnung der Bewegungen und Belastungen von SWATH-Schiffen und Katamaranen im Seegang, *Schriftenreihe Schiffbau,* **1988**
- tbc

8. Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses (PA)

Unternehmen (Name, Sitz)	Ansprechpartner/-in (Vor- u. Nachname)	Kompetenz	Interesse PA	* KMU	** FSM-Mitglied
Geb. Friedrich Werft Kiel	*Sönke Stich*	*Schiffbau*	*ja*	*ja*	*Interesse*
Equarius Projects GmbH & Co. KG	*Dr.-Ing. Jens Andersen*	*Project Management*	*ja*	*ja*	*Interesse*
FH Kiel	*Prof. Dr.-Ing. Hendrik Dankowski*	*Research*		*nein*	*ja*
A&R		*Schiffbau*	*Noch nicht angefragt*	*Nein*	*ja*

9. Laufzeit und Beantragte Zuwendung (bZ)

Laufzeit in Monaten: 18

Aufwandsschätzung Konzeptentwicklung

FH Kiel

Wissenschaftliches Personal inkl. Reisekosten	150.000€
Investitionen in Sachmittel	60.000€
Vergaben	40.000€
	250.000€