

# SkySails - Neue Energie für die Schifffahrt!

## Zugdrachenantrieb ermöglicht signifikante Treibstoffeinsparung und vermeidet klimaschädliche Emissionen

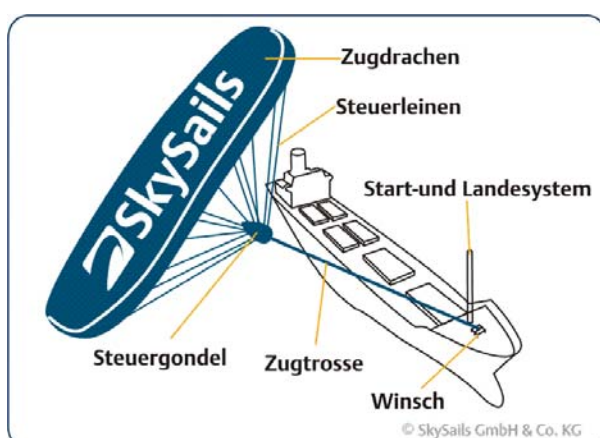
Steigende Treibstoffkosten und strengere Umweltauflagen – das sind Probleme, mit denen Reedereien und Schiffseigner aktuell und auch zukünftig in steigendem Maße konfrontiert werden. Das Hamburger Unternehmen SkySails hat einen Zusatz-Windantrieb entwickelt, der die auf hoher See reichlich vorhandene und kostenlose Windenergie für die moderne Schifffahrt wieder nutzbar macht. Das SkySails-System besteht aus einem vollautomatischen Zugdrachen-Antrieb und einer windoptimalen Routenführung. Es wird als Zusatzantrieb installiert und auf hoher See zur Entlastung der Hauptmaschine eingesetzt, wenn die Windbedingungen es erlauben. Durch den Einsatz des Systems können signifikante Treibstoffeinsparungen erzielt und umweltschädliche Emissionen erheblich verringert werden. Zur Zeit wird das SkySails-System auf einem 55m langen ehemaligen Tonnenleger erprobt. Erste Systeme sind bereits verkauft. Mitte 2007 nimmt das erste mit SkySails ausgerüstete Frachtschiff seinen Dienst auf.

Durch Optimierung vorhandener Schiffsmaschinen und Rumpfformen wird zunehmend versucht, Schiffe sparsamer und sauberer zu machen. Da die Optimierungspotenziale bei den bekannten Technologien jedoch weitgehend ausgeschöpft sind, ist der Erfolg mäßig: Hohen Optimierungskosten stehen geringe Effizienzsteigerungen gegenüber. Die gleichzeitige Erreichung beider Ziele - Senkung des Treibstoffverbrauchs und Emissionsverringeringung - schließt sich zumeist sogar aus. So kann mit Technologien wie Direct Water Injection zwar eine Verringerung der Schiffsemissionen um 50% erreicht werden. Gleichzeitig steigt der Treibstoffverbrauch jedoch um mindestens 5%. Auch beim Einsatz von Katalysatoren steigt der Treibstoffverbrauch und zusätzlich müssen die herausgefilterten Giftstoffe kostenpflichtig entsorgt werden. Folglich müssen, um steigenden Treibstoffkosten und Umweltauflagen zu begegnen, mittelfristig neue Lösungen entwickelt werden.

Eine Lösung, die gerade auf hoher See nahe liegt, ist die Nutzung von Windenergie. Wind ist hier in großen Mengen verfügbar und, im Gegensatz zu Öl, Gas und sonstigen fossilen Brennstoffen, kostenlos.

Undenkbar ist jedoch, dass zukünftig wieder die klassischen Segelschiffe auf den Weltmeeren verkehren werden. Zu sehr haben sich die Anforderungen der Schifffahrt in den letzten hundert Jahren gewandelt: Strenge Zeitpläne müssen eingehalten werden, Masten würden das Laden und Löschen oder Brückendurchfahrten behindern und an Bord viel Platz in Anspruch nehmen. Undenkbar auch, dass Containerschiffe oder Massengutfrachter mit der für Segelschiffe typischen Schräglage (Krängung) über die Weltmeere fahren, ganz abgesehen von den zusätzlichen Personalkosten für den Betrieb eines klassischen Segelantriebs.

Sich dieser Anforderungen bewusst, hat das Hamburger Unternehmen SkySails innerhalb der letzten 5 Jahre einen Zusatz-Windantrieb entwickelt, der erstmalig allen Anforderungen der modernen Frachtschifffahrt gerecht wird: Das SkySails-System.



Die SkySails-Technologie unterscheidet sich von konventionellen Segelsystemen, bei denen das Segel an einem Mast befestigt ist darin, dass der Zugdrachen des SkySails-Systems durch nur ein Zugseil mit dem Schiff verbunden ist. Segelfläche und Schiff sind somit voneinander getrennt. Die sich hieraus

ergebenden Eigenschaften der SkySails-Technologie stellen Schiffen einen Zusatz-Windantrieb mit einem vollständig neuartigen Leistungsspektrum zur Verfügung.

Durch Einsatz des SkySails-Systems wird der Betrieb von Schiffen nicht nur profitabler und sicherer, sondern auch umweltfreundlicher und unabhängiger von knappen Ölreserven. Die geplante Produktpalette umfasst Zugdrachen mit einer Norm-Antriebsleistung\* zwischen 160 und 5.000 kW.

Beim heutigen Ölpreis verursacht ein SkySails-Antrieb pro kWh Antriebsleistung nur ca. 1/3 der Kosten im Vergleich zu einem herkömmlichen Schiffsdiesel. Dadurch können die Treibstoffkosten und damit verbunden die Betriebskosten von Schiffen erheblich gesenkt werden.

Die SkySails-Technologie lässt sich problemlos auf fast allen Frachtschiffen und Superyachten nachrüsten.

## **Funktionsweise und Komponenten des SkySails-Systems**

Das SkySails-System besteht aus den Komponenten Zugdrachen, Steuerungssystem, Start- und Landesystem sowie einer windoptimalen Routenführung. Es arbeitet vollautomatisch, zusätzliches Bordpersonal wird nicht benötigt.

Mit dem Zugdrachen werden die Vortriebskräfte erzeugt. Sein doppelwandiges Tragflächenprofil ähnelt dem eines Gleitschirms. Er besteht vollständig aus hochfesten, witterungsbeständigen Textilien.

Der Zugdrachen wird vollautomatisch gesteuert. Dazu sendet ein auf der Brücke installierter Autopilot, der mit dem eines Flugzeugs vergleichbar ist, Befehle an eine Steuergondel, die sich unterhalb des Zugdrachens befindet. Die Steuergondel ist über einen Leinenbaum mit dem Zugdrachen verbunden. Ihre Funktion ist mit der eines Gleitschirmpiloten vergleichbar: Sie verkürzt oder verlängert die Steuerleinen rechts oder links und verändert damit die Flugbahn des Zugdrachens.

Die Zugkraft wird über nur ein Zugseil, das die Steuergondel mit einem Krafteinleitungspunkt auf dem Bug des Schiffes verbindet, auf das Schiff übertragen. Das Tauwerk besteht aus modernen Kunstfasern, die eine hohe Belastbarkeit bei geringem Gewicht und geringer Dehnung unter Last gewährleisten.

Das Start- und Landesystem übernimmt das automatische Ausbringen und Einholen von Zugdrachen, Steuergondel und Zugseil. Es ist auf dem Backdeck im Vorschiffsbereich installiert. Neben dem Krafteinleitungspunkt besteht es im Wesentlichen aus einem Teleskopmast und einer Winde.

Auf Knopfdruck des Brückenpersonals wird beim Start der bis dahin verstaute und ähnlich einer Ziehharmonika gereffte Zugdrachen samt Steuergondel durch den Teleskopmast zunächst aus einem Lagerbehälter, der sich abhängig vom Schiff auf oder unter Deck befindet, gehoben. Der Zugdrachen ist frei beweglich an nur einem Punkt durch den Zugdrachenadapter mit dem Start- und Landemast verbunden. Der Zugdrachen wird in die Höhe gehoben, so dass die Steuergondel frei schwebt. Mit Hilfe des Windes entfaltet sich der Zugdrachen bis auf seine vollständige Größe, wobei das Reffsystem die Reffleinen kontrolliert freigibt. Im Anschluss wird der Zugdrachen vom Start- und Landemast entkoppelt und das Zugseil gefiert, bis die Arbeitsflughöhe erreicht ist. Der Landevorgang läuft in umgekehrter Reihenfolge ab. Der gesamte Start- und Landevorgang erfolgt vollautomatisch und dauert jeweils ca. 10-20 Minuten.



Oben: Start des Zugdrachens auf den Versuchsträger "Jan Luiken"

Die softwaregestützte Routenführung optimiert unter Berücksichtigung der Vorgaben der Reederei und aktueller Wetterprognosen die Reiseroute und gibt entsprechende Empfehlungen an die Schiffsführung aus. Sie ermöglicht die Ausnutzung der vorteilhaftesten Winde und hilft somit die Treibstoffersparnis zu maximieren.

## Betriebsbedingungen

Konstruiert ist das SkySails-System ist für den Einsatz auf hoher See. Auf Binnengewässern, Flüssen sowie in Häfen oder Verkehrstrennungsgebieten kann das System nicht eingesetzt werden.

Das SkySails-System ist für den Betrieb bei Windstärken zwischen 3 und 8 ausgelegt. Sowohl bei weniger als 3 Windstärken kann als auch bei Windstärken bis 10 Beaufort und der Windstärke entsprechend stärkeren Böen kann das System noch sicher gelandet werden.

## Technologische Vor- und Nachteile des SkySails-Antriebs

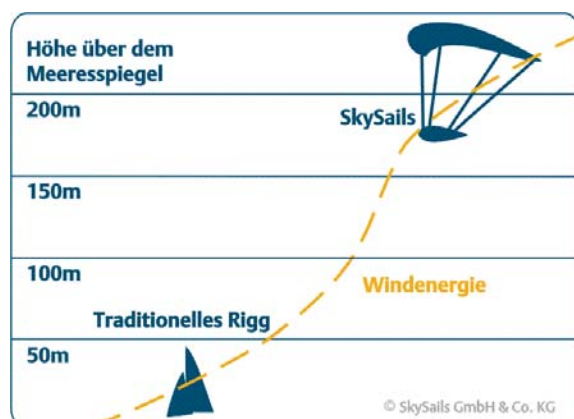
### Vorteile

#### Hohe Antriebsleistung

Im Vergleich zu konventionellen Segelantrieben erzeugt ein SkySails-System pro Quadratmeter eine erheblich höhere Antriebsleistung. Der Grund hierfür sind die technischen Möglichkeiten, die sich durch die räumliche Trennung von Schiff und „Segel“ bzw. Zugdrachen ergeben.

Die gefesselt fliegenden SkySails können in Höhen zwischen 100 und 300m operieren, in denen stärkere und stetigere Winde vorherrschen. In einer Höhe von 100m ist die durchschnittliche Windgeschwindigkeit aufgrund der fehlenden Reibung mit der Erd- bzw.

Wasseroberfläche zwischen 10 und 20% höher als in 10m Höhe.



Die höhere Windgeschwindigkeit ist deshalb besonders relevant, weil sie in die Gleichung zur Berechnung der Zugkraft von Zugdrachen im Quadrat einfließt. Eine um 15% höhere Windgeschwindigkeit bedeutet folglich eine Erhöhung der Zugkraft des SkySails-Systems um über 30%.

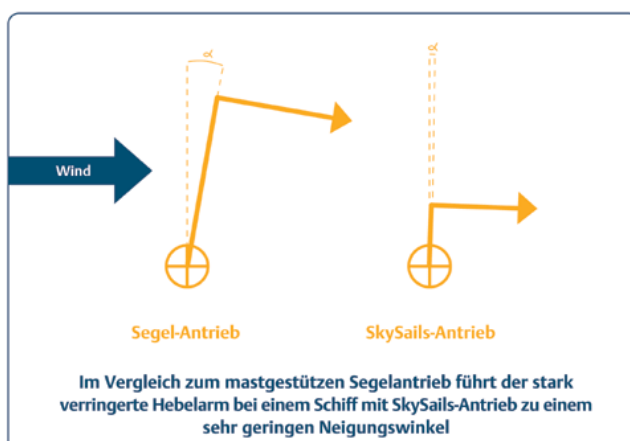
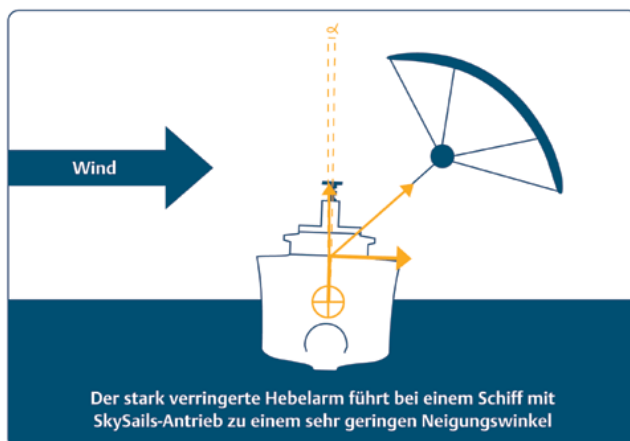
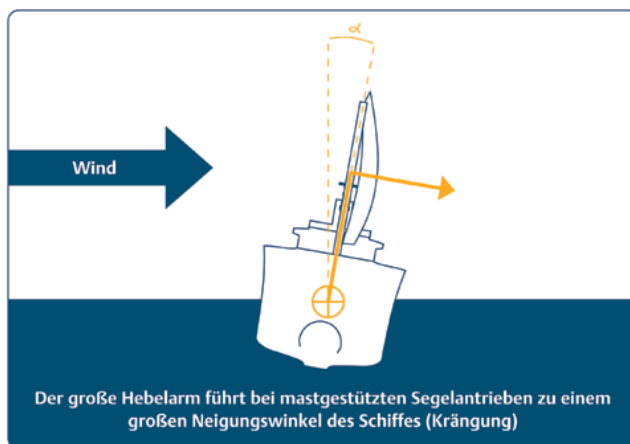
Ein weiterer erheblicher technologischer Vorteil des SkySails-Antriebs ist, dass der Zugdrachen „dynamisch“ geflogen werden kann. Dies bedeutet, dass der Autopilot den

Zugdrachen beispielsweise in Form von Achten vor dem Schiff fliegen kann. Auf diese Weise wird die die Windgeschwindigkeit am Zugdrachen erhöht und damit die Zugkraft zusätzlich gesteigert:

Wird der Zugdrachen beispielsweise im starren Flug mit einer wahren Windgeschwindigkeit von 11,5 m/s angeströmt, dann erhöht sich die Zugkraft beim Wechsel zum dynamischen Flug mit 20 m/s Anströmgeschwindigkeit um den Faktor 2,68 – also fast um das Dreifache.

Da das SkySails-System pro Quadratmeter Segelfläche eine erheblich höhere Antriebsleistung erzeugt als konventionelle Segelantriebe, kann auch mit vergleichsweise kleinen Segelflächen bereits eine signifikante Ersparnis erzielt werden. Zum Vergleich: Die 109m lange Viermastbark „Sea Cloud“ besitzt eine Segelfläche von insgesamt 3.000m<sup>2</sup>. Ein Frachtschiff gleicher Länge wäre mit einem Zugdrachen zwischen 500 und 800m<sup>2</sup> optimal ausgerüstet.

## Minimale Krängung



Die Kraft des SkySails-Zugdrachens wird in Höhe des Decks direkt in die Schiffstruktur eingeleitet. Auf diese Weise wird der Hebelarm verkürzt, der die bisher bei Segelschiffen übliche Schräglage (Krängung) verursacht. In Folge dessen ist die durch das SkySails-System verursachte Schräglage minimal und für die Schiffssicherheit sowie den Schiffsbetrieb unerheblich.

## Verbessertes Seegangsverhalten

Im Seegang wirkt das SkySails-System aufgrund der Auftriebskräfte des Zugdrachens wie ein „Dämpfer“, der ein sanfteres Einsetzen des Schiffsrumpfes in die Welle bewirkt.

## Dynamische Kraftkontrolle

Die Position des Zugdrachens des SkySails-Systems in Relation zum Schiff kann variiert werden. Die integrierte Kraftkontrolle des SkySails-Antriebs kann auf diese Weise die Schiffssicherheit gewährleisten. Treten beispielsweise plötzliche starke Winde auf, wird der Zugdrachen vom Autopiloten binnen weniger Sekunden in der neutralen Zenit-Position direkt über dem Schiff positioniert. In dieser Position übt der Zugdrachen nur sehr geringe Kräfte auf das Schiff aus und kann somit auch bei starken Winden sicher gelandet werden. Aufgrund der dynamischen Kraftkontrolle müssen weder unterschiedliche Zugdrachengrößen für verschiedene Windstärken mitgeführt, noch muss

der Zugdrachen zur Kraftbegrenzung gerefft werden.

### **Automatischer Betrieb**

Der SkySails-Antrieb arbeitet vollautomatisch. Während des Flugbetriebes übernimmt ein Autopilot die Steuerung des Drachens. Auch das Starten- und Landen des Zugdrachens erfolgt weitgehend automatisch. Die auf den Schiffen vorhandene Mannschaft ist für die Bedienung ausreichend

### **Routenoptimierung**

Mit Hilfe des Wetterrouting-Systems kann das Schiff, unter Beachtung der zeitlichen Vorgaben der Reederei, auf der wind- bzw. kostenoptimalen Route an sein Ziel geleitet werden.

### **Aufrüstsystem**

Aufgrund seiner kompakten und universellen Bauweise, können die meisten seegängigen Frachtschiffe mit dem SkySails-Antrieb aus- oder nachgerüstet werden. Die Zugkraft des SkySails-Systems wird im Vorschiffsbereich eingeleitet. Hier sind die vorhandenen Schiffstrukturen in der Regel bereits ausreichend dimensioniert, da an dieser Stelle auch die Ankerwinde untergebracht ist. Die Fundamente der Ankerwinde sind so ausgelegt, dass sie das gesamte Gewicht des Schiffes halten können.

### **Hybridantrieb**

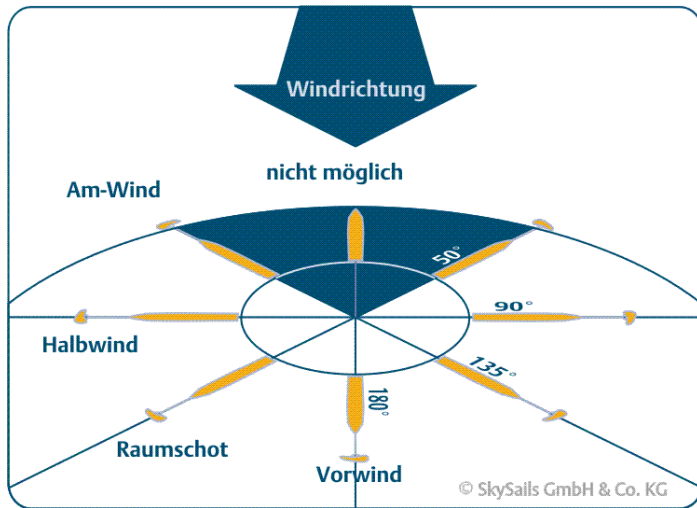
Der SkySails-Antrieb wird als Zusatzantrieb installiert und auf hoher See zur Entlastung der Hauptmaschine eingesetzt, wenn die Windbedingungen es erlauben. Bei ungenügenden Windbedingungen steht der normale Schiffsantrieb somit unverändert zur Verfügung.

### **Geringer Platzbedarf**

Durch die räumliche Trennung von Drachen und Schiffskörper ist die Verringerung der Schiffsnutzfläche durch das SkySails-System wirtschaftlich unbedeutend. Zusammengelegt ist der aus Textilien bestehende Zugdrachen leicht zu verstauen und beansprucht an Bord nur wenig Platz. Im Vergleich zu anderen Segelantrieben, behindern beim SkySails-System keine störenden Aufbauten das Laden und Löschen im Hafen oder Brückendurchfahrten.

### **Nachteile**

Das SkySails-System kann nicht auf Kursen gegen den Wind eingesetzt werden. Aufgrund des Tragflächenprofils des SkySails-Zugdrachens können aber - im Gegensatz zu einem Spinnaker - Kurse bis 50° am Wind gefahren werden. Die Testergebnisse zeigen, dass in der Praxis ab 70° hohe Vortriebswerte erzielt werden. Der effizienteste Kurs ist 120° bis 140°.



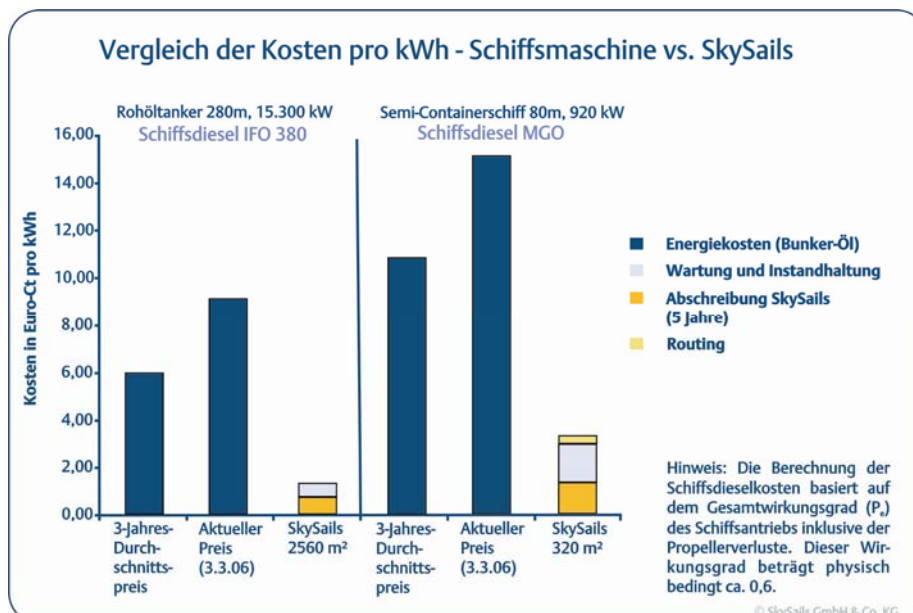
Mögliche Kurse

Ein weiterer Nachteil ist, dass das SkySails-System bei geringeren Windstärken als 3 Beaufort nicht eingesetzt werden kann. Auch sollten SkySails in Bereichen mit dichtem Schiffsverkehr, wie z.B. Verkehrstrennungsgebieten aus Sicherheitsgründen nicht eingesetzt werden.

## Vorteile für Reedereien

### Höhere Gewinne und schnelle Amortisation

Die geplante Produktpalette umfasst Zugdrachen mit einer Norm-Antriebsleistung\* zwischen 160 und 5.000 kW. Beim heutigen Ölpreis verursacht ein SkySails-Antrieb pro kWh Antriebsleistung nur ca. 1/3 der Kosten im Vergleich zu einem herkömmlichen Schiffsdiesel. Dadurch können die Treibstoffkosten und damit verbunden die Betriebskosten von Schiffen erheblich gesenkt werden. Die nachfolgende Grafik illustriert den Kostenvorteil eines SkySails-Systems:



Neben hohen Treibstoffeinsparungen führen günstige Anschaffungs- und Betriebskosten für das SkySails-System zu kurzen Amortisationszeiten. Da die SkySails-Technologie für die Nachrüstung konstruiert ist, kann sie auf den meisten bestehenden Schiffen kostengünstig installiert werden. Durch den vollautomatischen Betrieb des SkySails-Systems, entstehen keine zusätzlichen Personalkosten. Auf diese Weise amortisiert sich die Investition in einen SkySails-Antrieb in der Regel nach 3-5 Jahren.

### **Verbesserte Sicherheit**

Im Vergleich zu konventionellen Windantrieben ist die durch das SkySails-System verursachte Schräglage minimal und für die Schiffssicherheit sowie den Schiffsbetrieb unerheblich.

Die aufgrund der Auftriebskraft des Zugdrachens dämpfende Wirkung des SkySails-Systems verbessert das Seegangsverhalten von Schiffen erheblich. Geringere Seeschlags- und Torsionskräfte im Seegang erhöhen die Sicherheit und auch die Lebensdauer des Schiffs. Zusätzlich werden so das Wohlbefinden und damit die Leistungsfähigkeit der Mannschaft verstärkt.

SkySails als alternatives Antriebssystem kann die negativen wirtschaftlichen Auswirkungen von Defekten an der Antriebsmaschine, z.B. Turboladerschäden, mindern.

Bei einem Totalausfall der Hauptmaschine kann der SkySails-Antrieb in vielen Fällen als Notantrieb zur Verringerung des Havarierisikos eingesetzt werden.

### **Hohe Fahrplantreue**

Während des Betriebs des SkySails-Systems optimiert das Routingsystem die Route unter Berücksichtigung der Zeitvorgaben durch die Reederei. Da das SkySails-System ein Zusatzantrieb ist, steht die Hauptmaschine bei ungenügenden Windbedingungen unverändert zur Verfügung. Somit ist die Fahrplantreue gewährleistet.

### **Zukunftsfähige Strategie**

Aufgrund geringerer Betriebskosten durch die Nutzung des nachrüstbaren SkySails-Systems, bleiben Reedereien auch bei sinkenden Frachtraten wettbewerbsfähig und profitabel. Bereits heute werden sie unabhängiger von der Entwicklung des Ölpreises. Zusätzlich hilft der SkySails-Antrieb zukünftig, steigenden Umweltauflagen gerecht zu werden und emissionsabhängige Abgaben zu sparen.

## **Einfluss des SkySails-Systems auf Schiffsbetrieb und -sicherheit**

Der SkySails-Antrieb verfügt über ein mehrstufiges Sicherheitssystem, das ein einwandfreies Funktionieren des Systems gewährleisten und das System gegen eventuell schädliche Einflüsse von Außen schützen soll. Das Sicherheitssystem folgt den Grundsätzen

1. Gefahrvermeidung
2. Gefahrbegrenzung
3. Notsituations-Handling

### **Wetterrouting**

Das Wetterrouting-System soll durch Gefahrenvermeidung einen großen Beitrag zur Systemsicherheit leisten. Moderne meteorologische Verfahren ermöglichen eine ausreichend genaue Wetterbestimmung in einem Zeitraum von bis zu fünf Tagen.

Großwetterlagen und Wettertrends können über noch längere Zeiträume prognostiziert werden. Selbst lokale Wetterphänomene, wie z.B. Fallwinde, können heute meistens rechtzeitig vorhergesagt werden. Die Schiffsführung kann über ungünstige Wetterbedingungen informiert werden, so dass das SkySails-System vorher gelandet werden kann.

## **Dynamische Kraftkontrolle**

Die Sicherheit des SkySails-Systems wird durch eine integrierte, dynamische Kraftkontrolle gewährleistet, die permanent in Betrieb ist. Damit kann das SkySails-System auch dann sicher betrieben werden, wenn das Wetterrouting-System nicht zur Verfügung steht oder Wetterbedingungen nicht ausreichend präzise vorhergesagt werden können:

### Winde mit integrierter Zugkraft-Kontrolle

Die Winde des SkySails-Systems verfügt über eine integrierte Zugkraft-Kontrolle. Diese registriert bei plötzlich auftretenden starken Winden, z.B. Windböen, eine eventuelle Überlast und verlängert das Zugseil, bis der Autopilot die Überlast durch Veränderung der Zugdrachen-Position im Windfenster reduziert.

Bei abnehmender Windgeschwindigkeit oder plötzlich auftretender Windstille zieht die Winde das Zugseil ein. Auf diese Weise wird die Windgeschwindigkeit am Zugdrachen erhöht und der Zugdrachen stabilisiert. Bei anhaltendem schwachen Wind kann der Zugdrachen auf diese Weise gelandet werden.

### Kraftkontrolle durch variable Zugdrachen-Positionierung

Die Position des Zugdrachens des SkySails-Systems in Relation zum Schiff kann variiert werden. Die integrierte Kraftkontrolle des SkySails-Antriebs kann auf diese Weise die Schiffsicherheit gewährleisten. Treten beispielsweise plötzliche starke Winde auf, wird der Zugdrachen vom Autopiloten binnen weniger Sekunden in der neutralen Zenit-Position direkt über dem Schiff positioniert. In dieser Position übt der Zugdrachen nur sehr geringe Kräfte auf das Schiff aus und kann somit auch bei starken Winden sicher gelandet werden. Der Zugdrachen kann innerhalb von maximal 30 Sekunden in die neutrale Zenit-Position geflogen werden. Im Extremfall können so Kollisionen mit Schiffen vermieden werden, die geltende Mindestpassierabstände missachten.

Bei plötzlich auftretenden Böen oder starken Winden, wird der Zugdrachen vom Autopiloten binnen weniger Sekunden in die kraftneutrale Zenith-Position geflogen. Von dort aus kann er auch bei anhaltend schlechten Wetterbedingungen problemlos gelandet werden.

## **Betriebssicherheit**

Für die Betriebssicherheit kritische Systemkomponenten des SkySails-Systems sind weitestgehend redundant ausgelegt. Registriert das integrierte Fail-Safe-System den Ausfall einer Komponente, wird automatisch auf die redundante Komponente umgeschaltet und die Fehlfunktion an die Schiffsführung gemeldet. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass das System beim Ausfall einer Komponente weiter funktioniert und der Zugdrachen sicher gelandet werden kann.

## **Schiffssicherheit**

Sollten alle Sicherheitssysteme versagen, besteht in Extrem-Situationen die Möglichkeit zum Notabwurf des Zugdrachens, um die Schiffssicherheit in jedem Fall zu gewährleisten. Die Notabwurffunktion ist so gestaltet, dass der größtmögliche Teil der fliegenden Systemkomponenten, wie Steuergondel und Zugseil, gerettet werden können. Zugdrachen und Zugseil sind vergleichsweise günstige Verschleißteile. Der wirtschaftliche Schaden im Fall eines Notabwurfes ist somit gering.

Im Falle eines Notabwurfes schwimmen Zugdrachen, Steuergondel und Zugseil aufgrund ihres geringen Eigengewichts auf der Wasseroberfläche. Auf diese Weise wird verhindert, dass Teile des Systems-Systems in die Schiffschraube gelangen können.

## **Verkehrssicherheit - SkySails in Zusammenhang mit den Kollisionsverhütungs- regeln (KVR) in der Schifffahrt**

Schiffe mit SkySails-Antrieb gelten gemäß KVR Teil 1 Regel 3 c) in der Regel als „Segelfahrzeug unter Maschine“. Daher gelten für SkySails-Schiffe die gleichen Regeln wie für Maschinenfahrzeuge bzw. gewöhnliche Schiffe mit Dieselantrieb.

Alle Ausweich- und Fahrregeln der KVR können von einem Schiff mit SkySails-Antrieb problemlos eingehalten werden. Der Zugdrachen des SkySails-Systems kann im Rahmen von Manövern per Knopfdruck binnen weniger Sekunden in die kraftneutrale Zenit-Position senkrecht über dem Schiff geflogen werden, so dass die räumliche Ausdehnung eines Schiffes mit SkySails-Antrieb in der relevanten Höhe der eines normalen Schiffes entspricht.

## **Stabilität und Struktur**

Schiffe müssen die Normen der IMO Resolution A.749 (18) „Code über Intaktstabilität aller Schiffstypen“ sowie die Vorschriften der „Bekanntmachung über Intaktstabilität“ der SeeBG erfüllen. SkySails berechnet daher für jedes Schiff den Einfluss des SkySails-Systems auf dessen Querstabilität. Aufgrund der geringen durch das SkySails-System induzierten Krängungskräfte rechnet SkySails mit keinerlei Problemen bezüglich der Einhaltung der Vorschriften.

Die durch den Zugdrachen des SkySails-Systems erzeugte Kraft wird im Vorschiffbereich über die bestehenden Verstrebungen, z.B. die Fundamente des Ankergeschirrs, in die Schiffstruktur eingeleitet. Diese Fundamente sind üblicherweise so ausgelegt, dass sie in der Lage sind, größere als die durch das SkySails verursachte Kräfte zu halten. Daher ist die vorhandene Schiffstruktur für die Nachrüstung eines SkySails-Systems zumeist ausreichend dimensioniert.

## **Arbeitssicherheit**

Alle Komponenten des SkySails-Systems werden gemäß geltender Vorschriften (z.B. Unfallverhütungsvorschriften) konstruiert und installiert. Dazu gehört, dass um Komponenten wie Winde oder Start- und Landemast ein Sicherheitsfreiraum eingehalten werden muss, damit sich das Bordpersonal nicht in beweglichen Teilen verfangen kann.

## Stand der Technik und weitere Entwicklung

Die SkySails-Technologie wurde im Jahr 2005 auf dem Versuchsträger „Jan Luiken“, einem 15m langen und 18t schweren Lotsenversetzboot, mit Zugdrachenflächen von bis zu 40m<sup>2</sup> erprobt.



„Jan Luiken“ während eines Tests auf der Ostsee

Im Jahr 2006 werden die Zugdrachenflächen auf dem knapp 55m langen ehemaligen Tonnenleger „Beaufort“ (Ex Buk) über 80m<sup>2</sup> auf 160m<sup>2</sup> skaliert. Im 2. Quartal 2006 wird der Testbetrieb aufgenommen.



Versuchsträger „Beaufort“ auf Testfahrt

Die ersten SkySails-Systeme sind bereits verkauft: Anfang 2007 wird das erste Frachtschiff, die knapp 135m lange „Beluga SkySails“, ein Multitpurpose Heavy-Lift Carrier der Bremer Reederei Beluga Shipping GmbH, mit einem SkySails-System ausgerüstet. Das Pilot-System soll auf der Beluga SkySails im Rahmen von Langzeittests zunächst auf

seine Praxistauglichkeit während des laufenden Schiffsbetriebs und später auf seine Performance geprüft werden. Die Zugdrachenfläche wird dabei zunächst 160 Quadratmeter betragen und nach einer Testphase auf die für das Schiff optimale Größe skaliert.



In Planung für Anfang 2007: Beluga SkySails

Im Laufe des Jahres 2007 werden weitere Schiffe mit SkySails-Pilotsystemen ausgerüstet und in Langzeittests geprüft. Anfang 2008 erfolgt dann der Markteintritt mit Systemen bis zu 320 m<sup>2</sup>. Ende des Jahres 2008 sollen Zugdrachenflächen von 640 Quadratmetern erreicht sein, die im Mittel eine Zugkraft von 320 kN erzeugen können\*.

## **Kurz vorgestellt:**

### **SkySails - Das Unternehmen**

SkySails wurde im Jahre 2001 von Dipl.-Wirtschaftsingenieur Stephan Wrage gegründet. Hauptsitz des Unternehmens ist Hamburg, Deutschland. Zusätzlich unterhält SkySails ein Testzentrum in Wismar an der deutschen Ostseeküste.

Die Geschäfte der SkySails GmbH & Co. KG führen die alleinvertretungsberechtigten Geschäftsführer Dipl.-Wirtschaftsing. Stephan Wrage als Vorsitzender der Geschäftsführung, Dipl. Ing. Martin Lohss als kaufmännischer Geschäftsführer und Dipl.-Ing. Stephan Brabeck, der als technischer Geschäftsführer die Entwicklungsarbeiten von SkySails leitet.

Aktuell beschäftigt SkySails 25 fest angestellte Mitarbeiter. Der überwiegende Teil der Mitarbeiter sind Ingenieure. Zusätzlich unterstützen freie Mitarbeiter und ein großes Netzwerk namhafter Partner die Entwicklungsarbeiten.

Die Finanzierung von SkySails erfolgt bisher zu etwa 90% durch Investoren und zu etwa 10% über öffentliche Fördermittel. Hauptinvestor ist der renommierte Schiffsfinanzierer Jan Luiken Oltmann Gruppe GmbH & Co. KG aus Leer.

Internet: [www.skysails.com](http://www.skysails.com)

## Der Autor



Der Autor, **Stephan Brabeck**, verantwortet bei SkySails seit Januar 2005 als technischer Geschäftsführer die Bereiche Forschung & Entwicklung, Produktion und Service. Er wurde 1962 in Köln geboren und hat an der TH Aachen Maschinenbau mit Fachrichtung Luft- und Raumfahrttechnik studiert und als Diplomingenieur erfolgreich abgeschlossen. Nach seinem Studium arbeitete Stephan Brabeck zunächst als Entwicklungsingenieur, später als Leiter der Abteilung Forschung & Entwicklung und bis zu seinem Wechsel zu SkySails als Technischer Leiter und Prokurist beim renommierten Schiffsantriebshersteller Schottel GmbH & Co. KG in Spay.

Kontakt: [stephan.brabeck@skysails.de](mailto:stephan.brabeck@skysails.de)

### \* SkySails-Leistung unter Normbedingungen

Da Schiffe unterschiedlich gebaut sind und in den verschiedensten Fahrtgebieten eingesetzt werden, ist es schwer, eine pauschalierte Aussage bezüglich der Antriebsleistung eines SkySails-Systems zu treffen. Um dennoch eine Aussage über die Antriebsleistung von SkySails-Systemen machen zu können, gibt SkySails die Leistung unter Normbedingungen für die einzelnen SkySails-Systeme an. Die Leistung unter Normbedingungen der SkySails-Systeme gibt den Anteil der Hauptmaschinenleistung an, der durch die vom Zugdrachen erzeugte Leistung ersetzt wird. Die Leistung wird für einen genau definierten Systemzustand zu einem **Zeitpunkt** ermittelt. Dieser Systemzustand ist wie folgt definiert:

Systemvariable	Ausprägung
Windgeschwindigkeit	12,8 m/s (25 Knoten)
Wahre Windrichtung	130°
Schiffsgeschwindigkeit	5,1 m/s (10 Knoten)
Sea State	2
Propeller-Wirkungsgrad des Schiffes	0,6
Zugdrachen-Flugmodus	Dynamisch

Die SkySails-Leistung unter Normbedingungen wird für ein Beispielschiff bestimmt, dass mit einer Geschwindigkeit von 10 Knoten auf einem Kurs von 130° zum wahren Wind fährt. Die Windgeschwindigkeit beträgt 25 Knoten, die Wellen haben eine Höhe von bis zu 60 Zentimetern. Der Propellerwirkungsgrad des Schiffes beträgt 60%, d.h. 40% der Antriebsenergie der Hauptmaschine werden aufgrund von Propellerverlusten nicht in Vortriebsenergie für das Schiff umgesetzt. Schiffspropeller erreichen selten einen Wirkungsgrad von mehr als 60%, in den meisten Fällen ist er geringer. Das Schiff weißt keinen Bewuchs auf und der Beladungszustand ist optimal.

Als Grundlage für die Bestimmung der Leistung unter Normbedingungen dienen theoretische Berechnungen und Ergebnisse aus Praxisversuchen.