

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Report, Published Version

**Gronarz, Andreas; Zöllner, Joachim**

## **Technische Entwicklung von Bodeneffektfahrzeugen, Phase 3 - Hoverwing . Abschlußbericht**

VBD-Bericht

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107268>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

VBD - Europäisches Entwicklungszentrum für Binnen- und Küstenschifffahrt (Hg.) (2000):  
Technische Entwicklung von Bodeneffektfahrzeugen, Phase 3 - Hoverwing .  
Abschlußbericht. Duisburg: VBD - Europäisches Entwicklungszentrum für Binnen- und  
Küstenschifffahrt e.V. (VBD-Bericht, 1557).

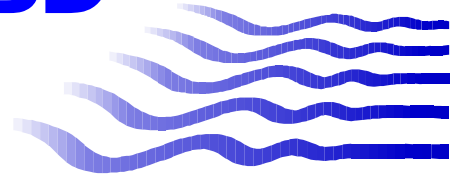
### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.

Verwertungsrechte: Alle Rechte vorbehalten

# VBD



**Europäisches Entwicklungszentrum für Binnen- und  
Küstenschifffahrt  
Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V., Duisburg**

**Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Forschungsvorhaben 18 S 0135 E 5**

## **Technische Entwicklung von Bodeneffektfahrzeugen, Phase 3 - Hoverwing**

### **Abschlußbericht**

**Bericht 1557  
Mai 2000**



**von  
Dr.-Ing. Andreas Gronarz**

**Projektleiter: Dipl.-Ing. Joachim Zöllner**

**Direktor:  
Prof. Dr. P. Engelkamp**

## Inhalt

<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2. Gefesselte Modellversuche</b>	<b>5</b>
<b>3. Am Draht geflogene Modellversuche</b>	<b>6</b>
<b>4. Modifikationen am Versuchsträger</b>	<b>6</b>
<b>5. Erprobungen mit dem Versuchsträger</b>	<b>11</b>
<b>6. Ergebnisse</b>	<b>12</b>
<b>7. Zusammenfassung</b>	<b>13</b>
<b>8. Foto-Anlagen</b>	<b>14</b>

## Weitere Anlagen

- VBD-Bericht 1539** Technische Entwicklung von Bodeneffektfahrzeugen,  
Phase 3 - Hoverwing.  
Teilbericht: Der Maßstabseffekt bei Modellen eines  
Bodeneffektfahrzeugs in der Startphase
- VBD-Bericht 1545** Technische Entwicklung von Bodeneffektfahrzeugen,  
Phase 3 – Hoverwing.  
Teilbericht: Am Draht geflogene Modellversuche

## 1. Einleitung

In der Fortsetzung TEBEF 3 der beiden aufeinanderfolgenden bmb+f-Forschungsvorhaben TEBEF 1 und TEBEF 2 (Technische Entwicklung von Bodeneffektfahrzeugen) sollten die vorhandenen Versuchsträger „**Hoverwing**“, der ein Luftkissen als Abwasserhilfe verwendet, (Teamleiter *Fischer Flugmechanik*) und „**Hydrowing**“, bei dem ein Hydrofoil den Abwasserwiderstand verringern soll, (Teamleiter *Techno-Trans*) weiterentwickelt werden. Ziel dieser Bemühungen sollte die Entwicklung von weiteren Verbesserungen der Systeme sein, um am Ende das fundierte Konzept eines 15-sitzigen Bodeneffektfahrzeuges vorlegen zu können.

Die Firma Fischer Flugmechanik (FF) arbeitete in diesem Projekt mit der Versuchsanstalt für Binnenschiffbau zusammen. Die Aufgaben der beiden Partner waren klar voneinander abgegrenzt und ergänzten sich gegenseitig:

**FF** Teamchef,  
Konzeption und Konstruktion,  
Aerodynamik,  
Erprobungsleitung, Führung des Versuchsträgers

**VBD** Hydrodynamik,  
Lagerung, Umbau und Transport des Versuchsträgers,  
Pflege und Wartung des Hoverwing bei den Erprobungen,  
Nautik und Begleitung der Großversuche

Innerhalb dieses Berichtes werden die einzelnen Tätigkeiten der VBD zusammenfassend beschrieben. Bei einzelnen Bereichen wird auf die entsprechenden detaillierten Teilberichte verwiesen.

Die am Verbundprojekt TEBEF 3 beteiligten Partner

Germanischer Lloyd, Hamburg  
Techno-Trans, Rostock  
Hochschule Wismar  
Meerestechnik Engineering, Wismar  
Ingenieurbüro Lorenz, Rostock  
Fischer Flugmechanik, Willich  
Versuchsanstalt für Binnenschiffbau, Duisburg

schlossen einen Kooperationsvertrag, in dem Art Umfang der Zusammenarbeit innerhalb des Projektes geregelt wurde. In vierteljährlichem Abstand trafen sich die Partner sowie der Vertreter des Projektträgers Schiffstechnik an wechselnden Orten, um über den Stand der jeweiligen Arbeiten zu berichten und gemeinsame Aktivitäten abzustimmen. Bei diesen Treffen wurde auch das vom Germanischen Lloyd zu erarbeitende Sicherheitskonzept diskutiert. Erkenntnisse und Fachwissen der Partner konnten so aktuell in das Konzept einfließen.

Gemäß der Arbeitsbeschreibung des Förderantrags war die Mitarbeit der VBD in den Unterpunkten der folgenden Liste vorgesehen (auszugsweise Wiedergabe). An der rechten Seite ist angegeben, an welcher Stelle dieses Berichts auf den jeweiligen Arbeitspunkt Bezug genommen wird.

<b>A</b>	<u>Theoretische Arbeiten</u>	<b>Kapitel</b>
1	Hydrodynamik schneller Rümpfe	-
1.1	Berechnungen und Modelluntersuchungen	2
1.2	Übertragung auf Großausführung	3
1.3	Wasserlasten	2
1.4	Variation der Startgeschwindigkeiten	2
1.5	Starthilfen, Start/Landung	2
<b>B</b>	<u>Weiterentwicklung der VT nach Erkenntnisgewinn</u>	
1	Weiterentwicklung im Flare-Zustand	-
1.1	Erhöhung der Flächenbelastung durch das Triebwerk	4
1.2	Einbau zweites Triebwerk	4
1.3	Direct Height Control – System	4
2	Weiterentwicklung im Wasser	-
2.1	Einrüsten des Wasserantriebs	4
2.2	Wasserruder für Manöver	4
3	Sensoren, Registrierung	-
3.4	Sensoreinbau	4
4	Erprobung / Einsatzprogramm	-
4.1	Nachweis der erzielten Verbesserungen	5
4.2	Untersuchungen im Grenzbereich	5
4.3	Demonstration / Dokumentation	5
<b>C</b>	<u>Erarbeitung eines Sicherheitskonzeptes</u>	
4	Abstimmung im Arbeitskreis	1
<b>D</b>	<u>Übertragung auf ein konkretes Projekt</u>	
3	Projektvorschlag	-
3.3	Nachweis durch Modelle	1
3.5	Projektdokumentation	1

Gemäß des Förderantrags war als Beginn der Arbeiten an TEBEF-3 der Oktober 1997 vorgesehen. Der Bewilligungsbescheid, ausgefertigt am 31.3.1998 ging am 20.4.1998 in der VBD ein. Dies hatte zur Folge, daß die für den Winter 97-98 geplanten Modelluntersuchungen wegen des nicht unerheblichen Finanzierungsrisikos nicht ausgeführt werden konnten. Statt dessen wurden nur Planungs- und vorbereitende Arbeiten für die Weiterentwicklung des Versuchsträgers (VT) durchgeführt. Neue Erkenntnisse bezüglich der Hydrodynamik des Abwasserverhaltens konnten aus diesem Grund nicht in die Erprobungen des Zeitraums Sommer 1998 einfließen.

Es war laut Antrag geplant, gegen Ende der Projektlaufzeit durch Modellversuche den Nachweis für die prognostizierten Leistungen des konkreten Projektes eines 15-sitzigen Bodeneffektgerätes vom Typ „Hoverwing“ zu erbringen. Während der Arbeit am laufenden Vorhaben waren allerdings zeitliche und inhaltliche Verschiebungen zu beobachten. Diese führten letztendlich dazu, daß in Übereinkunft mit dem Projektträger auf die Bearbeitung dieses Arbeitspunktes (D 3.3) verzichtet wurde und statt dessen die dafür vorgesehenen Mittel für eine Verlängerung der für 1999 vorgesehenen Erprobungen eingesetzt wurden.

Die Projektdokumentation lt. Arbeitspunkt D 3.5 wird mit dem vorliegenden Bericht einschließlich der Anlagen VBD-Bericht 1539 und VBD-Bericht 1545 vorgelegt.

## **2. Gefesselte Modellversuche**

Die Arbeiten am Arbeitspunkt A 1.2 „Übertragung auf die Großausführung“ hatten die Klärung von Problemen bei der Übertragung der Modellergebnisse auf den Versuchsträger zum Ziel. Dabei sollte besonders Augenmerk auf die Maßstabsabhängigkeit der Widerstandsanteile gelegt werden. Zu diesem Zweck sollten Modellversuche in unterschiedlichen Modellmaßstäben mit der entsprechenden Auswertung durchgeführt werden.

Zu diesem Punkt liegt ein gesonderter Teilbericht VBD-Bericht 1539 „Technische Entwicklung von Bodeneffektfahrzeugen, Phase 3 - Hoverwing. Teilbericht: Der Maßstabeffekt bei Modellen eines Bodeneffektfahrzeugs in der Startphase“ vor, der Anlage zum vorliegenden Abschlußbericht ist.

### 3. Am Draht geflogene Modellversuche

Die Modellversuche zur Verbesserung des hydrodynamischen Verhaltens des Hoverwing, die wie in der Einleitung erwähnt im ersten Jahr der Projektlaufzeit nicht durchgeführt werden konnten, wurden im Winter 1998-99 durchgeführt, um die zu erwartenden Erkenntnisse in die zweite Erprobungskampagne mit dem Versuchsträger im Sommer 1999 auch einfließen lassen zu können.

Zu diesem Punkt liegt ein gesonderter Teilbericht VBD-Bericht 1545 „Technische Entwicklung von Bodeneffektfahrzeugen, Phase 3 - Hoverwing. Teilbericht: Am Draht geflogene Modellversuche“ vor, der ebenfalls Anlage zum vorliegenden Abschlußbericht ist.

### 4. Modifikationen am Versuchsträger

Im sehr detaillierten Arbeitsplan zum Antrag waren für den Versuchsträger folgende Verbesserungen geplant:

- Erhöhung der Flächenbelastung durch das Triebwerk  
Ziel: Erhöhung der Triebwerksleistung zur Steigerung des Abfluggewichtes  
Lösungsweg: Überholung und Tuning des Triebwerks
- Einbau zweites Triebwerk  
Ziel: Verbesserung der ungünstigen Relation Startleistung / Flugleistung  
Lösungsweg: Zusatztriebwerk nur für den Start
- Einrüsten des Wasserantriebs  
Ziel: Erreichung unabhängiger Beweglichkeit in wassergebundener Fahrt  
Lösungsweg: Wasserpropeller mit Energieversorgung aus Zusatztriebwerk
- Wasserruder für Manöver  
Ziel: Verbesserung der Manövrierbarkeit im Hafen und bei Seitenwind ohne Schlepperhilfe  
Lösungsweg: Verbessertes Wasserruder in Kombination mit Wasserantrieb

Diese Planung fußte auf folgendem zum Zeitpunkt der Antragstellung favorisierten Konzept:

Der vorhandene 2-Takt Boxermotor sollte überholt und seine Leistung optimiert werden, um genügend Leistung für eine geplante Erhöhung des Gesamtgewichtes ohne Vergrößerung der Flügelfläche bereitstellen zu können. Für die Überwindung des bei erhöhtem Gewicht vergrößerten Widerstandes in der Startphase sollte auf dem Pylon hinter dem Hauptpropeller (Zugpropeller) ein zweiter kleinerer Antriebsmotor installiert werden, der nur während der Startphase betrieben wird und über einen Druckpropeller die nötige zusätzliche Startleistung bereitstellt. Über eine Hydraulikpumpe am Zusatztriebwerk sollte die Energie für einen absenkbaren Hydraulikmotor bereitgestellt werden, der an der Unterkante eines verbesserten Wasserruders hinter dem Pylon montiert werden sollte. Durch dieses Konzept sollten die verschiedenen Probleme bezüglich des Startverhaltens und der Manövrierbarkeit, die bei den Erprobungen im Jahre 1997 offensichtlich wurden, gelöst werden.

In der Anfangsphase der Projektlaufzeit wurde dieses Konzept intensiv diskutiert und nach Prüfung diverser Alternativlösungen zugunsten einer neuen Strategie verworfen. Zur Realisierung waren verschiedene Umwidmungen von geplanten Ausgaben bzw. Fremdleistungen erforderlich, denen der Projektträger nach entsprechender Erläuterung zustimmte.

Aufgrund der Unzuverlässigkeit des bisher verwendeten 2-Takt-Boxermotors und der Abweichung der Leistungsdaten von den Angaben des Herstellers wurde entschieden, einen wassergekühlten 4-Takt Motorradmotor der Firma Kawasaki als Hauptantriebsanlage einzubauen. Der luftgekühlte 2-Takt-Motor lieferte nur 96 PS statt der versprochenen 130 PS. Mit einer gemessenen Leistung von 125 PS im Einbauzustand gegenüber der Herstellerangabe von 145 PS war durch den Motorradmotor eine ausreichende Leistungsreserve für die geplante Tragfähigkeitserhöhung sichergestellt. Dadurch wurde auch die Installation eines Zusatzantriebsmotors für den Wasserstart hinfällig.

Der Einbau des Kawasaki-Motorradmotors (Typ ZX 900 C) inklusive Schaltgetriebe (siehe Foto 2) wurde von der Fa. Gomolzig in Schwelm vorgenommen. Dazu wurde der Versuchsträger in die dortige Werkhalle transportiert, wo entsprechende Verstrebungen als Schweißkonstruktion sowie eine zusätzliche Übertragungswelle für die Verbindung des Kettenantriebs mit der vorhandenen Karbon-Propellerwelle angefertigt und eingebaut wurden.



Für den Wasserantrieb wurde das Konzept dahingehend geändert, daß der Manövrierfähigkeit höchste Priorität eingeräumt wurde. Die Nicht-Flug-Phase ist hierzu in zwei Bereiche zu unterteilen:

- Taxi-Fahrt zum wassergebundenen Überwinden größerer Strecken mit mittlerer Geschwindigkeit.
- Manövrieren im Hafen mit geringer Geschwindigkeit.

Für die Taxi-Fahrt sollte der Hauptantrieb (Motorradmotor) mit dem Luftpropeller genutzt werden. Um zu erwartenden Problemen mit der Kühlung vorzubeugen wurde ein entsprechender Lüfter, der bei der zweiten Erprobungsphase 1999 noch vergrößert wurde, installiert. Für die Steuerbarkeit in dieser Betriebsart wurde das vorhandene Wasserruder eingesetzt, welches bei höheren Geschwindigkeiten halb hochgezogen werden konnte. Um eine Beeinflussung der aerodynamischen Steuerung (Quer- und Seitenruder) durch die auf das Wasserruder wirkenden Kräfte zu vermeiden, wurde ein elektrischer Stellmotor für das Wasserruder montiert und dieses von der aerodynamischen Steuerung entkoppelt. Als Bedienelement diente ein Kippschalter im Cockpit. Die aktuelle Stellung des Ruders wurde durch ein Zeigerinstrument dargestellt.

Die gewünschte Manövrierbarkeit bei langsamer Fahrt wurde durch Einbau von zwei starken elektrischen Unterwasserantrieben (Propeller) an den Außenschwimmern des Versuchsträgers realisiert (siehe Foto 1). Diese werden aus separaten Batterien versorgt und über einen Joystick gesteuert. Dadurch ist Geradeaus- und Rückwärts- sowie Kurvenfahrt möglich, aber auch das Drehen auf der Stelle, wenn beide Motoren gegenläufig arbeiten. Diese elektrische Anlage wurde von der Fa. Human Data entwickelt und am Versuchsträger eingebaut. Für die Taxi-Fahrt und das Starten konnten diese Wasserantriebe durch elektrische Stellmotoren nach hinten hochgeklappt werden, damit Sie keinen hydrodynamischen Widerstand erzeugten und vor Beschädigungen bei Wasserberührung geschützt wurden.

Durch Zukauf von Teilen bzw. Vergabe von Fremdleistungen und Arbeitsleistung des vorhandenen Personals konnten diese Umrüstungen erfolgreich vorgenommen werden. Die für die Bearbeitung des Arbeitspunktes B „Weiterentwicklung der VT nach Erkenntnisgewinn“ vorkalkulierten Kosten wurden durch diese von der Planung abweichenden Maßnahmen nicht überschritten.

Im Rahmen der Nach- und Umrüstungen am Versuchsträger in den Räumen der VBD wurden die neuen Sensoren eingebaut bzw. die vorhandenen verbessert (siehe Arbeitspunkt B 3.4). Dies erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der Fa. Lorenz und Human Data, die in diesem Bereich tätig waren.

Das Direct Height Control System, welches von Fischer Flugmechanik konzipiert wurde, besteht aus einer computergesteuerten Elektronik, welche auf die Stellmotoren der Flügelklappen des Haupttragwerkes wirkt. Es existierte aus den Entwicklungen für die Phase 2 schon eine Klappenregelung in Form einer Soll-Ist-Wert-Nachführung, um beide Klappen synchron und gleichartig betätigen zu können. Um einen eventuell notwendigen Rückbau auf die alte Steuerung im Falle eines Mißerfolgs zu ermöglichen, wurde diese Regeleinrichtung nicht demontiert, sondern nur stillgelegt und die vorhandenen Stellmotoren durch das neue Direct Height Control System direkt angesteuert. Nach Definition der Schnittstellen der an diesem Arbeitspunkt beteiligten Partner konnten die Arbeiten daran in den Räumen der VBD bzw. vor Ort während der Erprobungen 1999 in Enkhuizen vorgenommen und erfolgreich abgeschlossen werden (siehe Foto 2).

Die hydrodynamischen Untersuchungen (siehe Kapitel 3), die im Frühjahr 1999 durchgeführt worden sind, führten zu einer neuartigen Unterwasserschiffsgestaltung, dem sogenannten Längsstufenbug. Die Einrüstung dieses speziell für das Abwassern bei Wellen ausgelegten Schwimmwerks war in der dem Förderantrag zugrunde liegenden Kalkulation nicht vorgesehen. Aus diesem Grund wurde ein Aufstockungsantrag, der unter anderem die Umrüstung des Versuchsträgers beinhaltete, gestellt und dankenswerterweise auch kurzfristig bewilligt. Diese Arbeiten wurden durch die Fa. Radius Design Experimental, die auch schon in anderen Bereiche Fremdleister innerhalb des TEBEF-Projektes war, durchgeführt. Dazu wurde der Versuchsträger, vor der Erprobungskampagne in die Niederlande transportiert, wo die Änderungen am Schwimmwerk vorgenommen wurden.

Im Gegensatz zu den Änderungen am Modell, bei dem das vorhandene Schwimmwerk durch den Längsstufenbug ersetzt wurde, ist beim Versuchsträger die neue Geometrie unter das vorhandene Schwimmwerk gesetzt worden. Die Gründe für diese Entscheidung waren die Erhaltung der vorhandenen tragenden Struktur, die den Gleitboden mit einbezog und die Möglichkeit, die neue Unterwasserform im (nicht zu erwartenden, aber doch möglichen) Falle eines Mißerfolgs relativ problemlos wieder entfernen zu können. Durch diese Umbaumaßnahme wurde die Quer-

Gleitstufe (Abrißkante) nach unten verlagert, was zur Folge hatte, daß neue verlängerte Kissenschürzen angefertigt werden mußten. Auf eine Tieferlegung der Haupttragflügel, um diesen Unterschied auch hier auszugleichen, mußte verzichtet werden. Dies hätte einen sehr erheblichen Eingriff in die gesamte innere Struktur erfordert, der auch einen eventuellen Rückbau unmöglich gemacht hätte. Die Folge dieser bewußt nicht getroffenen Maßnahme war, daß die Flügelhinterkanten um daß Maß der Stufenerhöhung mehr aus dem Wasser ragten und ein gewisser Teil des Bodeneffektes eingebüßt wurde (siehe Fotos 3 – 5).

Ein anderer Schwerpunkt der Aufstockung war die Herstellung und Montage neuer Flügelklappen. Am vorhandenen Versuchsträger war ein S-Schlag-Flügelprofil installiert, wobei die Unterseiten der Flügelklappen (Hinterkanten) durch die Wölbung eine deutliche Tendenz zum Kleben auf der Wasseroberfläche zeigten. Aerodynamische Untersuchungen des Partners Fischer Flugmechanik haben gezeigt, daß die Ausrüstung des Flügels mit Klappen, die mit einer geraden Unterseite ausgestattet sind, aerodynamisch keinen Nachteil bieten. Die Herstellung und Montage dieser neuen Klappen wurde als Fremdleistung an die Firma TM-Design, Solingen vergeben. Neben der Herstellung der 8 Einzelbauteile umfaßte der Auftrag noch die Entwicklung und Herstellung einer verbesserten Klappenmechanik. Im Gegensatz zu den zuerst verwendeten Gummidämpfern und den danach eingebauten Gasdruckfedern sollten die dynamischen Wasserlasten jetzt durch kombinierte Feder-Dämpfungselemente aus dem Bereich des Fahrradrahmenbaus abgebaut werden. Sowohl die Dämpfung als auch die Federkraft konnte mit relativ geringem Aufwand neu eingestellt und damit die Eigenschaften der nachgiebigen Klappenbefestigung bei den Erprobungen optimiert werden.

Bei den Modellversuchen am Draht wurden auch verschiedenen starre Hydrofoils untersucht, um die Auswirkungen auf das Abwasserverhalten zu verbessern. Im Rahmen der beantragten Fremdleistungen des ursprünglichen Antrags konnten gewisse nicht in Anspruch genommene kalkulierte Kosten umgewidmet und mit diesen Mitteln die Fa. Radius Design Experimental beauftragt werden, ein Paar Hydrofoils aus CFK (Carbon-Faser verstärkter Kunststoff) herzustellen. Da die gleiche Firma auch die Umrüstung des Schwimmwerks vornahm, wurden in diesem Rahmen auch verschiedene Befestigungspunkte im Vor- und Hinterschiff angebracht, um die Hydrofoils an verschiedenen Einbaupositionen installieren zu können (siehe Fotos 7 und 8).

Alle genannten Arbeiten für den Umbau des Versuchsträgers in Vorbereitung für die Erprobungskampagnen 1998 und 1999 konnten innerhalb des gesetzten, sehr knappen Zeitrahmens erfolgreich durchgeführt werden. Den an diesen Anstrengungen beteiligten Firmen und Personen sei an dieser Stelle Dank für den geleisteten Einsatz ausgesprochen.

## **5. Erprobungen mit dem Versuchsträger**

Im Antrag waren während der Projektlaufzeit 2 Erprobungskampagnen in den Jahren 1998 und 1999 geplant. Davon sollten 4 Wochen im ersten Jahr als Funktionsnachweis der neu eingerüsteten Verbesserungen und 1 Woche im zweiten Jahr als „Erprobung im Grenzbereich“ ausgeführt werden.

Die Erprobungen des Jahres 1998 fanden in der Wochen 33 – 36 statt (11.8.-2.9.). Durch den wegen des späten Bewilligungseingangs erst im zweiten Quartal 1998 begonnenen Umbau des Versuchsträgers und Verzögerungen während der Vorbereitungen konnte erst im August mit den Außenversuchen begonnen werden. Dies hatte zur Folge, daß zum Ende der Kampagne die ersten Schlechtwetterperioden des beginnenden Herbstes die Durchführung des Erprobungsprogramms behinderten. Deshalb wurde im Einvernehmen mit dem Teamchef Fischer Flugmechanik beschlossen, die Versuche auszusetzen und eine letzte Schönwetterperiode abzuwarten. In der 39. Kalenderwoche (22.9.-25.9.) wurden dann die letzten Versuche erfolgreich durchgeführt und der Versuchsträger anschließend wieder in die VBD rücktransportiert (siehe Foto 6, 9 und 10).

Die nach Antrag vorgesehene Zeit von einer Woche war für das Erprobungsprogramm des Jahres 1999, welches die Untersuchung des neuen Schwimmwerks und des Direct-Height-Control-Systems zum Inhalt hatte, nicht ausreichend. In der schon erwähnten Aufstockung waren aus diesem Grund weitere Kosten für zusätzliche Erprobungen vorgesehen.

Durch einen sehr straffen Zeitplan für die Arbeiten in der VBD und bei der Fa. Radius in den Niederlanden konnte mit den Erprobungen in der 28. Kalenderwoche begonnen werden. Im Zeitraum zwischen dem 15.7. und dem 13.8. Wurde ein Großteil des vorgesehenen Versuchsprogramms absolviert. Nach einer einwöchigen Schlecht-

wetterpause wurden die Erprobungen in der 34. Kalenderwoche fortgesetzt und am 1.9. mit dem Rücktransport des Hoverwing beendet (siehe Fotos 11 –13).

Planung, Protokollierung und Auswertung der Erprobungen oblag dem Teamchef und Partner Fischer Flugmechanik. Aus diesem Grunde wird bezüglich des Erprobungsprogramms und der Resultate auf den von dieser Seite verfaßten Bericht verwiesen.

## **6. Ergebnisse**

Dieser Bericht enthält die Zusammenfassung der Aktivitäten der VBD in dem Verbundprojekt TEBEF 3. Entsprechend dem übergeordneten beschreibenden Charakter dieses Berichtes sind hier keine Ergebnisse dargestellt.

Zu verschiedenen Punkten des Arbeitsplans Teilberichte liegen vor, die auf die speziellen Untersuchungen detailliert eingehen. Es handelt sich um die

- Gefesselten Modellversuche
- Am Draht geflogenen Modellversuche
- Erprobungen mit dem Versuchsträger

In den jeweiligen Teilberichten werden die Ergebnisse der Modell- und Großversuche eingehend erläutert.

## 7. Zusammenfassung

Im Rahmen der partnerschaftlichen Zusammenarbeit am Verbundprojekt TEBEF, Phase 3 wurden von der VBD unter anderem gefesselte Modellversuche durchgeführt, um den Maßstabeffekt bei der Übertragung auf den Versuchsträger genauer zu untersuchen. Am Draht geflogene Startversuche dienten weiterhin der Optimierung des Abwasserverhaltens. Die Arbeiten am vorhandenen Versuchsträger umfaßten die Installation eines stärkeren und zuverlässigeren Hauttriebwerks, elektrischer Zusatzantriebe zur Verbesserung der Manövrierfähigkeit, Nachrüsten eines neu entwickelten Längsstufenschwimmwerks sowie die Anbringung neuer Flügelklappen mit gerader Unterkante. In zwei Kampagnen in den Jahren 1998 und 1999 wurden die eingebrachten Verbesserungen erprobt und das Leistungspotential des Versuchsträgers „Hoverwing“ nachgewiesen.

Duisburg, 25.05.2000

Grz

Fachbereich Schiffsentwicklung und  
Schiffahrtsbetriebstechnik / Forschung

Der Bearbeiter:

Der Fachbereichsleiter:

.....  
(Dr.-Ing. A. Gronarz)

.....  
(Dipl.-Ing. J. Zöllner)

Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V.

.....  
(Prof. Dr. P. Engelkamp)

## 8. Foto-Anlagen



Zuwaterlassen des Versuchsträgers mit dem Kran,  
elektrische Manövrierantriebe an den Außenschwimmern

Foto 1



Cockpit mit Schaltung für das Getriebe der Hauptantriebsanlage  
sowie zusätzlichen Bedienelementen für das Direct-Height-Control-System

Foto 2



Längsstufenbug mit Abdichtplatte als nachgerüstete Modifikation 1999 Foto 3



Längsstufenbug mit Anordnung der Drucksonden zur  
Messung der Belastungen beim Start Foto 4





Anordnung der Längsstufen in Frontalansicht

Foto 5



Transport des Hoverwing, Höhenleitwerk auf den Zugfahrzeug,  
Hauptflügel zwischen Katamaranschwimmern und Pylon

Foto 6



Hydrofoils im Hinterschiff montiert,  
Heckschürze durch Gummiseile nach hinten gespannt

Foto 7



Vorbeiflug, Hydrofoils vorne montiert

Foto 8



Anbringung einer Videokamera an einer 2-m-Stange seitlich zur Beobachtung des Wasserabrisses an der Gleitstufe beim Start

Foto 9



Pilot und Gast beim 2-sitzigen Flug

Foto 10



2-sitziger Flug bei den Erprobungen in Enkhuizen / NL

Foto 11



Sicherer Flug auch in der Nähe von anderen Wasserfahrzeugen

Foto 12



Flug in ca. 2 m Höhe zur Überwindung von Hindernissen

Foto 13