

STAB-MITTEILUNGEN

NR. 1 / 1983

ERSCHEINUNGS-DATUM: FEBR. '83

Geschäftsstelle: AG STAB c/o DFVLR
Linder Höhe
D-5000 Köln 90 (Porz)

Telefon (02203) 6012979
Telex 8874410 (dfvw d)
Fernkopierer infotec 6000, Fax-Nr. 02203/6012507

Geleitwort

Mit dem Erscheinen der ersten Ausgabe der "STAB-Mitteilungen" wird eine Anregung der vormaligen Steuergruppe der Arbeitsgemeinschaft "Strömungen mit Ablösung" verwirklicht. Diese Mitteilungen wollen ein Bindeglied sein zwischen allen, die sich in Forschung und Entwicklung um das weite Feld abgelöster Strömungen mit eigenen Gedanken und Arbeiten bemühen. Zum andern wollen sie auch jene informieren, die sich ganz allgemein für Fortschritte in der Strömungsmechanik interessieren.

Durch ein solches Informationsorgan kann die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Gruppen, die an Hochschulen, in der DFVLR und in der Industrie gemeinsam in Projektgruppen und Fachkreisen arbeiten, verbessert werden. Bisher war die fachliche Kommunikation im wesentlichen auf die STAB-Symposien beschränkt.

Die vorliegende erste Ausgabe der Mitteilungen knüpft an das 3. DGLR-Symposium "Strömungen mit Ablösung" an, das im November 1981 in Stuttgart stattfand. Dort wurden neben vielen fachlichen Vorträgen auch die Arbeitsprogramme der Projektgruppen durch deren Sprecher vorgestellt. Diese Statements sind im folgenden wiedergegeben.

Es bleibt zu wünschen, daß die begonnene und noch nicht gefestigte Gemeinschaftsarbeit durch dieses bescheidene Mitteilungsblatt unserer Arbeitsgemeinschaft unterstützt und belebt wird. Dies ist möglich, wenn wir das darin enthaltene Angebot aufnehmen und durch eigene Beiträge kräftig nutzen.

gez. Dr. H.-G. Knoche

Kurznachrichten aus dem Hochschulbereich

- o Das DFG-Schwerpunktprogramm "Finite Approximationen in der Strömungsmechanik" (Koordinator: Prof. E. Krause, RWTH Aachen) wurde im Herbst 1982 begutachtet und verabschiedet. Als Gutachter waren Prof. E.A. Müller (MPI Göttingen) als Vorsitzender, Prof. E. Becker (TH Darmstadt), Prof. R. Ansorge (Univ. Hamburg) tätig. Die Förderung des Programms soll im 1. Quartal 1983 beginnen.

- o Der Sonderforschungsbereich 25 "Wirbelströmungen in der Flugtechnik" wurde im Herbst 1982 an der RWTH Aachen eingerichtet und sein erstes dreijähriges Forschungsprogramm begutachtet und verabschiedet. Sprecher ist Prof. R. Staufenbiel. Am SFB 25 beteiligt sind das Institut für Luft- und Raumfahrt, das Aerodynamische Institut, das Institut für Leichtbau, das Institut für Allgemeine Mechanik sowie der Lehrstuhl für Mechanik.

STATUSBERICHT

AG STAB

PG "Flügel großer Streckung" (FGS)

P. Thiede

MBB-UT (VFW), Bremen

anlässlich des
3. DGLR-Symposiums
"Strömungen mit Ablösung"
23. - 25.11.1981, Stuttgart

AUFGABEN/ZIELSETZUNG DER PROJEKTGRUPPE FGS

Aufgabe der STAB-Projektgruppe "Flügel großer Streckung" (FGS) ist die Koordination der laufenden und geplanten Aktivitäten zur Untersuchung der Ablösephänomene, die an Tragflügeln insbesondere von Verkehrs- und Transportflugzeugen aber auch von Geschäftsreise- und Segelflugzeugen auftreten.

Zielsetzung der Projektgruppe FGS ist langfristig die zuverlässige und rationelle Vorausbestimmung der Flugleistungen und -eigenschaften bei zukünftigen Flugzeugentwicklungen im gesamten Geschwindigkeits- und Anstellwinkelbereich. Das beinhaltet insbesondere

- die Vertiefung des physikalischen Verständnisses für abgelöste Flügelströmungen
- und die numerische Simulation abgelöster Profil- und Flügelströmungen

bei gleichzeitiger Beschränkung des experimentellen Aufwands auf notwendige Verifizierungen.

Kurz- und mittelfristig sind

- die bereits vorhandenen theoretischen und experimentellen Arbeitsgrundlagen zu verbessern und zu vervollständigen
- sowie neue, langfristig erfolgversprechende Lösungswege in Angriff zu nehmen.

Entsprechend der Bedeutung der Flugbereiche für den Flügel großer Streckung ist das Arbeitsprogramm [1] gegliedert in

- Niedergeschwindigkeitsbereich
- Auslegebereich (Reiseflug)
- und "off-design" Bereich (transsonisch)

Eine Übersicht des Arbeitsprogramms ist in den Bildern 1 bis 3 angegeben.

BILANZ DER ERHEBUNGSAKTION

Im Jahr 1981 wurde eine Erfassungsaktion aller STAB-relevanten Aktivitäten in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt [2] .

Zum Themenkreis "Flügel großer Streckung" gingen insgesamt 37 Erfassungsbögen ein (16 aus der Industrie, 8 von der DFVLR, 13 von den Hochschulen). Die erfaßten Aktivitäten lassen sich zu mehr als 80 % dem Arbeitsprogramm "Flügel großer Streckung" zuordnen, der Rest ist überwiegend grundlagenorientiert. Dabei ergibt sich in den verschiedenen Flugbereichen folgendes Bild:

- **Niedergeschwindigkeitsbereich**

Etwa ein Drittel (13) der Aktivitäten läßt sich dem Niedergeschwindigkeitsbereich (Hochauftrieb) zuordnen. Diese decken in der Theorie die meisten kurz-/mittelfristigen 2-D Themen des Arbeitsprogramms (Simulation der Zähigkeitseffekte, verbesserte Ablösemodelle, Entwicklung von Navier-Stokes-Lösungen) und alle 3-D Themen sowie im Experiment die 3-D Messungen an Pronzip- und Flügelmodellen ab. Es fehlen hauptsächlich theoretische Untersuchungen zur Grenzschichtkonfluenz und 2-D Messungen am Spaltklappenprofilen.

- **Auslegebereich**

Ein weiteres Drittel (13) der Aktivitäten läßt sich dem transsonischen Auslegebereich (Reiseflug) zuordnen. Die Aktivitäten verteilen sich hier ziemlich gleichmäßig auf die kurz-/mittelfristigen Aufgabengebiete. Es fehlen lediglich 3-D theoretische Untersuchungen zur Stoß- und Hinterkanteninterferenz und zu Eckenströmungen sowie 3-D Messungen an Flügelmodellen speziell bei hohen Reynoldszahlen.

- **"off-design"-Bereich**

Im transsonischen "off-design"-Bereich existieren bisher nur wenige (6) Aktivitäten, die sich auf 2-D Untersuchungen beschränken. Diese konzentrieren sich auf einige theoretische Themen (Erfassung von stoßinduzierte Ablösungen, deren Beeinflussung durch Grenzschichtkontrolle, Entwicklung von Navier-Stokes-Lösungen) und auf wenige experimentelle Untersuchungen (Stoß-Grenzschicht-Interferenz mit Ablösung und deren Beeinflussung durch aktive Grenzschichtkontrolle). Es fehlen sowohl 3-D theoretische und experimentelle Untersuchungen über abgelöste transsonische Flügelströmungen als auch entsprechende instationäre Untersuchungen.

ARBEITSSCHWERPUNKTE

Die Bilanz der Erhebungsaktion macht deutlich, daß in der Projektgruppe FGS zwei Arbeitsschwerpunkte existieren, in denen zweckmäßigerweise Arbeitsteams zu bilden sind:

1. Stoß-Grenzschicht-Interferenz

Der Arbeitsschwerpunkt "Stoß-Grenzschicht-Interferenz" umfaßt alle stoßinduzierten Ablösephänomene an Flügeln großer Streckung im Transschall.

Zu diesem Schwerpunktthema liegt inzwischen ein Programm-vorschlag vor [3].

2. Hochauftrieb

Der Arbeitsschwerpunkt "Hochauftrieb" beinhaltet alle Ablösephänomene, die beim Flügel großer Streckung mit ausgefahrenen Hochauftriebshilfen im Niedergeschwindigkeitsbereich auftreten.

BEGLEITENDE AKTIVITÄTEN IN DEN FACHKREISEN

Zur erfolgreichen Bearbeitung der in beiden Arbeitsschwerpunkten auftretenden Problemstellungen sind begleitende Aktivitäten in den Fachkreisen erforderlich, die z.T. projektübergreifenden Charakter haben und deshalb auch für andere Projektgruppen von Bedeutung sein dürften.

Fachkreis "Strömungsphysik und Numerik"

Die wichtigsten Themenkomplexe, die in dem Fachkreis "Strömungsphysik und Numerik" begleitend bearbeitet werden sollten, sind

- Topologie abgelöster Strömungen
- Reibungsfreie Verfahren
 - 3-D Singularitätenverfahren höherer Ordnung
 - 3-D transsonische Verfahren für beliebige Konfigurationen
 - Eulerverfahren
- Grenzschichtverfahren
 - 2-D Differenzenverfahren für zus.-fließende Grenzschichten
 - Anwendungsorientierte 3-D Integral-/Differenzenverfahren
 - Transitions-/Turbulenzmodelle
 - Instationäre Verfahren
- Ablösemodelle
 - Potentialtheoretische Totwassersimulation
 - Interaktive Grenzschichtmodelle
 - Längswirbelmodelle
- Navier-Stokes-Lösungen
 - Parabolisierte Lösungen
 - Vollständige Lösungen

Fachkreis "Versuchstechnik und -anlagen"

Im Fachkreis "Versuchstechnik und -anlagen" sollte aus der Sicht der Projektgruppe "Flügel großer Streckung" das Hauptgewicht gelegt werden auf

- Sichtbarmachung abgelöster Strömungen
- berührungsfreie Meßverfahren
- 2-D/3-D Modellketten
 - Prinzipmodell/Vorlaufmodell
 - Hauptmodell
 - Großmodell
 - Freiflugversuch
- Halbmodelltechnik
- Triebwerkssimulation
- Verbesserung vorhandener Versuchsanlagen
 - Strömungsqualität
 - Windkanalkorrekturen
 - Adaptive Windkanalwände
 - Meßausrüstung
 - Meßdatenauswertung

LITERATURHINWEISE

1. Programm der Arbeitsgemeinschaft "Strömungen mit Ablösung" (STAB)
Herausgeg. von K. Robert, DFVLR, Köln, September 1980
2. Erfassung STAB-relevanter Aktivitäten in der Bundesrepublik
Deutschland.
Herausgeg. von U. Dallmann, G. Polz, K. Robert, P. Sacher,
P. Thiede, Köln, April 1982.
3. Programmvorschlag zum STAB-Schwerpunktthema
"Stoß-Grenzschicht-Interferenz beim Flügel großer Streckung
im Transschall".
Bearbeitet von P. Thiede, Bremen, 1982.

NIEDERGESCHWINDIGKEITSBEREICH (HOCHAUFTRIEB)

ZEITRAUM		NUMERISCHE SIMULATION	EXPERIMENTE
kurz-/ mittel- fristig	2-D	• Subsonische Spaltklappenprofilströmungen – Verfahren für zusammenfließende Grenzschichten – Simulation der Zähigkeitseffekte – Verbesserte Ablösemodelle • Navier-Stokes-Lösungen	• Druckverteilungs-/Grenzschichtmessungen an Spaltklappenprofilmodellen
	3-D	• Subsonische Spaltklappenflügelströmungen – Singularitätenverfahren höherer Ordnung – Verfahren für Grenzschichten mit starker Querströmung – Simulation der Zähigkeitseffekte – Übertragung von 2-D Ablösemodellen	• Grenzschicht-/Turbulenzstrukturmessungen an Prinzipmodellen mit starker Querströmung • Druckverteilungs-/Grenzschichtmessungen an Spaltklappenflügelmodellen mit Bogeneinfluß
lang- fristig		• Navier-Stokes-Lösungen für abgelöste subsonische Flügelströmungen – Maschenetze für beliebige Konfigurationen – Verbesserte Lösungsalgorithmen – Höherwertige Turbulenzmodelle – Lokale Lösungen/Hybridverfahren	• Freiflugmessungen an Spaltklappenflügeln

Zukünftiges Arbeitsprogramm Flügel großer Streckung

AUSLEGEBEREICH (REISEFLUG)

ZEITRAUM	NUMERISCHE SIMULATION	EXPERIMENTE
kurz-/mittel-/fristig	2-D • Anliegende transsonische Profilströmungen -- Verbesserte Interferenzmodelle -- Simulation der Zähigkeitseffekte	• Druckverteilungs-/Grenzschichtmessungen an Profilmodellen insbes. bei hohen Re-Zahlen
	3-D • Anliegende transsonische Flügelströmungen - FPE-Verfahren für beliebige Konfigurationen - Verbesserte Euler-Verfahren - Verbesserte Grenzschichtverfahren - Verbesserte Interferenzmodelle - Simulation der Zähigkeitseffekte -- Lösungen für Eckenströmungen	• Grenzschicht-/Turbulenzstrukturmessungen an Prinzipmodellen • Druckverteilungs-/Grenzschichtmessungen an Flügelmodellen mit aeroelastischen Einflüssen insbes. bei hohen Re-Zahlen
langfristig		• Freiflugmessungen an überkritischen Flügeln mit Böen-/Turbulenzeinflüssen

Zukünftiges Arbeitsprogramm Flügel großer Streckung

OFF-DESIGN – BEREICH (IN TRANSSONISCHER STRÖMUNG)

ZEITRAUM	NUMERISCHE SIMULATION	EXPERIMENTE
kurz-/mittel-/fristig	2-D • Abgelöste transsonische Profilströmungen wie Auslegebereich, außerdem: – Verbesserte Ablösemodelle • Instationäre transsonische Profilströmungen – Reibungsfreie Verfahren – Grenzschichtverfahren • Transsonische Profilströmungen mit Grenzschichtbeeinflussung – Reibungsfreie Verfahren – Grenzschichtverfahren • Navier-Stokes-Lösungen	• Grenzschicht-/Turbulenzstrukturmessungen an Prinzipmodellen insbes. mit berührungsfreien Meßverfahren • Instationäre Druckverteilungs-/Grenzschichtmessungen an Profilmodellen • Druckverteilungs-/Grenzschichtmessungen an Profilmodellen mit Grenzschichtbeeinflussung
	3-D • Abgelöste transsonische Flügelströmungen wie Auslegebereich, außerdem: – Übertragung von 2-D Ablösemodellen • Instationäre transsonische Flügelströmungen: – Reibungsfreie Verfahren – Grenzschichtverfahren	• Grenzschicht-/Turbulenzstrukturmessungen an Prinzipmodellen insbes. mit berührungsfreien Meßverfahren • Instationäre Druckverteilungs-/Grenzschichtmessungen an Flügelmodellen
	langfristig • Navier-Stokes-Lösungen für abgelöste transsonische Flügelströmungen wie Niedergeschwindigkeitsbereich	• Druckverteilungs-/Grenzschichtmessungen an Flügelmodellen mit Grenzschichtbeeinflussung

Zukünftiges Arbeitsprogramm Flügel großer Streckung

STAB PG "Flügel großer Streckung"

ERFASSUNGSBÜGEN

Nr.	Institution	Bearbeiter	Thema	Klassifiz.
I 1	VFW	Thiede Dargel	Berechnung viskoser Profilströmungen nach dem halbinversen Kopplungsmodus	1.1.1.4
I 2	VFW	Thiede Dargel Elsholz	Berechnung abgelöster Strömungsbereiche auf der Basis einer inversen Grenzschichtlösung	1/2.1.1.3
I 3	VFW	Elsholz	Differenzenverfahren für relaxierende Grenzschichten	0.1.1.2
I 4	VFW	Thiede	Beeinflussung der stoßinduzierten Ablösung durch Grenzschichtabsaugung	2.1.2.1/2
I 5	VFW	Jakob	3D-Singularitätenverfahren höherer Ordnung zur potentialtheoretischen Berechnung der Strömung an einer Flügel-Klappen-Konfiguration	1.2.1.1
I 6	VFW	Klevenhusen	Hybridverfahren für 3-D transsonische Interferenzströmungen	2.2.1.1
I 7	VFW	Elsholz Dargel	3-D Grenzschichtberechnung an Pfeilflügeln	1/2.2.1.2/4
I 8	Dornier	Schmidt Jameson	Berechnung der dreidimensionalen Strömung um Flügel	2.2.1.4
I 9	Dornier	Seibert Stock	Berechnung der dreidimensionalen zähen Strömung um Flügel im Unterschall	1.2.1.4
I10	Dornier	Wagner	Berechnung der Stoß-Grenzschicht-Interferenz im Transschall	2.1.1.5
I11	Dornier	Leicher Stock	Berechnung der dreidimensionalen zähen Strömung um Flügel im Transschall	2.2.1.4
I12	Dornier	Longo Schmidt Jameson	Berechnung der zähen Profilströmung im Transschall	2.1.1.4
I13	Dornier	Schmidt Whitfield Jameson	Berechnung der zähen Profilströmung mit Ablösung	2.1.1.4
I14	Dornier	Stock	Inv. Integralmethode zur Berechn. von abgelösten turbulenten Grenzschichten an unendlich langen, schiebenden Flügeln	1/2.2.1.2
I 15	Dornier	Stock	3-D Grenzschichtverfahren	0.2.1.2
I 16	Dornier	Haase Schmidt	Navier-Stokes-Methoden	0.1.1.5

STAB PG "Flügel großer Streckung"

ERFASSUNGSBÜGEN

Nr.	Instituion	Bearbeiter	Thema	Klassifiz.
F 1	DFVLR	Schwamborn	Berechnung 3-dimensionaler Grenzschichten an Flügeln	0.2.1.2
F 2	DFVLR	Stanewsky	Stoß-Grenzschicht-Interferenz	2.1/2.2.1/2
F 3	DFVLR	Krogmann	Beeinflussung der stoßinduzierten Ablösung durch Schlitzabsaugung	2.1.2.1/2
F 4	DFVLR	Meier Kreplin Höhler	Experimentelle Untersuchung von 3d-Grenzschichten am Flügel grosser Streckung	1.2.2.1/2/3
F 5	DFVLR	Meier Kreplin Höhler	Ablösephänomene am Flügel grosser Streckung	1.1/2.2.1/2
F 6	DFVLR	Jacob Steinbach	1.) Verf.-Verbess. f. Spaltklappenprofile 2.) Ausbau v. Näherungsverf. für Flügel mit partieller Ablösung	1.1/2.1.3
F 7	DFVLR	Dobrzynski	Relation von aerodyn. induzierten Oberflächenwechseldrücken auf Tragflügeln - insbesondere Endkanten im Bereich ablösender Strömungen und der Schallanregung u. -abstrahlung	0.2.2.3
F 8	DFVLR	Lohmann	Aeroacoustic Loads on Under-the Wing-Blown Flaps	1.2.1.0
H 1	U Karlsruhe	Bohning Zierep	Wechselwirkung eines senkrechten Verdichtungsstoßes mit einer turbulenten Grenzschicht an der gekrümmten Wand	2.1.1.4
H 2	U Karlsruhe	Frank	Strömungsverhalten von Kreiszyklindern und Polygonprofilen in Abhängigkeit von der Reynolds-Zahl	1.1.2.4
H 3	U Karlsruhe	Frank	Druckverteilung um Tragflügelprofile bei transsonischen Geschwindigkeiten (zweidimensional, reibungsfrei)	2.1.1.1
H 4	U Karlsruhe	Schnerr	Die ebene Profilumströmung im schallnahen Unterschall ohne und mit Energiezufuhr durch Kondensation von Wasserdampf	2.1.2.1

STAB PG "Flügel großer Streckung"

ERFASSUNGSBÜGEN

Nr.	Institution	Bearbeiter	Thema	Klassifiz.
H 5	U Karlsruhe	van Raay	Einfluß des Totwasserdruckes bei der transsonischen Umströmung von Keilen	2.1.1.0
H 6	U Karlsruhe	Rodi	Rechenverfahren für 2-D und 3-D Strömungen mit Ablösegebieten	0.1/2.1.2/5
H 7	TU Berlin	Thiele	2-D Differenzenverfahren vom Hermiteschen Typ	0.1.1.2
H 8	TU Berlin	Ganzer Ziemann Hähnel	Untersuchung der Restinterferenzen in einem Profil-Windkanal mit adaptiven flexiblen Wänden	2.1.2.1/2
H 9	TH Darmstadt	Hafer Keil	Experimentelle und theoretische Untersuchungen an Flügeln verschiedener Geometrie im hohen Anstellwinkelbereich	1.2.1/2.3;1/2
H10	U Bochum	Wauschkuhn	Theoretical and Experimental Investigations of Two-Dimensional Flows with Separated Regions of Finite Length	0.1.1/2.3;2
H11	RWTH Aachen	Krause Zeller	Wechselwirkung zwischen Verdichtungsstößen und wirbelbehafteten Strömungen	2.1.2.2/3
H12	RWTH Aachen	Krause Zeller	Hinterkantenumströmung in instationärer Anströmung	1.1.2.4
H13	RWTH Aachen	Franke Krause	Wirbelstruktur im Nachlauf schallnah angeströmter Profile	2.1.2.1/4

KLASSIFIZIERUNG DER ERFASSUNGSBÜGEN

1. Ziffer: Flugbereich

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - Niedergeschwindigkeitsbereich (Hochauftrieb)
- 2 - Transsonischer Bereich (Auslege-/ Off-design-Bereich)

2. Ziffer: Strömungsdimension

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - 2-dimensional
- 2 - 3-dimensional

3. Ziffer: Simulation

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - theoretisch
- 2 - experimentell

4. Ziffer: Typ des Verfahrens / der Messung

- | | | |
|-----|---|---|
| 0 - | ohne Zuordnung | |
| | <u>theoretisch</u> | <u>experimentell</u> |
| 1 - | Reibungsfreies Verfahren | - Wandmessung
(Druckverteilung, Schubspannung) |
| 2 - | Grenzschichtverfahren | - Feldmessung
(Hauptströmungsgrößen) |
| 3 - | Ablösemodell | - Turbulenzstrukturmessung |
| 4 - | Sim. d. Zähigkeitseffekte
(Kopplung von 1/2/3) | - Sichtbarmachung |
| 5 - | Navier-Stokes-Lösung | |

MBB UFE 122 AERO-MT 556

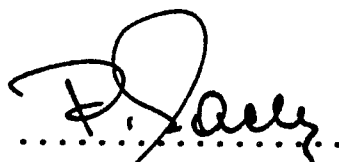
P. SACHER

AG STAB / Projektgruppe Flügel
kleiner Streckung.
Statusreport Ende 1981

19. November 1981

Zur Podiumsdiskussion auf dem DGLR-Symposium
über "Strömungen mit Ablösung" in Stuttgart,
23. - 24.11.81 wurde eine Zusammenstellung aller
Aktivitäten auf dem Gebiet der Flügel kleiner
Streckung vorgenommen.

Aufgrund genannter Einzelaktivitäten bei For-
schungsanstalten der Hochschulen und der DFVLR
sowie der Industrie erscheint eine gemeinsame
Ausrichtung und Konzentration aller Kräfte
dringend erforderlich.



P. Sacher
FE 122
Theor. Aerodynamik

STAB-Beiträge zum Themenkreis der Projektgruppe "Flügel kleiner Streckung"

Als Ergebnis der Umfrage bei 22 Institutionen (5 DFVLR Instituten, 5 Firmenbereichen und 12 Hochschulen gingen insgesamt 28 Beiträge ein, von denen 7 als für die Projektgruppe "Flügel kleiner Streckung" nicht zutreffend an die anderen Fachkreise weitergereicht wurden.

5 der genannten Arbeiten sind so grundlegend universell, daß sie keinem Strömungsbereich zuzuordnen sind. Dies trifft für Verfahren der Lösung der EULER-Gleichung und der Grenzschichtgleichungen zu. Die restlichen teilen sich in Methoden für kompressiblen Unterschall (3), Transschall (1, viel zu wenig!), Überschall (2) und Verfahren für den hohen Anstellwinkelbereich im niedrigen Unterschall (10), wobei letztere überwiegend Projektuntersuchungen zur Beiwerteermittlung beinhalten. Naturgemäß beschäftigen sich alle Untersuchungen (bei einer Ausnahme) mit dreidimensionalen Strömungen.

Erfreulicherweise ist die Verteilung zwischen experimentellen (12) und theoretischen (9) Untersuchungen gleichmäßig, wenn damit leider auch noch nichts über den tatsächlichen Arbeits-(Mann-)Aufwand gesagt ist; die Erhebung erstreckte sich nicht auf diesbezügliche Angaben. Auch die Finanzierungsquellen dieser Arbeiten wurden nicht erfaßt und die Verfügbarkeit aller Ergebnisse ist deshalb fraglich.

Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß alle theoretischen Arbeiten so grundlegender Natur sind, daß sie (mit Einschränkung für die beiden nicht-linearen Panelverfahren) auch für Flügel großer Streckung und für Flugkörper und Rümpfe einsetzbar sind. Dies trifft im besonderen Maß für die beiden Verfahren zur Lösung der EULER-Gleichungen zu.

Arbeitsgemeinschaft „Strömungen mit Ablösung“

P R O J E K T G R U P P E N

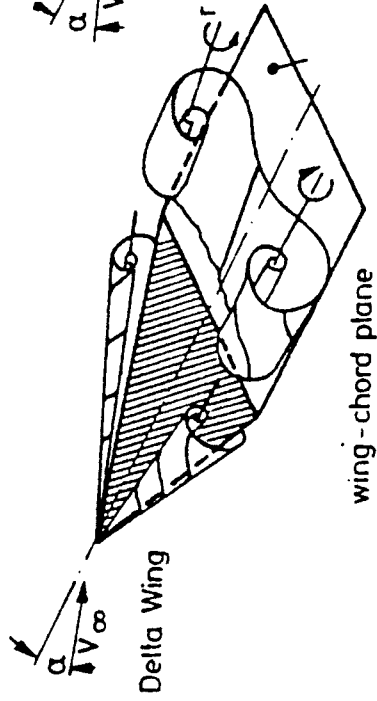
- Flügel grosser Streckung
- Flügel kleiner Streckung
- Drehflügel
- Flugkörper und Rumpfe

STAB-PROJEKTGRUPPE

Flügel kleiner Streckung

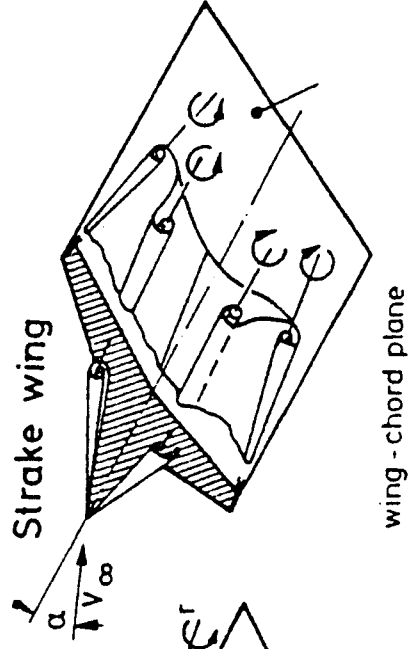
A

vollständige
Vorderkantenablösung



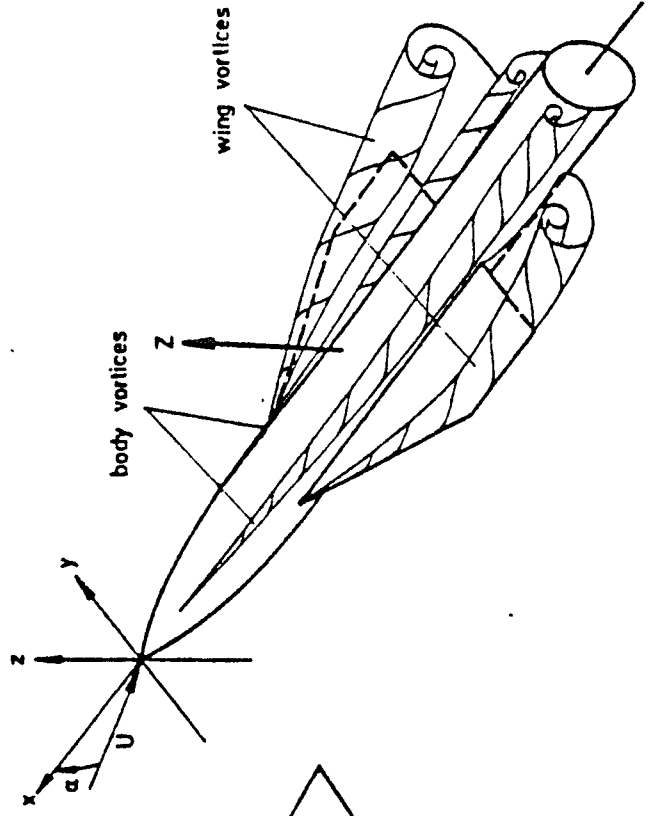
B

partielle
Vorderkantenablösung



C

Interferenzprobleme mit
Vorderkantenablösung



Schwerpunkte

STAB – PROJEKTGRUPPE

Flügel kleiner Streckung

A K T I V I T Ä T E N

- Bestandsaufnahme (März 1979)
- DGLR Symposium München (Sept. 1979)
"Strömungen mit Ablösung"
- Programm AG "STAB" (Sept. 1980)
- Zusammenstellung laufender Arbeiten
(Sommer 1981)
- DGLR Symposium Stuttgart (Nov. 1981)
"Strömungen mit Ablösung"

T h e o r i e		M E T H O D I K	A K T I V I T Ä T E N	Z I E L S E T Z U N G
Experiment				
		Ablösungs-Phänomenologie	F1/H1/H2/H3/H4/H9	physikalische Klärung
		Experimentelle Konfig. Studien	12/18/19/110/F2/H5	hoher Anstellwinkel Stabilität
		Emp. Verfahren	13/17	aerod. Belwerte
		potentialtheoretische Verfahren	14/H6	Druckverteilungen
		EULER - Lösungen	11/H7	stossbeh. Rekompession
		Grenzschichtmodelle	15/16/H8	Ablöselinien/Widerstand
		NAVIER-STOKES		Strömungsfeld

Flügel kleiner Streckung

STAB-PROJEKTGRUPPE

Flügel kleiner Streckung

STATUS ENDE 1981

- **ERGEBNIS DER ERHEBUNG ZEIGT**
 - nicht alle Aktivitäten sind erfasst
 - keine Angaben verfügbar über Personal-und zeitl. Aufwand
 - Verfügbarkeit der Ergebnisse ungeklärt
 - reine Erfassung von isolierten Einzeltätigkeiten
- **KONZENTRATION AUF SCHWERPUNKTE ERFORDERT**
 - Verzahnung/Ausrichtung von Aufgabenpaketen
 - Definition einer (nationalen) Aufgabenstellung
 - Einigung auf ein gemeinsames Aktionsprogramm (Integration aller verfügbaren Potentiale)

STAB-PROJEKTGRUPPE

Flügel kleiner Streckung

Phänomenologie
EULER-Lösungen
NS - Lösungen

Flügel gr. Streckung
Drehflügler
Flugkörper/Rümpfe

Flügel kleiner Streckung
Pilotprogramm

Empirische Verfahren
Potentialtheorie
Grenzschichtmodelle

Experimentelle Untersuchungen

- Definition eines Baukastenmodells
- Kraft- und Druckverteilungsmessungen
- Sichtbarmachung der Strömung
- Messung des Strömungsfeldes
- berührungsfreie Messung v. Geschw.
- Messung von Grenzschicht
- Wandschubspannung/Ablöselinien

Fachkreisl
Versuchsanlagen
Messtechnik

STAB Projektgruppe "Flügel kleiner Streckung"

Erfassungsbögen

Nr.	Institution	Bearbeiter	Thema	Klassifizierung
i1	Dornier	SCHMIDT/ JAMESON/RIZZI	Berechnung der dreidimensionalen Strömung mit Vorderkantenablösung	0.2.1.1
i2	Dornier	WEDEKIND	Windkanaluntersuchungen an einem Variationsmodell zu Flügeln kleiner Streckung	1.2.2.0
i3	Dornier	HITZEL/WAGNER	Saugkraftanalogie bei Flügeln mit Vorderkantenablösung	3.2.1.1
i4	Dornier	HITZEL/WAGNER	Berechnung der dreidimensionalen Strömung um Flügel mit Vorderkantenablösg.	3.2.1.3
i5	MBB-UF	HIRSCHEL	Ablösung dreidimensionaler Grenzschichten an Tragflügeln und Rumpfen	0.2.1.2
i6	MBB-UF	HIRSCHEL	Ablöseverhalten an endlichen Tragflügeln unterschiedlicher Pfeilung	0.2.1.4
i7	MBB-UF	CUCINELLI	Abschätzung der Seitenbewegungsderivativa ähnlicher Konfigurationen	0.2.1.0
i8	MBB-UF	STAUDACHER	Partiell und kontrolliert abgelöste Strömungen an Tragflügelvorderkanten	1.2.2.0
i9	MBB-UT	HONECKE	Spannweitiges Ausblasen	1.2.2.2/4
i10	MBB-UT	HONECKE	Steuermaßnahmen bei hohen Anstellwinkeln und bei Schiebewinkeln	1.2.2.0
F1	DFVLR-G	BIPPES/TURK	Experimente an Flügeln kleiner Streckung bei teilweise abgelöster Strömung außerhalb und innerhalb des Bodeneffektes	1.2.2.1
F2	DFVLR-B	ALTENKIRCH	Ermittlung dynamischer Derivativa an Kampfflugzeug-Konfigurationen	1.2.2.0
H1	TU Berlin	GANZER/HENKE	Interferenzverhalten von Wirbelsystemen	4.2.2.1/ 2/4
H2	TU Braunschw.	HUMMEL	Untersuchungen über die gegenseitige Beeinflussung von Flügel und Leitwerk bei abgelöster Strömung	1.2.2.1/4

Nr.	Institution	Bearbeiter	Thema	Klassifizierung
H3	TU Braunschw.	HUMMEL	Roll-Instabilität von Deltaflügeln bei großen Anstellwinkeln	1.2.2.1/
H4	TU Braunschw.	HUMMEL/N.N.	Roll-Instabilität von Flügel-Rumpf-Kombinationen bei großen Anstellwinkeln	1.2.2.0
H5	TU Braunschw.	HUMMEL/ BRENNENSTUHL	Untersuchungen an Tragflügeln mit geknickten Vorderkanten	1.2.2.2/
H6	RWTH Aachen	ARRENBRECHT/ BALLMANN/HAAG	Vorderkantenwirbel an ebenen Deltaflügeln mit gekrümmten Anströmkanten	3.2.1.3
H7	RWTH Aachen	KRAUSE	Integrationsverfahren zur Berechnung von gebundenen Wirbeln	0.2.1.1
H8	UNI Karlsruhe	BOHNING/ZIEREP	Wechselwirkung eines senkrechten Verdichterstoßes mit einer turbulenten Grenzschicht an der gekrümmten Wand	2.1.1.4
H9	UNI Stuttgart	SCHWARZ	Experimentelle Untersuchung mit vorwiegend optischen Methoden von Strömungsfeldern mit Ablösegebieten um Flugkörper, die mit Überschallgeschwindigkeit angeströmt werden	4.2.2.1/

Klassifizierung der Erfassungsbögen

1. Ziffer: Schwerpunkte

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - Niedergeschwindigkeitsbereich (Hochauftrieb)
- 2 - Transsonischer Bereich (Auslege-/ Off-design-Bereich)
- 3 - kompressibler Unterschall
- 4 - Überschallbereich

2. Ziffer: Strömungsdimension

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - 2-dimensional
- 2 - 3-dimensional

3. Ziffer: Simulation

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - theoretisch
- 2 - experimentell

4. Ziffer: Typ des Verfahrens / der Messung

- 0 - ohne Zuordnung

theoretisch

- 1 - reibungsfreies Verfahren
- 2 - Grenzschichtverfahren
- 3 - Ablösemodell
- 4 - Sim. d. Zähigkeitseffekte
(Kopplung von 1/2/3)
- 5 - Navier-Stokes-Lösung

experimentell

- Wandmessung
(Druckverteilung, Schubspannung)
- Feldmessung
(Hauptströmungsgrößen)
- Turbulenzstrukturmessung
- Sichtbarmachung

STAND DER AKTIVITÄTEN ZUM THEMENKREIS "DREHFLÜGEL"

Im Rahmen des STAB-Programmes sind unter dem Begriff Drehflügel sowohl der Flugzeugpropeller als auch der Hubschrauberrotor und - in Erweiterung des ursprünglichen Programmvorschlages - auch die Windturbine zu verstehen. Typische Parameter zur Unterscheidung der drei Drehflügeltypen enthält Tabelle 1.

Die für den Drehflügel bedeutsamen Ablösungsursachen sind in Bild 1 am Beispiel des Hubschrauberrotors dargestellt:

- am Rücklaufblatt tritt die klassische Tragflügelablösung durch Überschreitung des Maximal-Auftriebes auf. Hier handelt es sich in erster Linie um ein Problem der Profil-Aerodynamik.
- am Vorlaufblatt tritt im Blattspitzenbereich bei hohen Unterschallmachzahlen Ablösung infolge von Verdichtungsstößen auf. Wesentlich für diese Ablösungsvorgänge ist die Geometrie der Blattspitze.
- in weiten Bereichen der Rotorkreisfläche kann Ablösung durch Wirbelinduktion - vor allem vom Blattspitzenwirbel her - auftreten. Hier spielt die Wirkung des Rotors als 3D-Gebilde, also als drehender Flügel eine entscheidende Rolle.

Diese drei Ablösungserscheinungen treten in ähnlicher Form auch beim Propeller und - bis auf die Transsonik - auch bei der Windturbine auf.

Im Rahmen einer Umfrage wurde versucht, alle in der BRD derzeit laufenden bzw. für die nähere Zukunft geplanten Aktivitäten zum Themenkreis "Drehflügel" zu erfassen. Im Rahmen dieser Umfrage, bei der insgesamt 18 Institutionen (4 DFVLR-Institute, 9 Hochschulinstitute und 5 Firmen) angesprochen wurden, gingen 16 Beiträge ein. Zwölf davon betrafen allein den Hubschrauberrotor, einer den Propeller und zwei die Windturbine. Mehr als 50 % der Arbeiten beinhalten sowohl theoretische als auch experimentelle Untersuchungen, die restlichen sind zu gleichen Teilen ausschließlich theoretischer oder experimenteller Natur. Insgesamt ein Drittel der Arbeiten wird von jeweils zwei Institutionen in Kooperation durchgeführt.

Die Durchsicht der zu den anderen STAB-Themenkreisen (Flügel großer und kleiner Streckung, Rümpfe) eingegangenen Arbeiten ergab, daß einige davon auch für den Drehflügel von Bedeutung sind. Im folgenden werden alle erfaßten Arbeiten an der Themenstellung des STAB-Programmvorschlages zum Thema "Drehflügel" gespiegelt. In den beiliegenden Tabellen werden die speziell auf den Drehflügel ausgerichteten Arbeiten mit dem Symbol ●, die für den Drehflügel bedeutsamen Arbeiten aus anderen Themenkreisen mit ○ gekennzeichnet.

In Anlehnung an den STAB Programmvorschlag wurde eine Unterteilung in

- Blattprofile (2D)
- drehender Flügel (3D)
- Blattspitze

gewählt.

2. BLATTPROFILE (2D)

Entsprechend dem Programmvorschlag lassen sich die bei den Blattprofilen erforderlichen Aktivitäten in

- phänomenologische Studien
- Verbesserung der Auslegungsmethoden
- Entwicklung neuer Profile

unterteilen. Tabelle 2 zeigt neben den im einzelnen aufgeführten, notwendigen Aktivitäten die dazu bereits laufenden bzw. geplanten Untersuchungen.

Auf dem Sektor Phänomenologie fehlen solche Aktivitäten noch weitgehend, obwohl z.B. über den Einfluß der Instationarität oder die Wirkung von Zentrifugal- und Corioliskräften in der Grenzschicht noch keine ausreichende Klarheit besteht. Die derzeit einzige Untersuchung betrifft die für das Momentenverhalten maßgeblichen Einflüsse der Hinterkantengestaltung.

Fortschritte bei den Auslegungsmethoden für Drehflügelprofile können von einer Anzahl von Arbeiten erwartet werden, die allgemein die Verbesserung der Berechnungsverfahren für Profile zum Ziel haben. Für den Drehflügel von besonderem Interesse sind die Untersuchungen über instationäre Anströmzustände. Eine Arbeit befaßt sich mit der Anwendung von Auftriebshilfen (Klappen, Doppelprofile), die beim Drehflügel z.Z. noch am Anfang steht.

Mit dem Entwurf neuer Rotorprofile befassen sich zwei Arbeiten, von denen eine auch experimentelle Untersuchungen umfaßt. Keine Aktivitäten gibt es derzeit bei der Entwicklung von neuen Profilkonfigurationen für Propeller, wie Doppel- oder Überschallprofile, sowie von Hochauftriebsprofilen für Windenergieanlagen.

3. DREHFLÜGEL ALS 3D-GEBILDE

Die entsprechend dem STAB-Programmvorschlag anzustrebenden Aktivitäten auf dem Sektor "drehender Flügel (3D)" lassen sich in

- phänomenologische Studien
- Untersuchungen zu Teilproblemen (induziertes Geschwindigkeitsfeld, aeroelastische Effekte, Lärmerzeugung)
- Entwicklung neuer Drehflügelkonfigurationen

unterteilen (Tabelle 3).

Auf dem phänomenologischen Sektor ist der Kenntnisstand vor allem hinsichtlich der Interferenz zwischen Rotor und Rumpf noch unzureichend. Zu diesem Problemkreis ist eine Untersuchung am Modellrotorprüfstand der DFVLR geplant.

Bei den Teilproblemen liegt ein Schwerpunkt bei den Arbeiten, die eine verbesserte Kenntnis des induzierten Geschwindigkeitsfeldes zum Ziel haben. Obwohl bereits eine Anzahl von Rechenmodellen zur Simulation des Nachstroms vorliegt, fehlen vor allem praktisch einsetzbare und dabei gleichzeitig hinreichend genaue Rechenverfahren. Dies gilt für alle drei Drehflügeltypen. Bei den Rotoren ist zu diesem Problem eine kombinierte theoretisch/experimentelle Untersuchung geplant. Für ein spezielles Projekt (Rotor-Jet) laufen Untersuchungen zur Interferenz zwischen Rotor und Flügel. Bei der Windturbine bleibt das Problem der atmosphärisch bedingten Instationarität der Anströmung noch unerforscht; dafür gibt es eine Untersuchung zur Optimierung der mit der Nachstromausbildung eng verknüpften Blattverwindung.

Bei den aeroelastischen Effekten befassen sich die derzeit laufenden bzw. geplanten Untersuchungen zum überwiegenden Teil mit neuen Blattsteuerungskonzepten an Rotoren (höherharmonische Blattwinkelsteuerung und Klappensteuerung), bei denen der Aeroelastik wegen der geringen Torsionssteifigkeit der Blätter besondere Bedeutung zukommt. Dies gilt auch für die Untersuchungen über den Einfluß von Böen auf die Verformungen und Belastungen von Windturbinenblättern.

Der Lärmemission kommt beim Propeller und beim Hubschrauberrotor wegen der damit verbundenen Restriktionen besondere Bedeutung zu. Bei der Windturbine kann dies in Zukunft auch zutreffen. Untersuchungen dazu sind derzeit nur auf dem experimentellen Sektor (z.T. an Modellausführungen) bekannt. Sie sollen u.a. auch den Kenntnisstand auf diesem Sektor verbessern.

Die in den letzten Jahren wesentlich erweiterten Kenntnisse auf dem Gebiet der Drehflügelaerodynamik, die nicht zuletzt in einer Verminderung der Ablösungserscheinungen resultieren, kommen nun bei der Entwicklung neuer Drehflügelkonzepte zur Anwendung. Mit in die Tabelle aufgenommen wurde die Entwicklung eines - zum Zeitpunkt der Umfrage noch nicht definierten - neuen Hubschrauberrotors, dessen aerodynamisches Konzept zuerst in einer Modellversion am Rotorprüfstand der DFVLR für verschiedene Untersuchungen (z.B. höherharmonische Steuerung) eingesetzt werden soll. Bereits in Erprobung (an der D0228) ist ein neu entwickelter Propellertyp mit superkritischer Profilierung. Die Entwicklung eines Prop-Fans für zukünftige Flugzeugprojekte steht dagegen noch aus.

4. BLATTSPITZE

Hier bietet sich die Unterteilung in die Schwerpunkte

- Phänomenologie
- Teilmodelle
- integrierte Blattspitzenaerodynamik

an (Tabelle 4).

Phänomenologisch stellt die gegenseitige Beeinflussung von Blattspitze und Randwirbeln unter den spezifischen Anströmbedingungen des Drehflügels das bedeutsamste Problem dar. Es sind zwei experimentelle Untersuchungen geplant, in denen der Einfluß der Blattspitzengeometrie auf Lage und Intensität des Randwirbels untersucht werden soll.

Mit den vorhandenen Verfahren zur Berechnung der Blattspitzenumströmung können in der Regel nicht alle rotorspezifischen Anströmbedingungen (3D mit über dem Radius veränderlicher Geschwindigkeit, transsonisch, instationär) erfüllt werden. Einige - von der Rechenzeit her unakzeptable - Differenzenverfahren enthalten Ansätze zu einer integrierten Behandlung der Blattspitzenumströmung. In Entwicklung sind u.a. Teilmodelle, mit denen entweder die 3D stationäre oder die 2D instationäre (in jedem Fall transsonische) Strömung um die Blattspitze berechnet werden kann. Verbesserungen bei den Rechenmethoden für Starrflügeler können daher für diese Teilmodelle von Nutzen sein. Von der experimentellen Seite her gestützt werden die theoretischen Arbeiten durch eine Vermessung verschiedener Blattspitzenformen bei instationärer Anströmung (Anstellwinkeländerung).

Bei der integrierten Blattspitzenaerodynamik besteht ein Bedarf an umfassenden Rechenmodellen (s. oben) für Propeller wie für Rotoren, bei denen die Blattspitzenoptimierung zu unterschiedlichen Lösungen führt. Beim Hubschrauberrotor laufen derzeit Entwicklungsarbeiten zur geeigneten Überlagerung von Lösungen der vorher erwähnten Teilmodelle (3D stationär, 2D instationär). Zur Verifizierung der theoretischen Ergebnisse wären an sich experimentelle Untersuchungen mit verschiedenen Blattspitzenformen bei realistischen Anströmbedingungen erforderlich. Bei der Windturbine fehlen derzeit noch Untersuchungen an Tip Vanes, durch die der Wirkungsgrad erheblich verbessert werden könnte.

5. SCHWERPUNKTE UND LÜCKEN BEI DEN GEGENWÄRTIGEN LAUFENDEN UNTERSUCHUNGEN

Die im Programmpapier der STAB enthaltenen Vorschläge für zukünftige Untersuchungen werden durch die gegenwärtigen Aktivitäten in sehr unterschiedlichem Maß abgedeckt. Daher sollen die Schwerpunkte und noch bestehende Lücken nochmals herausgestellt werden.

5.1 Schwerpunkte

Eine deutliche Konzentration der Aktivitäten ist bei den Arbeiten an neuen Rotorprofilen zu erkennen. Einer der Gründe dafür sind die derzeit allgemein festzustellenden, verstärkten Bemühungen um Fortschritte bei der Rotor-Technologie. Die auch bisher schon schubweise verlaufende Entwicklung auf diesem Sektor erlebt z.Z. wieder einen gewissen Höhepunkt. Die Fortschritte gegenüber früheren Entwicklungen basieren in erster Linie auf der Verfügbarkeit neuer Rechenverfahren für die transsonische Profilströmung.

Ein weiterer Schwerpunkt ergibt sich bei den Arbeiten an neuen Blattsteuerungskonzepten für Rotoren, die gleichfalls auf eine derzeit verstärkten Trend nach neuen Rotorkonzepten zurückzuführen sind. Darüber hinaus lassen die zu erwartenden Erweiterungsmöglichkeiten für die Einsatzgrenzen des Hubschraubers solche Forschungsaktivitäten als aussichtsreich erscheinen.

Die zahlreichen Aktivitäten auf dem Gebiet der Blattspitzenaerodynamik sind ein Maßstab für die hierin liegenden Verbesserungsmöglichkeiten. Hierbei werden sowohl direkte (Widerstand) als auch indirekte (z.B. Lärmentwicklung) aerodynamische Verbesserungen angestrebt.

Die Aktivitäten auf dem Gebiet der Erprobung neuer Drehflügelentwicklungen zeigen, daß in der jüngsten Vergangenheit erhebliche Anstrengungen zur Verbesserung der einzelnen Drehflügeltypen unternommen wurden. Dabei kommt der experimentellen Erprobung neuer Konzepte besondere Bedeutung zu, da sich ihre Eigenschaften theoretisch z.T. nicht mit der erforderlichen Genauigkeit voraussagen lassen.

5.2 Derzeit fehlende Aktivitäten

Beim Vergleich mit dem STAB-Programmvorschlag lassen sich auch Schwerpunkte bei den noch fehlenden Aktivitäten feststellen. Besonders auffällige Lücken bestehen bei

- phänomenologischen Untersuchungen über Profileigenschaften bei drehflügel-typischen Anströmzuständen

- Entwicklung von Propeller-Profilen

Die Gründe dürften im ersteren Fall in der komplizierten Materie, im zweiten Fall in der derzeit ungünstigen Relation von Entwicklungsaufwand und Anwendungsmöglichkeiten liegen.

5.3 Ausblick

In absehbarer Zeit wird eine erneute Bestandsaufnahme der STAB-Aktivitäten erforderlich werden, bei der auch solche Aktivitäten erfaßt werden, die sich derzeit noch im Planungsstadium befinden.

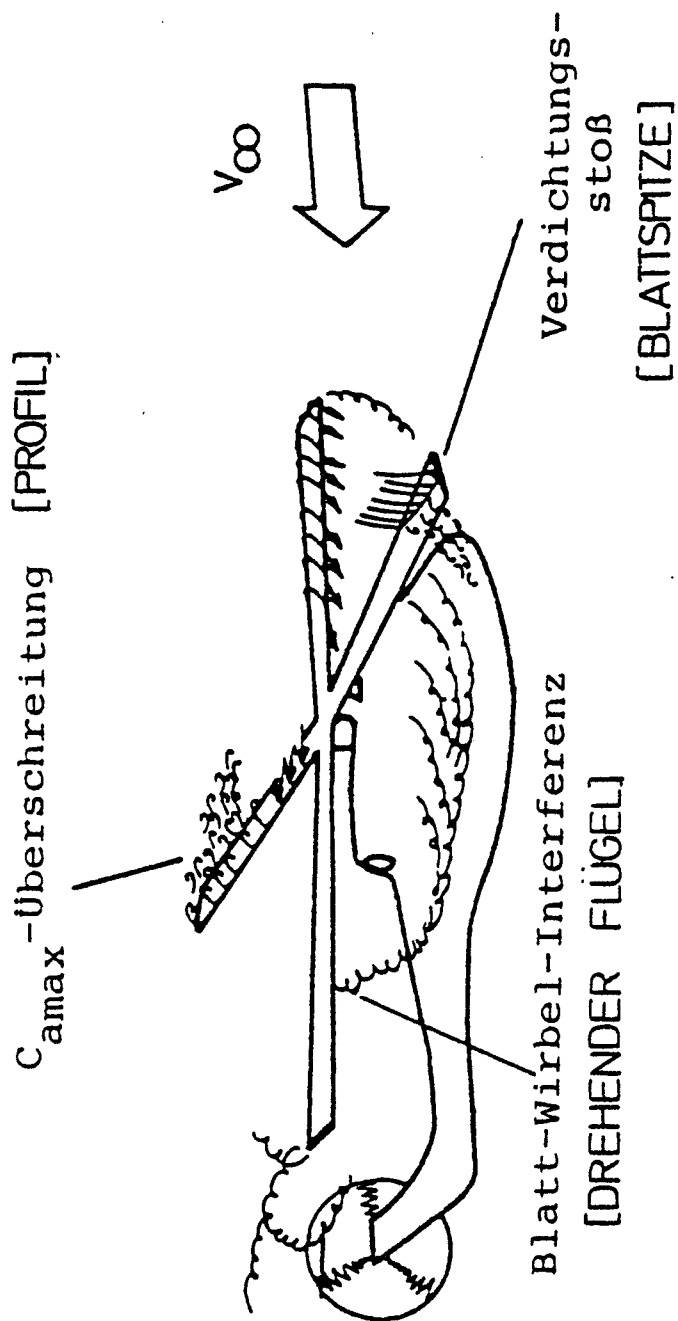


BILD 1 ERSCHENUNGSFORMEN DER STRÖMUNGSABLÖSUNG AM HUBSCHRAUBERROTOR

<u>PROPELLER</u>		<u>ROTOR</u>	<u>WINDTURBINE</u>
Anströmung	axial transsonisch stationär	axial/radial transsonisch stationär	axial/radial(*) subsonisch stationär/instationär*)
Flächenbelastung	bis 2000 N/m ²	bis 500 N/m ²	bis 70 N/m ²
Blattbelastung	bis 20000 N/m ²	bis 6000 N/m ²	bis 3000 N/m ²
Leistungsbelastung	50 ÷ 200 (300) kW/m ²	bis 15 kW/m ²	bis 0,5 kW/m ²
Blattwinkelsteuerung	kollektiv	kollektiv/zyklisch	kollektiv
Einfluß der Blatt- verformungen	gering	wesentlich	wesentlich

*) bei senkrecht stehender Drehachse

TABELLE 1 GEGENÜBERSTELLUNG PROPELLER - ROTOR - WINDTURBINE

BLATTPROFILE (2-D)

	Theorie	Experiment	
PHÄNOMENOLOGIE	- Untersuchung rototypischer instationärer Effekte - Untersuchung des Einflusses von Coriolis- und Zentrifugalkräften auf die Grenzschicht	- Untersuchungen an Profilen bei instationärer Anströmung - Untersuchung der Einflüsse der Hinterkantengestaltung	
AUSLEGUNG (METHODEN)	- transsonisch - Hochauftrieb - instationär - "druckpunktfest"	- Weiterentwicklung vorhandener Verfahren für Drehflügelprofile - Entwicklung von Verfahren für instationäre abgelöste Strömungen - Weiterentwicklung vorhandener Verfahren für Klappen- und Doppelprofile (auch instationär)	- Vermessung neuer Rotorprofile - Vermessung superkritischer Propellerprofile - Vermessung von Doppelprofilen - Vermessung von Überschallprofilen
ENTWICKLUNG NEUER PROFILE	- Entwurf neuer Rotorprofile mit vorhandenen Verfahren - Entwurf optimaler Doppelprofile - Entwurf von Überschallprofilen (Prop-Fan) - Entwicklung spezieller Hochauftriebsprofile für Windturbinen		

TABELLE 2 BLATTPROFILE

DREHENDER FLÜGEL (3-D)

	Theorie	Experiment
PHÄNOMENOLOGIE	- Erforschung der Rotor-Rumpf-Interferenz - Untersuchung des Einflusses der Schräganströmung	- Nachlaufuntersuchungen am Modellrotorversuchsstand
TEILPROBLEME		
- induziertes Geschwindigkeitsfeld	- Weiterentwicklung vorhandener Nachstrommodelle für Rotoren - Weiterentwicklung vorhandener Verfahren für konventionelle Propeller - Interferenz Rotor-Flügel - Berechnung der Leistungscharakteristik von Windturbinen bei vollturbulenter Durchströmung	- Vermessung des Abwindfeldes - Untersuchungen zur optimalen Verwindung von Windturbinenblättern
- aeroelastische Effekte	- Untersuchung von Rotoren mit höherharmonischer Steuerung - Untersuchung von Rotoren mit Klappensteuerung	- Erprobung der höherharmonischen Steuerung - Untersuchungen über den Einfluß von Böen bei Windturbinen
- Lärm	- Untersuchungen über konzeptionelle und operationelle Einflüsse auf die Lärmerzeugung	- Lärmmessungen an Propellern - Lärmmessungen an Rotoren
ENTWICKLUNG NEUER DREHFLÜGEL	- Entwurf eines Hubschrauberrotors - Entwurf eines Prop-fans	- Erprobung eines neuen Hubschrauberrotors - Vermessung von Propellern mit superkritischen Profilen - Vermessung eines Prop-fans

TABELLE 3 DREHFLÜGEL ALS 3D-GEBILDE

Schwerpunkte gegenwärtiger Untersuchungen	
<u>Schwerpunkt</u> - Entwicklung neuer Rotor-Profile (theoretisch und experimentell) - Entwicklung neuer Blattsteuerungskonzepte - Untersuchungen an Blattspitzen - Erprobung neuer Drehflügelentwicklungen	<u>Grund</u> - Bedarf an fortschrittlichen Rotorprofilen; neu entwickelte transsonische Rechenverfahren verfügbar - Erweiterung der Einsatzgrenzen, Nutzung aeroelastischer Effekte - Verbesserungsmöglichkeiten (Leistung, Lärm, Vibrationen) - Steigerung der Leistungsfähigkeit, Erweiterung des Einsatzbereiches
derzeit fehlende Aktivitäten	
- Phänomenologische Untersuchungen an Profilen - Entwicklung von Propellerprofilen	

TABELLE 5 SCHWERPUNKTE/FEHLENDE AKTIVITÄTEN

U. DALLMANN

DFVLR - Institut für Theoretische Strömungsmechanik, Göttingen

AG STAB / PROJEKTGRUPPE FLUGKÖRPER - RÜMPFE

Zur Podiumsdiskussion auf dem DGLR - Symposium über

"Strömungen mit Ablösung"

in Stuttgart, 23. - 24.11.1981 wurde nachfolgende Zusammenstellung
aller Aktivitäten auf dem Gebiet Flugkörper und Rumpfe vorgenommen.

Dem Themenkatalog erforderlicher Arbeiten wurden die 1981
genannten Aktivitäten gegenübergestellt.

Themenkreis "Flugkörper/Rümpfe"

BILANZ DER ERHEBUNGSAKTION

Zum Themenkreis "Flugkörper/Rümpfe" gingen insgesamt 53 Fragebögen ein (21 aus der DFVLR, 15 aus der Industrie, 17 von den Hochschulen).

Die laufenden Aktivitäten lassen sich folgendermaßen gliedern:

Beiträge zur Klärung der Phänomene und Entwicklung von Ablösemodellen:

1 - Querströmungsablösung/Leeseitenwirbel	16 Arbeiten
2 - Längsströmungsablösung/Nachlauf	14 Arbeiten
3 - Treibstrahlinterferenz/Basisdruck	5 Arbeiten
4 - Stoss-Grenzschicht-Wechselwirkung	1 Arbeit
5 - Wirbeldynamik/Wirbelstruktur	7 Arbeiten
6 - Hydrodynamische Stabilität/Wirbelauflagen/Laminar-turbulenter Übergang zw. symmetrischer-asymmetrischer-stationärer-instationärer Ablösung	3 Arbeiten
7 - Turbulenzstruktur/Turbulenzmodelle	7 Arbeiten
8 - Schallerzeugung durch Ablösung	3 Arbeiten
9 - Ablösung in instationären Strömungen	2 Arbeiten
10 - Ablösung in schleichenden Strömungen	1 Arbeit
0 - ohne Zuordnung	15 Arbeiten

Der Anteil von etwa 60 % experimentellen Aktivitäten wird von etwa 40 % theoretisch ausgerichteten Arbeiten begleitet, welche sich aufteilen in Lösungen der

Navier-Stokes-Gleichungen	4 Arbeiten
Grenzschicht-Gleichungen	7 Arbeiten
Reynolds-Gleichungen	1 Arbeit
Euler-Gleichung	keine
Potentialgleichung	5 Arbeiten
Empirische Berechnungsverfahren	6 Arbeiten

A G - S T A B		F L U G K Ö R P E R / R Ü M P F E		E R F O R D E R L I C H E A R B E I T E N	
T H E O R E T I S C H E A R B E I T E N ANWENDUNGSBEREICH DREHFLÜGLER		E X P E R I M E N T E L L E A R B E I T E N ANWENDUNGSBEREICH DREHFLÜGLER			
* BERÜCKSICHTIGUNG DER NACHLAUFAUSBREITUNG GESCHWINDIGKEITS-, DRUCK- UND ZIRKULATIONS- VERTEILUNG		* ANALYSE UND SIMULATION DER TOTWASSERABLÖSUNG			
		* BESTIMMUNG DER ABLÖSELINIEN			
* EINSATZ VON 3D-GRENZSCHICHTVERFAHREN		* DRUCKFELDMESSUNGEN			
* SIMULTANE ERFASSUNG VON TOTWASSER- UND LÄNGSWIRBELABLÖSUNG		* STRÖMUNGSRICHTUNG UND ZIRKULATIONSVERTEILUNG IM NACHLAUF			
* KRAFT- UND MOMENTENBEIWERTE		* KRÄFTE UND MOMENTE			
T H E O R E T I S C H E A R B E I T E N ANWENDUNGSBEREICH STRASSEN- UND SCHIENENFAHRZEUGE		E X P E R I M E N T E L L E A R B E I T E N ANWENDUNGSBEREICH STRASSEN- UND SCHIENENFAHRZEUGE			
* KOPPLUNG DES NACHLAUFMODELLS MIT 3D-GRENZSCHICHTVERFAHREN UND 3D-PANELVERFAHREN MIT AUTOMATISCHER PANELGENERIERUNG		* KRAFT- UND DRUCKVERTEILUNGSMESSUNGEN			
		* STRÖMUNGSSICHTBARMACHUNG			
* LÖSUNG DER NAVIER-STOKES-GLEICHUNGEN		* STRÖMUNGSFELDMESSUNGEN AM FAHRZEUG, IM NACHLAUF, NAH- UND FERNFELDUNTERSUCHUNGEN			
		* STRÖMUNGSVERHÄLTNISSE UNTER DEM FAHRZEUG			
		* EINSATZ BERÜHRUNGSFREIER MESSMETHODEN			

AG - STAB

FLUGKÖRPER /

RÜMPFE

ERFORDERLICHE ARBEITEN

THEORETISCHE ARBEITEN
ANWENDUNGSBEREICH FLUGZEUGE/FLUGKÖRPER

- * VERBESSERTE EMPIRISCHE ERMITTLUNG DES HECKWIDERSTANDS
- * MODELLIERUNG DER TOTWASSERGEBIETE

- * KOPPLUNG VERBESSERTER 3D-GRENZSCHICHT-VERFAHREN MIT WEITERENTWICKELTEN POTENTIALTHEORETISCHEN ANSÄTZEN - EINSCHLIESSLICH TOTWASSERSIMULATION TREIBSTRAHLEINFLUSS
- * BERECHNUNG DER ABLÖSELINIEN UND DES ÜBERGANGS LAMINAR - TURBULENT

- * VERBESSERTE EMPIRISCHE VORHERSAGE DER AERODYNAMISCHEN GESAMTBEIWERTE
- * RUMPF-FLÜGEL-LEITWERK-STRAHLINTERFERENZPROBLEME

- * VERBESSERUNG DER TURBULENZMODELLE

- * LÖSUNG DER NAVIER-STOKES-GLEICHUNGEN

EXPERIMENTELLE ARBEITEN
ANWENDUNGSBEREICH FLUGZEUGE/FLUGKÖRPER

- * WIDERSTANDSVERTEILUNG
- * DRUCKVERTEILUNG
- * WANDSCHUBSPANNUNGSVERTEILUNG
- * AUSDEHNUNG DES TOTWASSERS

- * LAMINAR - TURBULENTER ÜBERGANG IN 3D-GRENZSCHICHTEN -

- * TOPOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN VON 3D-ABLÖSUNGEN
- * STRÖMUNGSSICHTBARMACHUNG

- * KRÄFTE UND MOMENTE AN PRINZIPIELLEN FLUGKÖRPER - RUMPFFORMEN
- * INSTATIONÄRE DRUCKVERTEILUNG HINSICHTLICH HECK-BUFFETING
- * INTERFERENZEN
- * REYNOLDSZAHL- UND MACHZAHLABHÄNGIGKEITEN

- * ERMITTLUNG DES REYNOLDS'SCHEN SPANNUNGSTENSORS
- * TURBULENZSTRUKTUR IM NACHLAUF
- * EINSATZ BERÜHRUNGSFREIER MESSMETHODEN

THEORIE

NAVIER-STOKES-GLEICHUNGEN

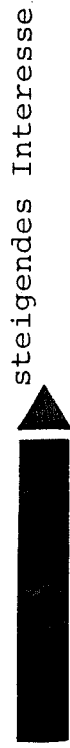
GRENZSCHICHT-GLEICHUNGEN

REYNOLDS-GLEICHUNGEN

EULER-GLEICHUNGEN

POTENTIAL-GLEICHUNG

EMPIRISCHE BERECHNUNGSVERFAHREN



steigendes Interesse

EXPERIMENT

KRAFT- UND MOMENTENBEIWERTE

DRUCKVERTEILUNG

WANDSCHUBSPANNUNGSVERTEILUNG

GESCHWINDIGKEITSVERTEILUNG

STRÖMUNGSSICHTBARMACHUNG

WÄRMEÜBERGANGSMESSUNGEN

VERSUCHSANLAGEN



BEITRÄGE ZUR ENTWICKLUNG PHYSIKALISCHER ABLÖSEMODELLE

QUERSTRÖMUNGSABLÖSUNG / LEESEITENWIRBEL

LÄNGSSTRÖMUNGSABLÖSUNG / NACHLAUF

TREIBSTRAHLINTERFERENZ / BASISDRUCK

STOSS-GRENZSCHICHT-WECHSELWIRKUNG

WIRBELDYNAMIK / WIRBELSTRUKTUR

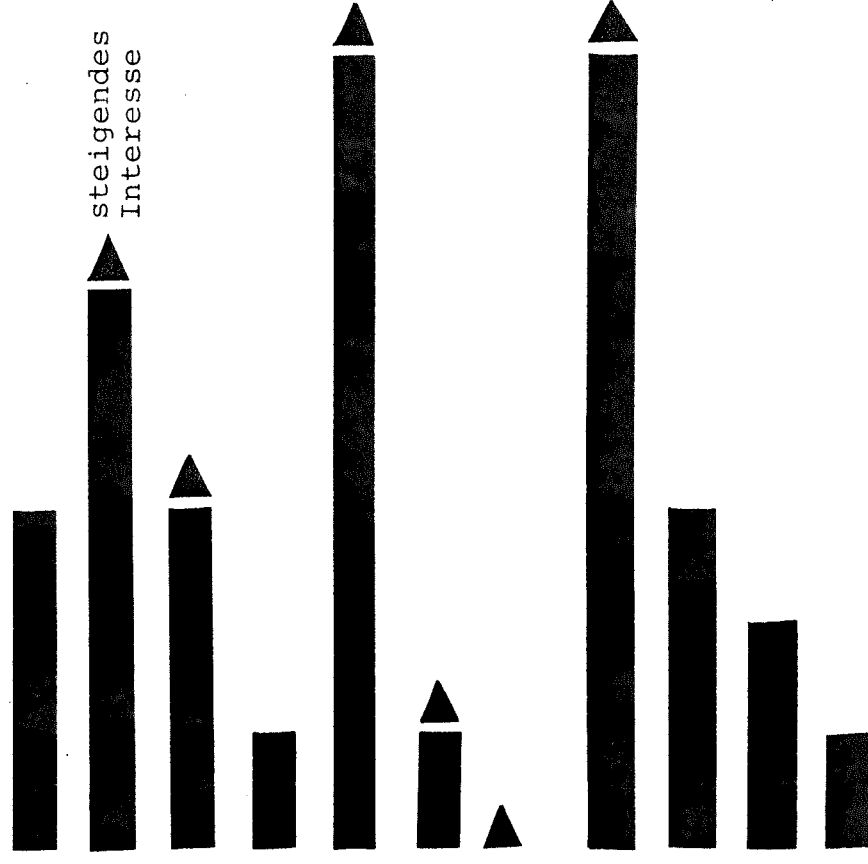
HYDRODYNAMISCHE STABILITÄT / WIRBELAUFLÄTZEN /
 LAMINAR - TURBULENTER ÜBERGANG / ÜBERGANG ZW.
 SYMMETRISCHER - ASYMMETRISCHER - STATIONÄRER -
 INSTATIONÄRER ABLÖSUNG

TURBULENZSTRUKTUR / TURBULENZMODELLE

SCHALLERZEUGUNG DURCH ABLÖSUNG

ABLÖSUNG IN INSTATIONÄREN STRÖMUNGEN

ABLÖSUNG IN SCHLEICHENDEN STRÖMUNGEN



STAB - Themenkreis "Flugkörper/Rümpfe"

KLASSIFIZIERUNG DER ERFASSUNGSBÖGEN

1. Ziffer: Anwendungsbereich

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - Flugzeuge und Flugkörper
- 2 - Drehflügler
- 3 - Straßenfahrzeuge
- 4 - Schienenfahrzeuge
- 5 - Schiffsrümpfe

2. Ziffer: Phänomene

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - Querströmungsablösung/Leeseitenwirbel
- 2 - Längsströmungsablösung/Nachlauf
- 3 - Treibstrahlinterferenz/Basisdruck
- 4 - Stoss-Grenzschicht-Wechselwirkung
- 5 - Wirbeldynamik/Wirbelstruktur
- 6 - Hydrodynamische Stabilität/Wirbelplatzen/
Laminar-turbulenter Übergang/Übergang zw.
symmetrischer-asymmetrischer-stationärer-
instationärer Ablösung
- 7 - Turbulenzstruktur/Turbulenzmodelle
- 8 - Schallerzeugung durch Ablösung
- 9 - Ablösung in instationären Strömungen
- 10 - Ablösung in schleichenden Strömungen

3. Ziffer: Simulation

- 0 - ohne Zuordnung
- 1 - theoretisch
- 2 - experimentell

4. Ziffer: Typ des Verfahrens/der Messung

theoretisch: 0 - ohne Zuordnung

- 1 - Navier-Stokes-Gleichungen
- 2 - Grenzschicht-Gleichungen
- 3 - Reynolds-Gleichungen
- 4 - Euler-Gleichung
- 5 - Potentialgleichung
- 6 - Empirische Berechnungsverfahren

experimentell: 0 - ohne Zuordnung

- 1 - Kraft- und Momentenbeiwerte
- 2 - Druckverteilung
- 3 - Wandschubspannungsverteilung
- 4 - Geschwindigkeitsverteilung (Laser-Doppler-Anem.,
Hitzdrahtsonden etc.)
- 5 - Strömungssichtbarmachung
- 6 - Wärmeübergangsmessungen
- 7 - Versuchsanlagen

STAB - Themenkreis "Flugkörper/Rümpfe

ERFASSUNGSBÖGEN

Nr.	Institution	Bearbeiter	Thema	Klassifiz.
1	DFVLR	Tanner	Theorien des Basis- und Heckwiderstandes von angestellten Flugkörpern, mit und ohne Einfluß eines Treibstrahls	1.3.2.2.
2	DFVLR	Koppenwallner	Treibstrahlexpansion und Interferenz mit Heckströmung	1.3/4.2.2/5
3	DFVLR	Hartmann Schneider	Rumpf-Flügel-Leitwerkskombinationen bei hohen Anstellwinkeln	1.3.2.1/2/5
4	DFVLR	Rammenzweig Chun	Treibstrahlanlage	1.0.2.7.
5	DFVLR	Schöler	Interferenz-Erwärmung durch Wirbelbildung	1.0.2.2/5/6
6	DFVLR	Esch	Kräfte an einem schlanken Ruder bei verschiedenen Rumpfquerschnitten	1.0.2.1/2.
7	DFVLR	Esch	Normalkraft und Kippmoment schlanker Flügel für Flugkörper	1.0.2.1.
8	DFVLR	Emunds	Treibstrahlexpansion und Interferenz auf aerodynamische Kräfte	1.0.2.1.
9	DFVLR	Riedel	Interferenzwiderstand von rumpfintegrierten Triebwerken	1.0.2.0.
10	DFVLR	Meier Kreplin Vollmers	Experimentelle Untersuchungen am Prinziprumpf (mit Stielaufhängung)	1.1/6/7.2. 2/3/4/5.
11	DFVLR	Meier Kreplin Bippes	Experimentelle Untersuchungen der Ablösephänomene an Prinziprümpfen (Flugkörper) unter besonderer Berücksichtigung der leeseitigen Wirbelströmung und Heckströmung	1.1/2.2.4/5
12	DFVLR	Schneider	Berechnung der Grenzschichtströmung an einem angestellten Rotationsellipsoid	1.1.1.2.

Nr.	Institution	Bearbeiter	Thema	Klassifiz.
13	DFVLR	Ahmed Steinheuer Amtsberg	Modellierung und Berechnung des Strömungsfeldes um drei- dimensionale Körper (Fahrzeug, Hubschrauberrümpfe)	2/3.2.1.5. 2/3.2.2.2/
14	DFVLR	Gentzsch	Überschallströmungen um rota- tionssymmetrische Körper	1.1.1.1.
15	DFVLR	Lehmann Mante	Momentante Strukturen oder Ge- schwindigkeitsfelder hochtur- bulenter Strömungen	1.7.2.4/5/
16	MBB-UA	Nikolitsch	Flügel und Rumpf beliebiger Querschnittsform bei hohen An- stellwinkeln im Unterschall	1.1.1.5/6.
17	MBB-UA	Hennig	Instationäre Nickmomentenbei- werte bei Überschallanströmung	1.1.1.0. 1.1.2.1.
18	MBB-UA	Hennig Gregoriou	Interferenzfaktoren Rumpf und Leitwerk unter Berücksichti- gung des Totwassergebietes	1.1/2.1.5/6
19	MBB-UT	Kiecke- busch	Berechnung von Flügel-Rumpf Konfigurationen	1.0.1.5.
20	Dornier	Stock	Integralmethode zur Berechnung von 3-D laminaren, kompressiblen adiabaten Grenzschichten	1.0.1.2.
21	Dornier	Stock Seibert	Methode zur Berechnung der me- trischen Koeffizienten der Geo- metrie für 3-D Konfigurationen	0.0.1.0.
22	Dornier	Stock	Integralmethode zur Berechnung von 3-D turbulenten, kompres- siblen, adiabaten Grenzschich- ten	1.1/2.1.2.
23	Dornier	Wagner	Berechnung der Treibstrahlin- terferenz mit halbempirischen Komponentenmodellen	1.3.1.6.
24	Dornier	Lehra	Flugkörper mit günstigem Momen- tenverhalten	1.1/2.1.6. 1.1/2.2.1.
25	Dornier	Jacob Hitzel Muylaert	Wirbelinterferenzuntersuchun- gen an Flugkörpern Phase I, II	1.5.1.6. 1.5.2.1.
26	Dornier	Haase	Lösung der Navier Stokes Glei- chungen	1.1/2.1.1.
27	Dornier	Schmidt Seibert	Lösung der Navier Stokes Glei- chungen	1.2.1.1.
28	Dornier	Stock	Inverse Integralmethode zur Be- rechnung von abgelösten axial- symmetrischen turbulenten Grenz- schichten an axialsymmetrischen Rümpfen	1.1.1.2.

Nr.	Institution	Bearbeiter	Thema	Klassifiz.
29	TU Braun- schweig	Hummel	Experimentelle Untersuchungen an Prinzipmodellen von Kraft- fahrzeugen	3.2.2.1.
30	TU Braun- schweig	Hummel	Aerodynamik schlanker Flugkör- per (Nichtlinearitäten, Wir- belbildung)	1.1.1.5. 1.1.2.0.
31	Uni Hamburg	Wieghardt Kux	Messung des Geschwindigkeits- feldes in der Ablösezone und im Nachstrom eines Schiffsdop- pelmodells im Windkanal	5.5.2.4.
32	TH Darmst.	Weinert	Totwasserstrukturen	0.0.2.4.
33	TU Berlin	Fernholz Vagt Dengel	Experimentelle Untersuchung dreidimensionaler turbulenter Wandgrenzschichten	0.7.2.4.
34	TU Berlin	Dengel Vagt	Untersuchung der Turbulenz- struktur einer inkompressiblen rotationssymmetrischen Grenz- schicht in der Nähe der Ablö- sung	0.7.2.4.
35	Uni Han.	Bardowicks	Abgelöste Strömung an und unter Schienenfahrzeugen	0/3/4.0.2.0
36	Uni Göttin- gen	Schneider	Bildung und Umbildung von Ein- zelringwirbeln und von Ringwir- beln in Freistrahlen	0.5/8.2.0.
37	Uni Karls- ruhe	Schönauer	Selbststeuernde Differenzenver- fahren für die laminare 3-D Grenzschicht bei punktweise ge- gebener Konfiguration	1.0.1.2.
38	Uni Karls- ruhe	Durst	Turbulente, stationäre und instationäre Strömungen über Stufen, Experimente und Theorie	0.7/9.1.1/3 0.7/9.2.4.
39	Ruhr-Uni Bochum	Merzkirch	Strömungsablösung bei kleinen Reynolds-Zahlen	0.10.2.4/5.
40	Max-Planck- Inst. Gö.	Eckelmann Gerich	Nachlauf hinter Zylindern mit Endscheiben oder freien Enden	0.2/5.2.0.
41	Max-Planck- Inst. Gö.	Meier Grabitz	Instationäre transsonische Strömungen mit Ablösung	0.9.2.0.
42	Max-Planck- Inst. Gö.	Auerbach	Zwei- und dreidimensionale Ei- genschaften von Wirbelbildun- gen an scharfen Kanten im Wasser	0.5.1.0.
43	DFVLR	Dallmann	Instabilitäten im Staubereich, in der Grenzschicht und im Ab- lösebereich	0.6.1.0.

Nr.	Institution	Bearbeiter	Thema	Klassifiz.
44	DFVLR	Berger Michalke Pfizen- maier	Vergleich der Eigenschaften großräumig-kohärenter Struktu- ren im Nachlauf feststehender und schwingungserregter axial- symmetrischer und stumpfer Kör- per	0.2/5/6.1.0 0.2/5/6.2.0
45	DFVLR	Pfizen- maier Michalke Michel	Untersuchung der turbulenten Wanddruckschwankungen in einem Rohr hinter einer plötzlichen Querschnittserweiterung	0.7/8.2.0.
46	Uni Berlin	Fiedler Dziomba Korschelt Mensing	Ebene Scherschichten und tur- bulente Freistrahlen ohne und mit periodischer Anregung	0.7.2.0.
47	Uni Stutt- gart	Speth	Strömungsuntersuchungen an Flüs- seln und stumpf abgeschnittenen Körpern kleiner Streckung im Wasserkanal	1.0.2.0.
48	DFVLR	Dobrzynski Gelhar	Kfz-Innenlärm als Folge äuße- rer Umströmung	3.8.2.0.
49	DFVLR	Bütefisch	3-D Laser-Doppler-Anemometer für Messungen in Wandnähe und großen Arbeitsabständen	0.0.2.4.
50	DFVLR	Bütefisch	Sichtbarmachung 3-d insta- tionärer Strömungsfelder	0.0.2.4.
51	MBB- UFE	Hirschel	Ablöseverhalten am Heck des Airbus	1.1/2.1.2.
52	MBB-UF	Bretthauer	Ablösung an Kraftfahrzeugen	3.1/2.1.2/5
53	Uni Karls- ruhe	van Raay	Einfluß des Totwasserdruckes bei der transsonischen Umströ- mung von Keilen	0.3.1.5.