

Jürgen K. Bock

Berthold Knauer

# LEICHTER ALS LUFT

Transport- und Trägersysteme

BALLONE

LUFTSCHIFFE

PLATTFORMEN

 Verlag  
Frankenschwelle KG

Hildburghausen  
2003

---

## KAPITEL 1

1.	Allgemeine Grundlagen zu Transport- und Trägersystemen leichter als Luft	19
1.1	Einführung	19
1.2	Anwendungsbereiche	20
1.2.1	Übersicht	20
1.2.2	Bisherige Anwendungen	20
1.2.2.1	Standortgebundene Anwendungen	
1.2.2.2	Standort unabhängige Anwendungen	
1.2.3	Künftige Anwendungspotentiale	25
1.3	Kategorisierung nach Funktionen, Bauweisen und Baugrößen	27
1.3.1	Standortgebundene antriebslose Systeme	27
1.3.2	Standortgebundene angetriebene Systeme	28
1.3.3	Standort unabhängige antriebslose Systeme	29
1.3.4	Standort unabhängige angetriebene Systeme	30
1.3.4.1	Pralle Luftschiffe	
1.3.4.2	Halbstarre Luftschiffe	
1.3.4.3	Starre Luftschiffe	
1.3.5	Unkonventionelle Luftschiffkonfigurationen	34
1.3.5.1	Sphärische Luftschiffe	
1.3.5.2	Dynamische Luftschiffe	
1.3.6	Heißluft-Luftschiffe	35
1.3.6.1	Entwicklungsweg	
1.3.6.2	Zwei Bauprinzipien	
1.3.6.3	Versuch einer Gegenüberstellung: Heißluft-Luftschiff/Gas-Luftschiff	
1.3.6.4	Verwendungsprofil Luftsport und Werbung	
1.3.6.5	Verwendungsprofil Umweltbeobachtung	
1.3.7	Zusammenfassung	40
1.4	Zulassung	44
1.4.1	Voraussetzungen	47
1.4.1.1	Musterzulassung	
1.4.1.2	Entwicklungsbetrieb	
1.4.1.3	Herstellungsbetrieb	
1.4.1.4	Luftfahrtunternehmen	
1.4.1.5	Instandhaltungsbetrieb	
1.4.1.6	Zusammenfassung	
1.4.2	Kosten	55
1.4.3	Ausblick	55

## KAPITEL 2

2.	Physikalische Grundlagen	57
2.1	Aerostatik der Ballone und Luftschiffe	57
2.1.1	Traggase	57
2.1.2	Wasserstoff-Sicherheitstechnik	57
2.1.3	Liefermethoden/Verfügbarkeit von Helium	58
2.1.4	Gasreinigung	58
2.1.5	Stratifikation	58
2.1.6	Statischer Auftrieb	59
2.1.6.1	Sonderfall: thermodynamisches Gleichgewicht zwischen Gas und Luft	
2.1.6.2	Druckeinfluss	
2.1.6.3	Temperatureinfluss	
2.1.6.4	Gaseinfluss, Gasreinheit	
2.1.6.5	Prallhöhe	
2.1.6.6	Gasüberhitzung	
2.1.6.7	Luftfeuchtigkeit	
2.1.6.8	Feuchte Luft	
2.1.6.9	Feuchtes Gas	
2.1.6.10	Adiabater Auf- und Abstieg	
2.2	Stationäre und instationäre Aerodynamik	64
2.2.1	Einleitung	64
2.2.2	Aerodynamische Kräfte und Momente	65
2.2.3	Stationäre Aerodynamik	67
2.2.4	Instationäre Aerodynamik	75
2.2.5	Stabilität und Steuerbarkeit	79
2.3	Physikalische Grundlagen für den praktischen Betrieb von Aerostaten	86
2.3.1	Vorbemerkung	86
2.3.2	Allgemeine Berechnungsgrundlagen	86
2.3.3	Änderung der Dichte von Luft und Traggas mit zunehmender Höhe	87
2.3.4	Auslegung der Aerostaten-Hüllengröße	87
2.3.5	Gasballone	88
2.3.5.1	Prallhöhe	
2.3.5.2	Start mit praller Hülle	
2.3.5.3	Start mit unpraller Hülle	
2.3.6	Unpraller Betrieb	90
2.3.7	Einteilung stratosphärischer Ballone	90
2.3.7.1	Zero Pressure Balloon (ZPB)	
2.3.7.2	Natural Shape Balloon (NSB)	
2.3.7.3	Super Pressure Balloon (SPB)	
2.3.8	Tragkraftzuwachs durch Temperaturerhöhung des Traggases	91
2.3.9	Heißluftballon (HLB)-Heißluftschiffe (HLLS)	91
2.4	Theoretische und experimentelle Untersuchungsverfahren in der Luftschiffaerodynamik	92
2.4.1	Einleitung	92
2.4.2	Experimentelle Untersuchungsmethoden	93
2.4.2.1	Windkanalmethode	

2.4.2.2	Versuchsanlagen	
2.4.2.3	Verfahren zur Sichtbarmachung der Strömung	
2.4.2.4	Verfahren zur quantitativen Strömungsmessung	
2.4.3	Berechnungsmodelle	95
2.4.3.1	CFD-Verfahren zur Lösung der NAVIER-STOKES-Gleichung	
2.4.3.2	Panel-Verfahren	
2.4.3.3	Grenzschichtverfahren	
2.4.3.4	Halbempirische Methode von Jones & DeLaurier	
2.4.3.5	Angewendete Berechnungsprogramme	
2.4.4	Aerodynamische Messungen und Berechnungen am Beispiel des Luftschiffes „Lotte“	98
2.4.4.1	Reiner Rumpf bei axialer Anströmung	
2.4.4.2	Angestellter reiner Rumpf	
2.4.4.3	Rumpf-Leitwerk-Kombination	
2.5	Flugmechanik	104
2.5.1	Manövriersysteme	105
2.5.2	Bewegungsgleichungen	107

## KAPITEL 3

3.	Projektierung von Luftschiffen und Ballonen	113
3.1	Markt- und Bedarfsorientierung	113
3.1.1	Stellung des Luftschiffes zu anderen Transportsystemen	113
3.1.1.1	Wirtschaftlichkeitsindikatoren	
3.1.1.2	Vergleich mit anderen Transport- und Trägersystemen	
3.1.1.3	Vergleich von luftgetragenen Trägersystemen	
3.1.2	Parametrische Untersuchungen	115
3.1.2.1	Referenzkonfigurationen	
3.1.2.2	Kostenmodelle	
3.1.3	Betriebskosten und Wirtschaftlichkeit	117
3.1.3.1	Fallstudie 1: Luftschiff-Lastentransporter	
3.1.3.2	Fallstudie 2: Forschungsluftschiff	
3.1.3.3	Fallstudie 3: Kreuzfahrt-Touristik	
3.2	Analyse der Systemanforderungen und Prioritäten	121
3.2.1	Einleitung	121
3.2.2	Analyse der Systemanforderungen	121
3.2.2.1	Szenario und Erfassung der Systemanforderungen	
3.2.2.2	Modellselektionen	
3.2.2.3	Systemanalyse der möglichen Kandidaten	
3.2.3	Entwicklung einer Leitkonfiguration	122
3.2.3.1	Definition	
3.2.3.2	Methoden zur Entwicklung einer Leitkonfiguration	
3.2.3.3	Dokumentation zur Leitkonfiguration	
3.3	Lösung des Existenzproblems für definierte Flugeigenschaften	124

## KAPITEL 4

4.	Konstruktionsunterlagen	131
4.1	Systematischer Ablauf	131
4.1.1	Aufgabenbereiche	131
4.1.2	Leichtbau als Hauptforderung	131
4.1.3	Einordnung der Konstruktionswissenschaft	132
4.1.4	Abläufe im Konstruktionsprozess	132
4.1.5	Entwurfsmethodik	136
4.1.6	Gestaltungs- und Fertigstellungsphase	137
4.1.7	Entwurf als iterativer Prozess	139
4.1.8	Verknüpfung der einzelnen Fachdisziplinen	139
4.1.9	Metrik im Entwicklungsprozess	141
4.2	Tragstrukturen für den Hüll- und Stützbereich	143
4.2.1	Begriffsbestimmung	143
4.2.2	Strukturbetrachtungen	145
4.2.2.1	Luftschiffrümpfe als Fallbeispiel	
4.2.2.2	Unstarre Bauweise (Blimp)	
4.2.2.3	Gerüstbauweise (starre Luftschiffe)	
4.2.2.4	Kielbauweise	
4.2.2.5	Kombinationslösungen	
4.2.3	Verbundleichtbau	150
4.2.3.1	Werkstoffkomponenten	
4.2.3.2	Elastizitätsverhalten der Faserverbunde	
4.2.3.3	Festigkeit der Faserverbundwerkstoffe	
4.2.3.4	Herstellung von Faserverbundstrukturen	
4.2.3.5	Bewertung als „Wirtschaftlicher Leichtbau“	
4.2.4	Metallleichtbauweise	168
4.2.4.1	Werkstoffe	
4.2.4.2	Werkstoffauswahl	
4.2.4.3	Metalle in starren Tragwerkstrukturen	
4.2.4.4	Metallgerüst mit Quer- und Längsträgern	
4.2.4.5	Tragkörper als Flächenstruktur aus Metall	
4.3	Hüllen- und Ballonauslegung	176
4.3.1	Materialuntersuchungen für Ballone	176
4.3.1.1	Heißluftballon-Materialien	
4.3.1.2	Untersuchungen von Gasballonmaterialien	
4.3.1.3	Gasdurchlässigkeit/Luftdurchlässigkeit/Porosität	
4.3.1.4	Experimentelle Temperaturvermessung beim HLB im Gasraum und auf der Hülle	
4.3.1.5	Infrarotuntersuchung an Ballonhüllen	
4.3.2	Materialien für Luftschiffhüllen	187
4.3.3	Testreihen mit gefesselten Ballonen und Flugeinheiten	190
4.3.4	Auslegung von Heißluft-Luftschiffen	193

4.3.4.1	Entwicklungsziele	
4.3.4.2	Vorgaben und Lösungsweg	
4.3.4.3	Kenndaten	
4.3.4.4	Möglichkeiten und Grenzen der Weiterentwicklung	
4.3.5	Hüllenstrukturen aus Metall	196
4.3.5.1	Ganzmetallluftschiffe	
4.3.5.2	Bauweise des ZMC-2	
4.3.5.3	Vorteile der Ganzmetallbauweise	
4.4	Auslegung von Baugruppen und -elementen	202
4.4.1	LTA-Architektur	202
4.4.2	LTA-Konstruktion	203
4.4.3	Tragende Hauptstruktur	208
4.4.4	Bugkappe	210
4.4.5	Cockpit/Gondel/Kabine/Korb	212
4.4.6	Leitwerk	215
4.4.7	Antriebsaggregate und ergänzende Baugruppen	218
4.4.8	Optimierung der Konstruktion	221
4.4.8.1	Problemstellung	
4.4.8.2	Zone des gegenseitigen Kräftewirkens	
4.4.8.3	Ausdehnung der Zone des gegenseitigen Kräftewirkens	
4.4.8.4	Bestimmung des Steifigkeitsparameters des Kraftübertragungselementes	
4.4.9	Nachweise und Sicherheitsanalyse	224
4.5	Antriebe	226
4.5.1	Anforderungen an Luftschiffantriebe	226
4.5.2	Leistungsberechnung und Antriebskonfiguration	226
4.5.2.1	Interferenz des Systems Antrieb zur Hülle und Gesamtkonfiguration	
4.5.2.2	Methoden zur Abschätzung des Luftwiderstandes	
4.5.2.3	Ausgeführte Optimierungen am klassischen Zeppelin	
4.5.2.4	Zusammenfassung	
4.5.3	Ausgeführte Antriebe	233
4.5.4	Künftige Antriebskonzepte	234
4.6	Manöviereinrichtungen	235
4.6.1	Definition und Abgrenzungen	235
4.6.2	Einflussgrößen	236
4.6.3	Das Tragsystem	238
4.6.4	Vortrieb und andere aktive Manövrierorgane	243
4.6.4.1	Vortriebsbemessung	
4.6.4.2	Betriebsverhalten von freien und Düsen-Propellern	
4.6.4.3	Schwenkbare Propeller mit Düse (Azimutpropeller)	
4.6.4.4	Querstrahlsteuer	
4.6.4.5	Manöverbedarf und Manövrierbarkeit bei Geradeausfahrt	
4.6.5	Kurssteuerbarkeit	252
4.6.6	Manövrierbedarf beim dynamischen Positionieren	253
4.6.7	Einteilung von Manövriertriebwerken	253

## KAPITEL 5

5.	LTA-Stukturmechanik	257
5.1	Betriebsfestigkeit von Luftschiffkonstruktionen	257
5.1.1	Modellbildung	257
5.1.2	Festigkeitsermittlung steifer Baugruppen	259
5.2	Betriebsfestigkeit flexibler Hüllenstrukturen	267
5.2.1	Modellbildung und Nachweise	267
5.2.2	Auslegung der Hülle	269
5.2.2.1	Berechnung der auftretenden Hüllenspannungen aus Innendruck	
5.2.2.2	Berechnung des lokalen Innendrucks, Gleichgewichtskurven	
5.2.2.3	Gasdruckbiegemoment	
5.2.2.4	Schubfestigkeit der Hülle	
5.2.2.5	Erforderlicher Innendruck bei einer Querkraft	
5.2.2.6	Erforderlicher Innendruck für das Biegemoment	
5.2.2.7	Erforderlicher Innendruck für aerodynamische Lasten	
5.2.2.8	Schubbelastung aus dem Böenlastfall, erforderlicher Innendruck	
5.3	Aeroelastizität	275
5.3.1	Einleitung	275
5.3.2	Problembeschreibung und mögliche Lösungsansätze	275
5.3.3	Experimentelle Untersuchungsverfahren	278
5.3.4	Besondere Fragen in Verbindung mit der Aeroelastizität	282
5.3.4.1	Leitwerksflattern	
5.3.4.2	Aeroservoelastizität	
5.3.4.3	Buffeting	
5.3.4.4	Flugmechanik und Aeroelastizität	

## KAPITEL 6

6.	Flugführung	289
6.1	Steuerungsverhalten	289
6.1.1	Einleitung	289
6.1.2	Skalierungseffekte	289
6.1.2.1	Beschleunigungsvermögen	
6.1.2.2	Trägheitsverhalten: translatorisch und rotatorisch	
6.1.2.3	Aerodynamische, aerostatische und Trägheits-Kräfte	
6.1.2.4	Aerostatische Effekte	
6.1.2.5	Generelle Aspekte	
6.1.3	Leistungsvergleich gebauter Luftschiffe	290
6.1.4	Ruderumkehr	290
6.1.5	Überziehverhalten von Luftschiffen	292
6.1.6	Typische Flugeigenschaften von Luftschiffen	293
6.1.6.1	Startverhalten und Startstrecke	
6.1.6.2	Reichweite und Flugdauer	
6.1.6.3	Geradeausflug	
6.1.6.4	Kurvenflug	

6.1.6.5	Steig- und Sinkflug	
6.1.6.6	Landeanflug	
6.1.7	Manövriertests	296
6.1.7.1	Wendemanöver (turning circle manoeuver)	
6.1.7.2	Gierkontrolle (Zick-Zack-Manöver)	
6.1.8	Zusammenfassung	297
6.2	Steuerungssystem	298
6.2.1	Besondere Anforderungen an die Flugregelung von Luftschiffen	298
6.2.2	Flugregelungsverhalten von Luftschiffen	298
6.2.3	Mechanische, elektrische und hydraulische Systeme der Flugsteuerung	301
6.2.4	Navigations- und Flugführungssysteme für Luftschiffe	303
6.2.4.1	Prozess Flugführung	
6.2.4.2	Bestandteile eines modernen Flugführungssystemkonzeptes	
6.2.4.3	Anforderungen an Navigationssysteme für Luftschiff	
6.2.4.4	Zulassungsverfahren	
6.2.4.5	Bau- und Zulassungsvorschriften	
6.2.4.6	Besonders geeignete Sensoren	
6.2.4.7	Vergleich Luftschiff- und Helikopter-Navigation	
6.2.4.8	Entwicklungsprozess	
6.2.4.9	Missionsmanagementkonzept	
6.3	Navigation und Meteorologie	317
6.3.1	Einführung	317
6.3.2	Auftriebsmanagement	317
6.3.2.1	Tragkraft	
6.3.2.2	Massenmanagement	
6.3.3	Navigation	319
6.3.3.1	Höhennavigation	
6.3.3.2	Streckennavigation	
6.3.3.3	Navigatorische Randbedingungen	
6.3.3.4	Fahrplanmäßiger Betrieb	
6.4	Start und Landung	321
6.4.1	Start	321
6.4.1.1	Senkrechtstart	
6.4.1.2	Radstart	
6.4.2	Landung	323
6.4.2.1	Vorbereitungen	
6.4.2.2	Landung kleiner und mittelgroßer Luftschiffe	
6.4.2.3	Landung von Großluftschiffen	
6.5	Allwetterbetrieb von Luftschiffen der US Navy	325
6.5.1	Einleitung	325
6.5.2	Fahrbetrieb	326
6.5.2.1	Start	
6.5.2.2	Landung	
6.5.2.3	Fahrt	
6.5.3	Bodenbetrieb	328
6.5.3.1	Standardprozeduren	
6.5.3.2	Mögliche Verbesserung	
6.5.4	Kommentare zur Schubvektorsteuerung	330

## KAPITEL 7

7.	Bodenanlagen	331
7.1	Anlagen zum Bodenbetrieb	331
7.1.1	Einführung	331
7.1.2	Start-/Landebahnen und -flächen	331
7.1.3	Abstellfläche	333
7.1.4	Ankermaste	333
7.1.5	Luftschiffhallen	337
7.1.5.1	Allgemeine Anforderungen an Luftschiffhallen	
7.1.5.2	Bauweisen	
7.1.5.3	Geschichte und Entwicklung des Hallenbaus	
7.1.6	Versorgungseinrichtungen	344
7.2	Einrichtung einer Luftschiffwerft	345
7.2.1	Flugplatz	346
7.2.2	Entwicklungsbetrieb	346
7.2.3	Herstellungsbetrieb	346
7.2.4	Luftfahrttechnischer Betrieb	346
7.2.5	Fachpersonal	346
7.2.6	Luftschiffhalle	346
7.3	Vorkehrung zur Wartung, Reparatur, Überholung	347
7.3.1	Einführung	347
7.3.2	Luftfahrttechnische Grundlagen der Betreuung von Luftschiffen	347
7.3.3	Organisation von Wartung, Reparatur und Überholung	349

## KAPITEL 8

8.	Wirtschaftlichkeitsaussagen	353
8.1	Wirtschaftlichkeit bei LTA-Systemen	353
8.2	Transportluftschiffe	355
8.2.1	Großluftschiffe	
8.2.2	Supertransporter	
8.3	Luftschiff-Kreuzfahrt	362
8.3.1	Kreuzfahrten mit See- und Flussschiffen	362
8.3.2	Technik der Propulsions- und Manövrieranlagen	364
8.3.3	Reisekosten und Angebote	364
8.3.4	Sicherheit	365
8.3.5	Statistiken und Trends	365
8.3.6	Aspekte der Kreuzfahrt-Luftschiffe	366
8.4	Wirtschaftlichkeit im Bereich Passagierflug und Werbung	369
8.5	Spezielle Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Luftschiffe	375
8.5.1	Untersuchungsrahmen	375
8.5.2	Erprobungsluftschiff	376
8.5.3	Transportluftschiffe	379
8.5.4	Luftschifffamilie LUTS 2000	381
8.5.5	Werftbetrieb	382
8.5.6	Vergleich zwischen vorhandenen Luftschiffen	383

8.5.7	Zur neueren Nutzung von LZ N07	385
8.5.7.1	Passagierbetrieb	
8.5.7.2	Auslastung durch befristete Messfahrten	
8.5.7.3	Detektion von Landminen	

## KAPITEL 9

9.	Ausblicke	387
9.1	Forschungsluftschiffe	387
9.1.1	Einleitung: Historischer Rückblick	387
9.1.2	Militärische Forschung	388
9.1.3	Repräsentative Konzepte der Jahre 1960 – 1990	389
9.1.4	Träger der 90er Jahre	391
9.1.4.1	US-LTA	
9.1.4.2	American Blimp Corporation	
9.1.5	Konzept eines Kleinluftschiffes als autonome Forschungsplattform	393
9.1.5.1	Anforderungen bei mehrtägigen Missionen über ausgedehntem, unbewohntem Terrain	
9.1.5.2	Systemkonzept	
9.1.5.3	Nutzlast-Schnittstellen	
9.1.5.4	Betriebliche Vorkehrungen	
9.2	Stratosphärenplattformen	396
9.2.1	Stratosphärenflug	396
9.2.2	Historische Plattformkonzepte	398
9.2.3	Kritische Technologien	399
9.2.4	Systemkonzept	404
9.2.5	Gegenwärtige Forschungsaktivitäten	408
9.2.6	Anwendungsfelder	410
9.2.7	Ausblick	412
9.3	Zuverlässigkeit	414
9.3.1	Sicherheit bei LTA-Systemen	414
9.3.2	Verkehrs- und Unfallentwicklung	415
9.3.3	Ausfallursachen der Luftschiffe LZ 10 – LZ 130	416
9.3.4	Faktoren bei Unfällen mit Heißluft-Ballonen	417
9.3.5	Belastung auf Mensch und Gerät bei der Landung	418
9.3.5.1	Landung mit HLB-Korb durch Freifallversuche	
9.3.5.2	Simulierte harte Landung mit einer HLLS-Gondel	
9.3.6	Auslegung nach Zuverlässigkeitskriterien	424
9.4	Unkonventionelle Konfiguration	426
9.4.1	Delphinluftschiffe	426
9.4.1.1	Grundgedanke	
9.4.1.2	Wellpropeller	
9.4.1.3	Vom traditionellen Luftschiff zum Delphinluftschiff	
9.4.1.4	Vergleich Hubschrauber mit Delphinluftschiff	
9.4.1.5	Vergleich Luftschraube mit Wellpropeller	
9.4.1.6	Rundlaufversuche	
9.4.1.7	Standschubmessungen	

9.4.1.8	Ausblick	
9.4.2	Dynamische Luftschiffe	431
9.4.2.1	Grundlagen	
9.4.2.2	Aereon-Projekt	
9.4.2.3	Potentiale	
9.4.3	Sphärische Luftschiffe	436
9.4.3.1	Konzept	
9.4.3.2	Ausführungen	
9.4.3.3	Potentiale	
9.5	Forschungsbedarf im Sinne neuer Projekte	440
9.5.1	Bauweise	440
9.5.1.1	Starrluftschiff	
9.5.1.2	Ganzmetall-Luftschiff	
9.5.2	Traggase und Brenngase	442
9.5.2.1	Wasserstoff	
9.5.2.2	Erdgas/Methan	
9.5.3	Unkonventionelle Konfiguration	444
9.5.3.1	Sphärisches Luftschiff	
9.5.3.2	Lifting-Body-Luftschiff	
9.5.4	Vortriebssysteme	447
9.5.4.1	Zykloidal-Vortriebssystem	
9.5.4.2	Ornithopter-Vortrieb	
9.5.5	Zusammenfassung	448

## ANHANG

A	Zeittafel	452
B	Selektive Typentafeln in Betrieb befindlicher Flugsysteme leichter als Luft	455
B 1/1	„AEROPHILE 5.500“- Fesselballone für Personentransporte	456
B 1/2	AEROSTAT- Familie für Überwachungs- und Kommunikationsaufgaben TCOM	457
B 1/3	„Mopsy“- Fesselballon als Messplattform	458
B 2	Gasballone NL-1.000/STU u. a. Freiballone für Passagiere	459
B 3/1	Heißluftballone	460
B 3/2.1	Langstreckenballon „VIRGIN ATLANTIC FLYER“	461
B 3/2.2	Langstreckenballon „Orbiter“	462
B 4/1	Solarluftschiff „Speedy“	463
B 4/2	Solarluftschiff „Lotte“	464
B 5	Heißluft-Luftschiff AS 105 GD	465
B 6	Lightship A60 und A60 Plus	466
B 7	Aeros 40B „Sky Dragon“	467
B 8	US-LTA 138S	468
B 9	Skyship 600	469
B 10	WDL 1B	470
B 11	LZ N07	471

C	Entwicklungskonzepte des letzten Jahrzehnts	472
C 1	Transportballon CL 75 „AirCrane“	473
C 2	Transportluftschiff UTL-2.000-1, -2, -3	474
C 3	LUTS-2.000-1, -2, -3	475
C 4	Spezialtransporter „HeliLiner“ LHL 44	476
C 5	CargoLifter CL 160 (V4)	477
C 6	Experimentalluftschiff Luftffisch N° 1	478
C 7	Sentinel 1000/1200	479
C 8	Sentinel 5000	480
D	In Bau bzw. Erprobung befindliche Systeme	481
D 1	Kugelluftschiff „21“ Century Airship	482
D 2	Erprobungsträger „Joey“-CL	483
D 3	Hybrid-Luftschiff „Air Ferry“	484
D 4	Transportluftschiff-Familie „Sky Cat“ Sky Catamaran	485
D 5	Passagierluftschiff „Aeros-ML“	486
D 6	Werbeluftschiff AT-10	487
D 7	Kreuzfahrt-Hybridluftschiff TUB	488
D 8	Trägerplattform Hale	489
D 9	Höhenplattform TAO	490
D 10	ATG „Stratsat“	491
E	Autorenverzeichnis	492
F	Abkürzungsverzeichnis	492
G	Formelzeichenverzeichnis	495
H	Abbildungsnachweise	498
I	Register der Fachbegriffe	500
J	Kurzbiografien	504
K	Farbteil (a. a . O.)	
Blatt I:	Anwendungen in der Displaytechnik	
Blatt II:	Anwendungen bei der Messtechnik	
Blatt III:	Aerodynamik I	
Blatt IV:	Aerodynamik II	
Blatt V:	Materialforschung I	
Blatt VI:	Materialforschung II	
Blatt VII:	Materialforschung III	
Blatt VIII:	Konstruktions-Entwurf	
Blatt IX:	Konstruktion-Leitwerk	
Blatt X:	Konstruktion-Baugruppeneinbindung	
Blatt XI:	Nachweise	

Blatt XII: Werbung bei Tage  
Blatt XIII: Werbung bei Nacht  
Blatt XIV: Freie Farb- und Formgestaltung mit LTA  
Blatt XV: Transportwirtschaftlichkeit  
Blatt XVI: Erlebnis und Ästhetik  
Blatt XVII: Im Bereich des Extremen  
Blatt XVIII: Beitrag zur Technikgeschichte  
Blatt XIX: Varianten  
Blatt XX: Fachbuch