

## Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft 1999

### Hoch fliegende Plattformen für Telekommunikation

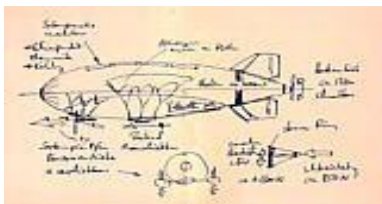
Bernd Kröplin, Per Lindstrand, John Adrian Pyle, Michael André Rehmet

*Eine Idee nimmt Gestalt an. Am Anfang steht die flüchtig hingeworfene Skizze, die Grundelemente und einige technische Details des hoch fliegenden Luftschiffes erkennen lässt: Zum Beispiel Solarpanels, Heckpropeller, Ballonett zum Druckausgleich, Systemplattform.*



»Lotte«, das erste solargetriebene Luftschiff, fliegt seit 1993 und ist Ausgangspunkt für die Entwicklung der Höhenplattform.  
(Foto: Colin Barschel)

Anfangen hatte alles mit »Lotte« – auf diesen Namen hatten Professor Bernd Kröplin und seine Stuttgarter Crew ihr erstes solargetriebenes Luftschiff liebevoll getauft. Anlässlich der Internationalen Garten-Ausstellung 1993 in Stuttgart war die schwebende Dame aus dem Hangar gegelitten und zur Jungfernfahrt in die Luft gegangen. »Mit Lotte haben wir erstmals solares Fliegen erprobt«, erinnert sich Kröplin an jene Weltpremiere. Das Funktionsprinzip: Dünne Siliziumscheiben auf der Oberseite des Rumpfes wandeln Sonnenlicht in elektrischen Strom um, der den Heckpropeller in Drehung versetzt und das mit Helium gefüllte Luftschiff vorantreibt.



Eine Idee nimmt Gestalt an. Am Anfang steht die flüchtig hingeworfene Skizze, die Grundelemente und einige technische Details des hochfliegenden Luftschiffs erkennen lässt.

In den Jahren darauf folgte Icaré, das weltweit erste Flugzeug, das ausschließlich mit Hilfe von Sonnenenergie betrieben werden kann. Der Start erfolgt mit Hilfe solargeladener Batterien, der Horizontalflug ausschließlich solar. Der bereits an Lotte maßgeblich beteiligte Chefingenieur Dr. Michael Rehmet – heute bei der Dornier Luftfahrt GmbH in Oberpfaffenhofen – entwickelte dieses Solarflugzeug im Rahmen seiner Doktorarbeit maßgeblich mit. Kein Zweifel, die Stuttgarter Ingenieure waren Pioniere in Sachen solar angetriebener Flugmaschinen.

»Und dann stellten wir uns irgendwann die Frage: Kann man den Solarantrieb nicht für Höhenplattformen verwenden?«, erzählt Kröplin weiter. Der Begriff »Plattform« ist dabei allerdings in übertragenem Sinn zu verstehen, denn gedacht war an durchaus rundliche Luftschiffe oder Ballons. Solche in großer Höhe in der Atmosphäre schwebenden Fluggeräte, durch Sonnenenergie dauerhaft über ein und derselben Stelle gehalten, könnten beispielsweise als Relaisstationen für Handy-Telefonate dienen und damit teure Satelliten oder Funkmasten ergänzen oder gar ersetzen. Der Gedanke an sich war nicht neu, war auch schon von anderen Ingenieuren erwogen worden. So wurden in den USA bereits Solarflugzeuge für diese Zwecke erprobt. »Wir haben herausgefunden, dass es mit Flugzeugen kaum geht«, sagt Bernd Kröplin und bezieht sich dabei auf Ergebnisse aus Rehmet's Dissertation. »Die für das Flugzeug benötigte Antriebsenergie ist zu groß, und alle bisherigen Batterien sind zu schwer, um

genügend Solarenergie für die Nacht zu speichern.« Mit Helium gefüllte Ballons oder Luftschiffe haben diese Nachteile nicht: Zum einen schweben sie von alleine, benötigen Antriebsenergie also nur, um sich dort oben gegen Luftströmungen auf der Stelle zu halten. Zum anderen sind es großvolumige Fluggeräte, in deren Innern sich Solarenergie für die Nacht in Form von Wasserstoff speichern lässt.



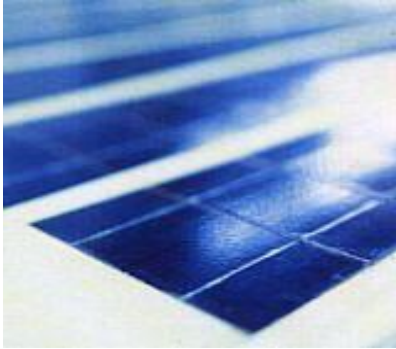
In 20 Kilometer Höhe können Luftschiff-Plattformen Aufgaben von Satelliten übernehmen.

Aus solchen Überlegungen wurde die jetzt mit dem Körber-Preis für die Europäische Wissenschaft ausgezeichnete Idee geboren, es mit Luftschiffen zu probieren. Zusammen mit dem schwedischen Ballonkonstrukteur Per Lindstrand und dem britischen Atmosphärenchemiker Dr. John Adrian Pyle wollen Rehmet und das Stuttgarter Team eine Höhenplattform entwickeln. Und da können sie auf ihre Erfahrungen mit Lotte zurückgreifen. Lotte gibt es noch immer, auch wenn ihre Hülle inzwischen mehrfach geflickt wurde und zahlreiche Bauteile ihres Innenlebens ausgetauscht sind. In der riesigen Versuchshalle des »Instituts für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen« schwebt das Luftschiff knapp über dem Boden und macht sich darin trotz seiner 16 Meter Rumpflänge eher bescheiden aus. Zahlreiche Maschinen zur Metallbearbeitung, Druckflaschen mit Helium, ein Hebekran, eine riesige Druckkammer zur Simulation der dünnen kalten Höhenatmosphäre, ein Stapel mit Ölfässern, der herumliegende Flügel eines Windrades, Computer, Kabel und Konsolen – dies ist ein Ort, an dem ganz offensichtlich praktisch, pragmatisch und schöpferisch entwickelt wird. Es ist die kreative Spielwiese von Kröplin und seinen 60 Mitarbeitern, von denen einige gerade an Lotte basteln.

Aus deren »Bauch« hängen Kabel heraus, die mit einem elektronischen Kasten verbunden sind. Es sind die Enden eines »Busses«, also einer elektrischen Leitung aus mehreren Kabeln, durch die digitale Daten fließen. Diese Daten kommen von Sensoren in Lottes Rumpf, werden in ihrem Bordrechner gespeichert und zusätzlich per Funk zum Boden übertragen. Sie sollen Auskunft geben über die Kräfte, die auf das Luftschiff während des Fluges wirken, über die Verformungen des Rumpfes, über Drücke, Winde, die Lage des Fluggerätes und seine Reaktion auf Steuerbewegungen.

»Über die Aerodynamik von Luftschiffen ist noch immer weitaus weniger bekannt als bei Flugzeugen«, erklärt Kröplin. So spielt – im Gegensatz zu den schlanken Flugzeugen – bei den dicken, zigarrenförmigen Flugmaschinen der so genannte Grenzschicht-Effekt eine wichtige Rolle: Luftwirbel, die sich von der Oberfläche des Rumpfes lösen. Dieser Effekt lässt sich zum Beispiel durch die Form und das Material des Rumpfes beeinflussen – sofern man ihn gut genug kennt. »Lotte ist unser Testobjekt. Die mit ihr gewonnenen Erkenntnisse können wir auf größere Luftschiffe übertragen. Dazu wollen wir ein Berechnungsprogramm für die Aerodynamik beim Luftschiff entwickeln«, fährt Kröplin fort. Lottes Nase hebt sich nun in die Höhe, während das hintere Ende am Boden bleibt. Die Ingenieure messen den Winkel, vergleichen ihn mit dem, den der Bordcomputer mit Hilfe eines Kreisels ermittelt hat, und korrigieren. Es ist eine notwendige Eichung, die dem Bordcomputer des Luftschiffes ermöglicht, dessen Lage im Raum jederzeit korrekt zu berechnen.

Aerodynamik und Lagerung spielen eine wichtige Rolle, wenn sich eine zukünftige Luftschiff-Plattform



Eine Herausforderung ist die Energiespeicherung des Solarstromes für die Nacht. Tagsüber soll mit Solarenergie Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden und beide Gase im großen Volumen des Luftschiffes aufbewahrt werden.  
(Foto: Friedrun Reinhold)

jahrelang in 20 Kilometer Höhe über ein und derselben Stelle halten und allen Belastungen trotzen soll. Dort oben herrschen starke Winde mit Geschwindigkeiten bis zu 150 Kilometer pro Stunde. Diese »Jets« – wie die Winde in dieser Höhe genannt werden – haben aber einen begrenzten Durchmesser, und dadurch bietet sich für das Luftschiff zumindest theoretisch die Chance, den Winden auszuweichen und sich ruhigere Bereiche zu suchen, um nicht abzudriften. Eine Steuerung mit der dazugehörigen Elektronik soll entwickelt werden, die dem Luftschiff das ermöglichen könnte. Dabei müsste es horizontal innerhalb eines Bereiches von etwa einem Kilometer Durchmesser bleiben, um für die Handys konstant erreichbar zu sein, könnte aber beim Ausweichen vor Winden senkrecht bis zu fünf Kilometer auf- und absteigen.

Die selbständige Fluglageregelung ist eine der drei Schlüsselfragen, die mit Hilfe des Körper-Preisgeldes gelöst werden sollen. Der zweite Teilaspekt betrifft die Energieversorgung und -speicherung. Denn das Luftschiff kann sich gegen die Winde nur behaupten, wenn es genügend Energie zur Verfügung hat, um seine Propeller anzutreiben. »Die Solarzellentechnik ist für unsere Zwecke weit genug entwickelt. Allerdings wären Dünnschichtzellen noch besser«, erläutert Bernd Kröplin, der trotz seiner Aktivitäten als Hansdampf in allen Gassen ganz ruhig, ja fast behutsam spricht. Solche Solarzellen aus hauchdünnen Siliziumschichten wären noch leichter als bisherige – ein Vorteil, denn die Höhenplattform muss mit großen Flächen davon ausgerüstet sein, um möglichst viel Sonnenstrom einzufangen.



Bernd Kröplin  
(Foto: Friedrun Reinhold)

Eine größere Herausforderung ist die Energiespeicherung für die Nacht. Da die Sonne dann nicht zur Verfügung steht, muss tagsüber aufgefangene, überschüssige Solarenergie in chemische Energie umgewandelt und irgendwo deponiert werden. Herkömmliche aufladbare Batterien wären dazu viel zu schwer. Deshalb sind die Ingenieure auf die Idee gekommen, bei Sonnenschein Wasser mit Hilfe von Solarstrom in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Der Wasserstoff – der leichter als Luft ist – und der Sauerstoff sollen irgendwo in dem großen Volumen des Luftschiffes aufbewahrt werden. In der Nacht können beide Gase dann in einer Brennstoffzelle zu Wasser verbrannt werden, wobei wieder elektrische Energie zum Antrieb des Propellers entsteht.

»Die Zerlegung ist im Prinzip klar«, erläutert Kröplin. »Allerdings ist sie noch nicht bei Temperaturen von minus 60 Grad, wie sie dort oben herrschen können, erprobt. Außerdem gibt es noch keine luftfahrttaugliche Brennstoffzelle, und auch ein Tank für den Wasserstoff muss noch entwickelt werden.« Alle diese Probleme sollen in dem Projekt gemeistert werden.

Die dritte Schlüsselfrage betrifft die Materialien, aus denen das Luftschiff konstruiert werden soll. Lotte – und wahrscheinlich wird auch die Höhenplattform nach diesem Prinzip konstruiert werden – ist ein sogenannter »Blimp«, ein zigarrenförmiger Schlauch aus einem dünnen Material, der durch den Überdruck des Heliums in seinem Inneren in Form gehalten wird. Im Gegensatz zum Prinzip früherer Luftschiffe – der Zeppeline – braucht ein Blimp kein starres Gerüst, kann deshalb leichter gehalten werden. « »Lottes Hülle ist ein verklebtes Laminat aus zwei Folien«, beschreibt Bernd Kröplin. »Die innere Schicht aus Mylar ist gasdicht und zugfest, die äußere Schicht aus Tedlar ebenfalls gasdicht sowie UV-beständig.« »Die Hülle muss geschmeidig sein, um Verformungen durch die Luftkräfte abzukönnen«, fährt Kröplin fort. Doch die meisten Kunststoffe werden in der Kälte spröde – Mylar beispielsweise ab minus vier Grad Celsius – und deshalb besteht hinsichtlich der Sprödigkeit, aber auch in Bezug auf die Gasdichtigkeit und die Beständigkeit gegen ultraviolette Strahlung noch Forschungsbedarf.

Seine praktische Flugerfahrung soll der Schwede Per Lindstrand bei der Konstruktion der Höhenplattform einfließen lassen. In rund 23 Jahren hat Lindstrand mit seiner Firma – die seit einigen Jahren in England ansässig ist und heute 58 Mitarbeiter beschäftigt – rund 120 Luftschiffe und mehr als 5 000 Ballons konstruiert. Er hält zahlreiche Weltrekorde im Heißluftballonfliegen, wurde unter anderem 1987 durch die erste Ballonüberquerung des Atlantiks berühmt sowie durch mehrere Versuche, die Erde im Ballon zu umrunden. »Kröplin und ich kennen uns schon länger, weil wir uns in denselben Kreisen aufhielten«, erinnert sich Lindstrand an die ersten Kontakte. »Wir trafen uns immer wieder auf Konferenzen und Symposien. Daher war es nur natürlich, dass wir ins Gespräch kamen und mich Kröplin schließlich in das Team für die Höhenplattform aufnahm.«



Per Lindstrand  
(Foto: Friedrun Reinhold)



John Adrian Pyle  
(Foto: Friedrun Reinhold)

Für die Erforschung der meteorologischen Bedingungen, unter denen die Höhenluftschiffe arbeiten sollen, ist Dr. John Pyle zuständig. »Wir waren im vergangenen Winter gerade in Nordschweden mit einer großen Ozon-Messkampagne beschäftigt, als mich Kröplin anrief und mir von dem Projekt der Höhenplattformen erzählte«, erzählt Pyle. »Zunächst hielt ich das für eine verrückte Idee, aber inzwischen bin ich froh, dass ich dabei bin.« Pyles eigentliches Arbeitsgebiet ist die Modellierung der Ozonschicht, und dafür ist er an Daten aus der Stratosphäre interessiert. Für die Luftschiffe spielt die Ozonschicht zwar keine Rolle, aber die meteorologischen Verhältnisse dort oben sowie die ultraviolette Strahlung sind von entscheidender Bedeutung. Die Aufgabe des Atmosphärenchemikers im Team ist es daher, Computermodelle zu entwickeln, die die Bedingungen simulieren sollen, denen das Luftschiff in 20 Kilometer Höhe ausgesetzt ist.

Auch Michael Rehmet ist als Konstrukteur von Fluggeräten und vierter Preisträger mit von der Partie. Er hat unter anderem die Auslegungsstudien für die Höhenplattform gemacht. Mit den 1,5 Millionen Mark



Michael Rehmet  
(Foto: Friedrun Reinhold)

Fördergeld des Körper-Preises wollen die Forscher nun die ersten Schritte auf dem Weg zum Prototyp finanzieren. Im Jahr 2001 hoffen sie zunächst einen »Demonstrator« aufsteigen zu lassen, der zeigt, dass die Technik funktioniert. Für den eigentlichen Prototyp, so schätzt Rehmet, wären allerdings rund fünfzehn Millionen Mark und zwei weitere Jahre Entwicklungszeit nötig. Zwei, drei Jahre danach sei die Höhenplattform für rund 100 Millionen Mark serienmäßig zu haben. Das klingt nach viel Geld, das sich aber schnell amortisieren könnte. »Mit einer solchen Plattform ließen sich 50.000 bis 100.000 Telefongespräche gleichzeitig führen«, schätzt Bernd Kröplin. »Das würde Einnahmen von rund 500 Millionen Mark im Jahr entsprechen.« Ein einziges Luftschiff könnte die Handy-Telefonate eines Ballungsraumes wie London übernehmen und damit zahlreiche teure Funkmasten überflüssig

machen. Verglichen mit einem System von erdnahen Satelliten – wie dem Iridium-Projekt von Motorola – würde es nur ein Bruchteil der Kosten verschlingen. Noch hält sich die Telekommunikations-Industrie mit finanzieller Unterstützung zurück, doch gibt es beispielsweise seitens der Europäischen Weltraum-Agentur ESA und der deutschen Flugzeugfirma DASA Interesse. »Wir erhalten immer mehr Unterstützung und kommen langsam dichter ans Ziel«, kommentiert Lindstrand. Dass Luftschiffe durchaus kommerzielle Chancen haben und derzeit eine Renaissance erleben, zeigen zwei andere Projekte aus neuerer Zeit, an deren Entwicklung Kröplin und seine Stuttgarter Crew mitwirkten: Der Zeppelin NT, der beispielsweise Touristen über den Bodensee tragen soll und der CargoLifter, ein 240 Meter langer Schwertransporter für Nutzlasten bis zu 160 Tonnen.



Schwertransporter der Zukunft: Der 240 m lange CargoLifter soll bis zu 160 t Nutzlast über weite Strecken transportieren können.

Für die geplante Höhenplattform sehen Kröplin und die Preisträger jede Menge an sinnvollen Einsatzmöglichkeiten. In Entwicklungsländern könnte eine einzige schwebende Station die gesamte Infrastruktur für ein landesweites Handy-Telefonnetz liefern. Bei weltweit verfolgten Ereignissen wie einer Winter-Olympiade in einer abgelegenen Stadt könnte ein Luftschiff kurzfristig die Medienkommunikation übernehmen oder aber bei Katastrophen – wie einem Erdbeben – die zerstörte Telekommunikations-Infrastruktur ersetzen. Über Europas Städten schwebend, könnten die Höhenplattformen Internet-Verbindungen schneller machen, Verkehrsleitsysteme ermöglichen

oder gar den Gebührenstand von Parkuhren oder Gaszählern automatisch ablesen. Zusätzlich könnten sie sowohl meteorologische als auch geografische Daten sammeln. Bernd Kröplin ist sich ganz sicher: »Sobald wir zeigen können, dass solche Höhenplattformen technologisch machbar sind, werden sie auch kommen – das ist unausweichlich.«

Kontakt  
Körper-Stiftung  
Körper-Preis  
Kehrwieder 12  
20457 Hamburg  
Telefon +49 40 · 80 81 92 -181  
E-Mail [koerberprize@koerber-stiftung.de](mailto:koerberprize@koerber-stiftung.de)