

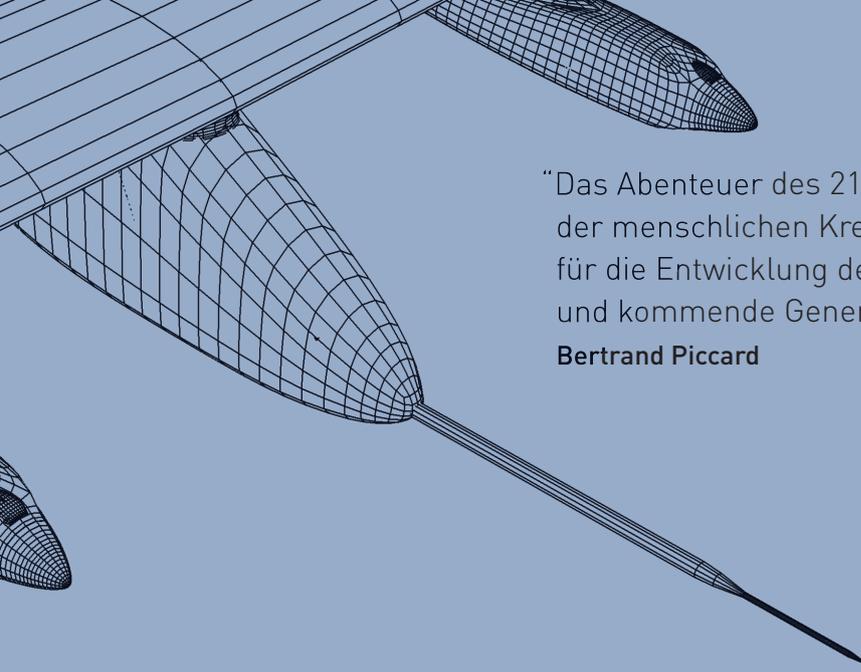
# SOLARIMPULSE



## EIN SYMBOL NIMMT GESTALT AN

Um das riesige Potenzial der erneuerbaren Energien aufzuzeigen, hat sich Solar Impulse zum Ziel gesetzt, ein ausschliesslich von Solar-energie angetriebenes Flugzeug Tag und Nacht fliegen zu lassen und damit die Erde ohne Treibstoff und Schadstoffemissionen zu umrunden.

In einer von fossilen Energien abhängigen Welt, stellt dieses Projekt ein Paradox, ja fast eine Provokation dar. Es ist das Symbol für die neuen Technologien, welche die Menschheit zur Einsparung der Energiereserven unseres Planeten einsetzen sollte. Und es zeigt auf, dass die Abenteuer der Zukunft Hand in Hand mit der Suche nach einer besseren Lebensqualität gehen müssen.



“Das Abenteuer des 21. Jahrhunderts liegt im Einsatz der menschlichen Kreativität und des Pioniergeistes für die Entwicklung der Lebensqualität, auf die heutige und kommende Generationen ein Anrecht haben.”

**Bertrand Piccard**



## FLUGZEUG

Solar Impulse ist ein vollkommen neuartiges Konzept, das die Grenzen unseres Wissens hinsichtlich der Materialien, des Energiemanagements und der Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine erweitern wird. Es ist ein Fluggerät mit einer für sein Gewicht überdimensionierten Spannweite (61 Meter auf 1500 kg beim ersten Prototyp) und einer bis heute unerreichten aerodynamischen Qualität. Von den Solarzellen bis hin zu den Propellern muss jedes Glied der Antriebskette optimiert werden. Auch die in der Flughöhe herrschenden, für Material und Piloten rauen Bedingungen sowie die hohen Anforderungen an Gewicht und Festigkeit müssen berücksichtigt werden. Ein ehrgeiziges Unterfangen!

Wie aber kann eine solche Aufgabe bewältigt werden, wenn mit den heute verfügbaren Technologien und Wirkungsgraden jeder Quadratmeter photovoltaischer Zellen dem Propeller lediglich eine konstante Leistung von 28 Watt über 24 Stunden liefern kann, was der Leistung einer elektrischen Glühbirne entspricht? In anderen Worten: Wie kann ein Flugzeug mit der Energie fliegen, die gerade für die Beleuchtung eines Supermarktschaufensters ausreicht? Ohne die Optimierung des gesamten Flugzeugs und ohne eine drastische Reduzierung seines Energieverbrauchs ist das unmöglich. Die Ingenieure von Solar Impulse haben einen völlig neuen Flugzeugtyp entwickelt: Aerodynamik, Struktur, Herstellungsmethoden, Antriebsweise, Flugleistungsbereich, alles wurde neu erdacht.



## VISION

Solar Impulse glaubt an die Kraft der Symbole. Bis hin zur Weltumrundung ohne Treibstoff und ohne Schadstoffausstoß will Solar Impulse mit Hilfe der Solarenergie eine neue Seite der Luftfahrtgeschichte schreiben. Das Projekt hat den Ehrgeiz, die erneuerbaren Energien und die Energieeffizienz durch neue Technologien aktiv zu fördern. Sein Vorgehen ist wissenschaftlich und innovativ, da es viel Forschungsarbeit beinhaltet. Es hat aber auch einen philosophischen Ansatz, indem es die Gesellschaft sensibilisieren und dazu veranlassen will, die Energieressourcen unseres Planeten zu schonen.



## HERAUSFORDERUNG

Das Ziel, ein ausschliesslich durch Sonnenenergie angetriebenes Flugzeug abheben, Tag und Nacht fliegen zu lassen und sich so dem immerwährenden Flug ohne Treibstoff und ohne Schadstoffe anzunähern, ist ein scheinbar aussichtsloses Unterfangen. Es kann nur durch eine Erweiterung der technologischen Grenzen erreicht werden. Noch nie zuvor ist ein derart grosses und leichtes Luftfahrzeug gebaut worden, noch nie wurde ein Antriebssystem mit einem derart hohen Wirkungsgrad optimiert. Neben dem ersten erfolgreichen Nachtflug wird die grösste Herausforderung vor der Weltumrundung deshalb sein, den Flug dieses revolutionären Flugzeugs überhaupt kontrollieren zu können.



# SOLAR IMPULSE, DAS



Die Energiefrage beeinflusst das gesamte Projekt, von den Dimensionen der Struktur bis hin zu den extremen Gewichtsanforderungen. Zur Mittagszeit fällt auf jeden  $m^2$  der Erdoberfläche ein Energieäquivalent von 1000 Watt oder 1,3 PS Lichtstärke. Über 24 Stunden liefert die Sonne durchschnittlich nur  $250 W/m^2$ . Mit  $200m^2$  Photovoltaikzellen und einem Gesamtwirkungsgrad der Antriebskette von 12%, erreicht die Durchschnittsleistung der Flugzeugmotoren nicht mehr als 8 PS oder 6 KW. Etwa soviel hatten auch die Brüder Wright bei ihrem ersten motorisierten Flug im Jahr 1903 zur Verfügung. Und mit dieser Energie, an deren Optimierung vom Solarpanel bis zum Propeller das gesamte Team arbeitet, strebt Solar Impulse an, Tag und Nacht ohne Treibstoff zu fliegen!



## PERSONELLE RESSOURCEN

Die Herstellung des Prototyps erfolgt in enger Zusammenarbeit zwischen dem für die Flugzeugkonstruktion zuständigen, multidisziplinären Solar Impulse Team und den verschiedenen Partnern wie z.B. Werkstofflieferanten oder Komponentenherstellern. Nur indem sich alle Beteiligten den Anforderungen stellen und ihr Potenzial ausschöpfen, können völlig neue Lösungen im Luftfahrtbereich entwickelt werden. Schlussendlich werden es mehr als 50 Mitarbeiter und über hundert Experten und Berater sein, die für explosive Synergien sorgen werden...



## ENERGIE RESSOURCEN

Für jede eingesetzte Energieform müssen auch die Umwandlungsphänomene verstanden und optimal genutzt werden. Das gilt für die...

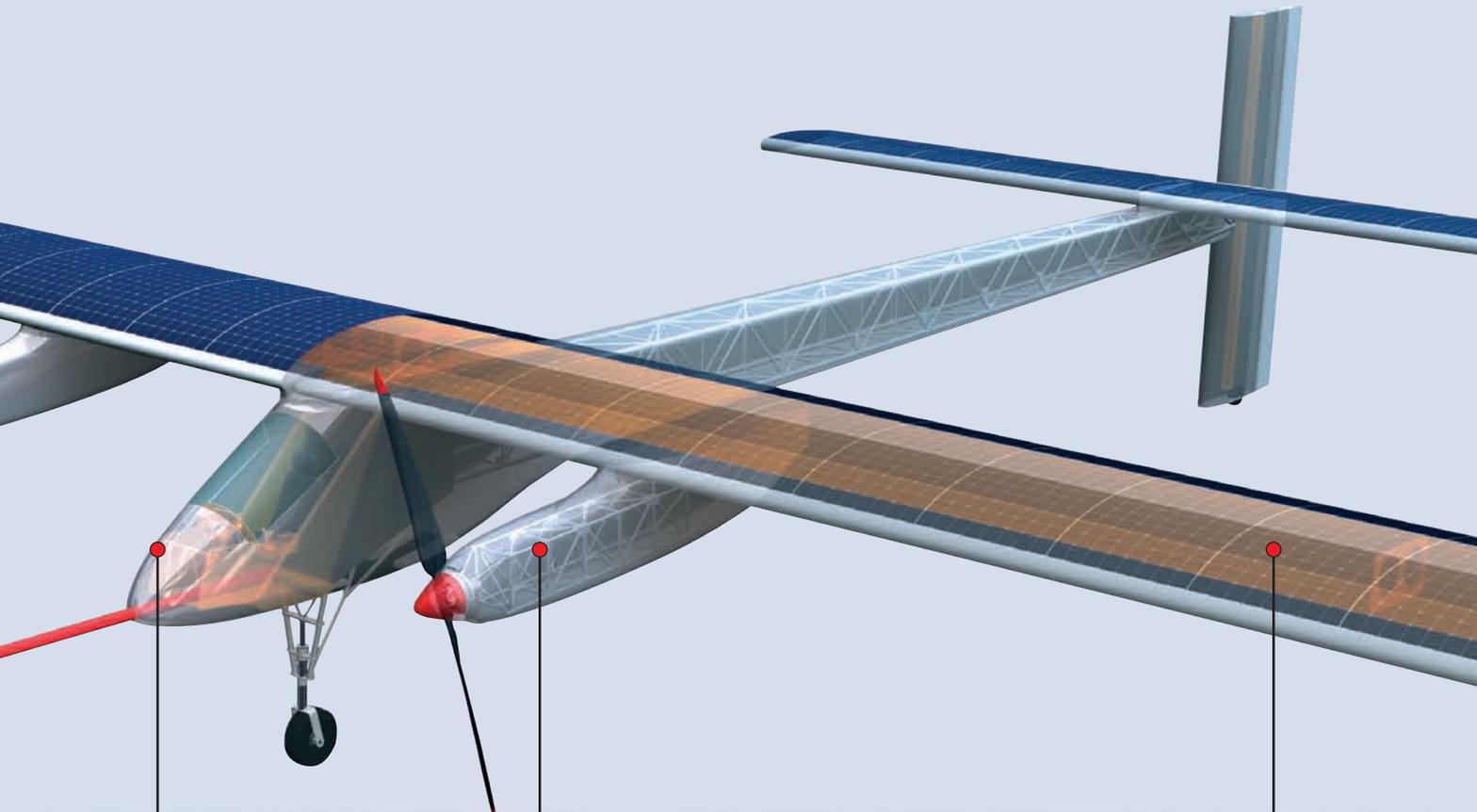
- Strahlungsenergie der Sonne
- elektrische Energie in den Photovoltaikzellen, den Batterien und den Motoren
- chemische Energie in den Batterien
- potenzielle Energie, wenn das Flugzeug an Höhe gewinnt
- mechanische Energie beim Antriebssystem
- kinetische Energie, wenn das Flugzeug Geschwindigkeit aufnimmt
- thermische Energie in Bezug auf die zu minimierenden Verluste (Reibung, Erwärmung...)



## WIRKUNGSGRAD UND SPEICHERUNG

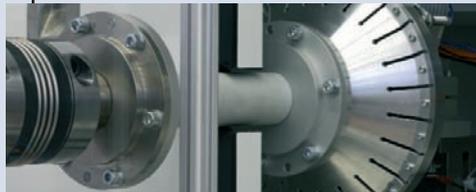
Die 12'000 photovoltaischen Zellen aus monokristallinem Silizium von 180 Mikron Stärke haben ein gutes Gewicht-Wirkungsgrad-Verhältnis. Ein besserer Wirkungsgrad, wie bei Weltraum-Panels, hätte gleichzeitig mehr Gewicht und damit Nachteile für den Nachtflug, die kritischste Flugphase, bedeutet. Ein Problem sind die immer noch schweren Batterien. Das Flugzeuggewicht muss daher drastisch reduziert, die Antriebskette optimiert und der aerodynamische Wirkungsgrad durch eine grosse Spannweite und ein auf tiefe Geschwindigkeiten ausgelegtes Flügelprofil maximiert werden. Bei einer Energiedichte von  $200 Wh/Kg$  wiegen die für einen Nachtflug nötigen Batterien 400 Kg, mehr als  $\frac{1}{4}$  der Flugzeuggesamtmasse. Bei besserer Speicherkapazität könnten künftig zwei Piloten an Bord gehen, die Spannweite reduziert oder die Flugeschwindigkeit erhöht werden.

# NULL-TREIBSTOFF FLUGZEUG



## ZENTRALE INTELLIGENZ

Das on-board Informatiksystem sammelt und analysiert hunderte von Parametern, die für die Flugsteuerung erforderlich sind. Es liefert dem Piloten interpretierbare Informationen für seine Entscheidungen, übermittelt dem Bodenteam die wichtigsten Daten und führt den Motoren die optimal auf Flugkonfiguration und Ladungszustand der Batterien abgestimmte Leistung zu. Das Flugzeug ist so in der Lage, seinen Energieverbrauch selbständig anzupassen und zu minimieren.



## ANTRIEBSSYSTEM

Unter den Flügeln befinden sich vier Pylonen mit je einem Motor, einer aus 70 Akkumulatoren bestehenden Lithium-Polymer-Batterie und einem System zur Überwachung von Ladungszustand und Temperatur. Die Isolation soll die durch die Batterien erzeugte Wärme zurückhalten, so dass diese auch bei  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf 8500 Metern funktionieren. Jeder Motor hat eine Spitzenleistung von 10 PS und ein Getriebe, das die Umdrehung des Zweiblatt-Propellers mit einem Durchmesser von 3,5 Meter auf 200-400 Umdrehungen/Minute begrenzt.



## STRUKTUR UND WERKSTOFFE

Eine Spannweite von 61 Metern auf 1500 kg Volllast ist bezüglich Starrheit, Leichtigkeit und Beherrschbarkeit im Flug eine bislang unerreichte Herausforderung. Solar Impulse wird um ein Verbundwerkstoffgerippe gebaut, das aus einer Sandwichstruktur aus Kohlenfasern und Waben besteht. Die Flügelunterseite wird mit einem flexiblen Film und die Oberseite mit einer Haut aus eingekapselten Solarzellen überzogen. Alle 50 cm verbinden insgesamt 120 Kohlenfaserrippen diese zwei Schichten und verleihen dem Ganzen seine aerodynamische Form.

“Eine solche Herausforderung lässt sich nur durch die Zusammenarbeit von Ingenieuren aller Richtungen bewältigen. Die Vielfalt, die wir auf allen Ebenen anstreben, stimuliert ihre Kreativität und verleiht ihnen Antrieb. Aus dem Zusammenspiel ihrer Erfahrungen erwachsen originale und völlig neue Lösungen.”

**André Borschberg**



## AUF KURS

Solar Impulse schreibt in direkter Linie eine Tradition von Forschung, Abenteuer und wissenschaftlicher Entwicklung fort. Nach der Erforschung der Stratosphäre und der Tiefseegräben sowie der Weltumrundung im Heissluftballon führt Bertrand Piccard mit dieser neuen Herausforderung das Familienabenteuer der Piccards fort.

Unter Leitung von André Borschberg segeln in seinem Kielwasser eine Crew, deren Kompetenz Garant für den Erfolg ist, und Partner, die wie sie die Zukunft erfinden wollen. Den Herausforderungen unserer Welt können wir nur mit Pioniergeist und der Suche nach neuen Lösungen begegnen, die ausserhalb unserer gewohnten Sicherheiten und Paradigmen liegen.



## EIN TANDEM AN DEN STEUERKNÜPPELN

Zwei Männer, beide Piloten, Pioniere und Innovatoren, steuern die Entwicklung von Solar Impulse: Bertrand Piccard, Psychiater, Luftfahrer und Pilot der ersten Nonstop-Weltumrundung im Heissluftballon als Initiator und Präsident. André Borschberg, Ingenieur mit Masterabschluss in Managementwissenschaften, ausgebildeter Militärpilot und professioneller Flugzeug- und Helikopterpilot als CEO. Die avantgardistischen Visionen des ersten ergänzen sich mit der Unternehmens- und Managementenerfahrung des zweiten. Als Komplizen seit der ersten Stunde, arbeiten sie in vollkommener Synergie und treiben die Verwirklichung des Projekts jeden Tag weiter voran, sei es mit der Konstruktion des Flugzeugs oder damit, seine symbolische Bedeutung bekannt zu machen. Ihre komplementären Kompetenzen und die Summe ihrer Charakterstärken bürgen für den Erfolg von Solar Impulse.



## EIN EPOS IN ETAPPEN

Das Projekt wird in aufeinander folgenden Etappen realisiert. Zurzeit wird ein Prototyp konstruiert, mit dem 2009 Testflüge und danach der erste Nachtflug absolviert werden soll. Dann wird ein zweites Flugzeug gebaut, mit dem ab 2011 mit Hilfe der Solarenergie einige grosse Premieren der Luftfahrtgeschichte wie die Überquerung der Vereinigten Staaten und des Atlantiks neu geschrieben werden sollen. Der Höhepunkt wird dabei die Weltumrundung in 5 Flugetappen entlang des Wendekreises des Krebses sein.

Die Geschichte der Forschung zeigt: Grosse Entdeckungen waren nie einfach und konnten nie im Voraus gewonnen werden. Mit seiner Suche nach technologischen und symbolischen Extremen hat sich Solar Impulse auf den schwierigen und riskanten Weg der Pioniere gewagt. Ein Weg, der es ermöglichen wird, das riesige Potenzial der erneuerbaren Energien zu erschliessen und den nötigen Richtungswechsel für eine bessere Nutzung der Energiequellen und ein verstärktes Umweltbewusstsein einzuleiten. Wird das Solarflugzeug die langen Nächte meistern und ohne Treibstoff fliegen können? Wird das Abenteuer möglich sein und der Traum des immerwährenden Fluges Wirklichkeit werden?

## PARTNER MIT PIONIERGEIST

Das Budget von Solar Impulse beträgt rund 70 Millionen Euro und ist bereits zu 67% gesichert. Damit ist die Realisierung der ersten Phase gewährleistet (Konstruktion und Tests eines ersten Prototyps).

Die Partner von Solar Impulse verfügen über Pioniergeist, eine langfristige Vision, ein Verlangen, neue Horizonte zu erforschen. Sie erkennen sich in den grundlegenden und mitreissenden Werten des Projektes wieder: Forschung, technologische Innovation und herausragender Unternehmergeist, Leidenschaft und Teamarbeit, Traum und Emotionen. Wie die Initiatoren von Solar Impulse wollen sie diese Werte in den Dienst der Förderung der erneuerbaren Energien und der Technologien zum Schutz der Umwelt stellen. Sie wollen einen konkreten Beitrag zum Gelingen dieses Abenteuers leisten, indem sie die Finanzierung des Flugzeugs und ihre spezifischen Kompetenzen zur Verfügung stellen.

“Es wird höchste Zeit, Umwelt und Finanzwelt in einer ökologisch-humanitären Vision in Einklang zu bringen. Der Weg in die Zukunft führt über eine Allianz zwischen Ökologie und Ökonomie, um wirtschaftliche Lösungen zur Verminderung der menschlichen Auswirkungen auf die Natur zu finden.”

**Bertrand Piccard**

## HAUPTPARTNER

### Solvay

Erste Hauptpartnerin des Abenteuers Solar Impulse war Solvay, die für ihre Kunststoffe und Polymere bekannte internationale Chemie- und Pharmagruppe. Sie ist in der Entwicklung neuer Materialien und innovativer technologischer Lösungen aktiv.

### Omega

Vom Mond zur Sonne... Als Partner bei dieser Herausforderung kehrt OMEGA auf die Strasse der Pioniere zurück und lässt das aus Leidenschaft und technologischer Spitzeninnovation bestehende Abenteuer wieder aufleben. Omega bringt sein Fachwissen in Mikromechanik und Mikroelektronik ein.

### Deutsche Bank

Als Tor zur Wirtschafts- und Industriewelt und mit ihrer Erfahrung im Nachhaltigkeitsmanagement haucht die Deutsche Bank dem Projekt ihr Streben nach Leistung aus Leidenschaft und langfristigen Visionen ein, die eine glaubwürdige Verbindung zwischen Wirtschaft und Ökologie ermöglichen.

**SOLVAY**

**Ω  
OMEGA**

**Deutsche Bank**



## PLANUNGSPARTNER

Altran, führend in der Innovationsberatung, stellt Solar Impulse personelle Ressourcen sowie multidisziplinäres und multisektorales Expertenwissen zur Verfügung.

**altran**

## OFFIZIELLE SUPPORTER

Die offiziellen Supporter tragen zur Finanzierung des Projekts bei und unterstützen mit ihrer Kommunikation die Verbreitung seiner Werte.

**semper**

**CLARINS  
PARIS**

## PARTNER AUS WISSENSCHAFT UND LUFTFAHRT

Seit sie im Jahr 2003 die Machbarkeitsstudie durchgeführt hatte, ist die Eidgenössische Technische Hochschule in Lausanne offizielle wissenschaftliche Beraterin des Projektes. Sie steuert die Kompetenzen ihrer verschiedenen Laboratorien bei. Für diese Wissenschaftler verkörpert Solar Impulse ein hoch stehendes Forschungsfeld mit unzähligen Anwendungsperspektiven.

**EPFL  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE**

**DASSAULT  
AVIATION**

Mit Partnern wie Dassault Aviation oder dem internationalen Luftverkehrsverband (IATA) kann Solar Impulse auch auf das Know-How und die Erfahrung grosser Akteure aus dem Luftfahrtbereich zählen, die das Solarabenteuer mit offenen Armen aufgenommen haben.

**IATA**

Solar Impulse geniesst ebenfalls die Unterstützung der offiziellen Lieferanten Victorinox, BKW/FMB und SolarMax sowie Toyota Schweiz, dem offiziellen nationalen Supporter.

**SOLARIMPULSE**

**AROUND THE WORLD  
IN A SOLAR AIRPLANE**

PSE-C, EPFL SCIENTIFIC PARK  
CH-1015 LAUSANNE, SWITZERLAND

TEL.: +41 (0)21 693 89 33  
FAX: +41 (0)21 693 69 39

INFO@SOLARIMPULSE.COM  
WWW.SOLARIMPULSE.COM