

**Zeitschrift:** Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology  
**Herausgeber:** Swisscom  
**Band:** 75 (1997)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Flächenflugzeug als bewegliche Relaisstation  
**Autor:** Balmer, Urs  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876945>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 26.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

LIVE-SPORTÜBERTRAGUNGEN: EINE NEUE METHODE GEWÄHRLEISTET  
STÖRUNGSFREIEN FERNSEHEMPFANG

# FLÄCHENFLUGZEUG ALS BEWEGLICHE RELAISSTATION

Telecom PTT hat an der Rad-WM im Oktober 1996 erstmals für die Übertragung des Anlasses ein Flächenflugzeug eingesetzt. Es handelt sich um ein Novum: Bei Schlechtwetterlagen, wenn ein Helikoptereinsatz nicht mehr möglich ist, kann die Telecom PTT die Übertragung störungsfreier Bilder durch den Einsatz von Flächenflugzeugen sicherstellen. Die Auswertung des Einsatzes vom Herbst 1996 zeigt nun, dass die neue Methode künftig für Sportanlässe wie Radrennen tauglich ist.

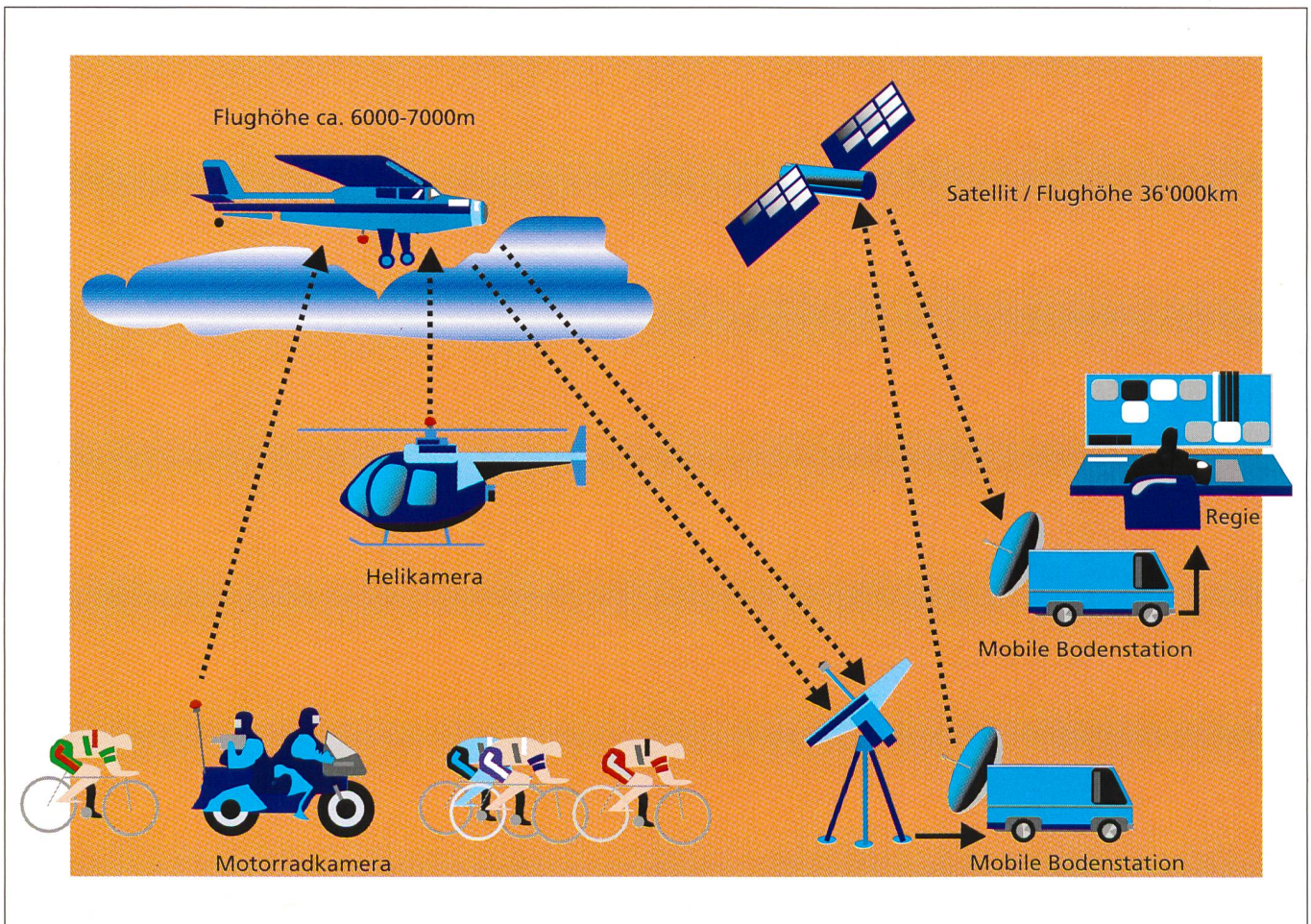


Bild 1. Signalpfad von der Veranstaltung bis in die Regie. Die Kameramotorräder senden die Bild- und Toninformationen via das darüber fliegende Relaisflugzeug zum terrestrischen Empfangspunkt. Dasselbe erfolgt von dem über der Szene fliegenden Kamerahelikopter. Via Satellitenübertragung werden die Signale nun der Regie zugeführt.

Jede Fernseh- und Radiostation ist bestrebt, aktuelle Informationen, beispielsweise aus Sport, Kultur und Politik, umfassend und möglichst rasch, das heisst unmittelbar vom Ort

URS BALMER, BERN

des Geschehens aus, an die Fernsehzuschauer und -zuschauerinnen (oder Radiohörerschaft) weiterzuleiten. Werfen wir einen Blick zurück auf die Geschichte des Fernsehens. Ein aktuelles Ereignis wurde zu Beginn der fünfziger Jahre mit einer Filmkamera auf Zelluloid gebannt, per Kurier ins Studio transportiert und nach der Umwandlung in elektrische Signale zeitverschoben ausgestrahlt. Mit dem Aufkommen der mobilen Richtfunktechnik wurde es möglich, vom Ort des Geschehens aus Direktübertragungen in das Studio zu realisieren. So wurde im Jahre 1954 anlässlich der Fussball-Weltmeisterschaft in Bern eine mobile Richtfunkkette vom Stadion Wankdorf bis auf den Uetliberg errichtet und die Signale direkt dem dortigen TV-Sender zugeführt. Nun konnten die Zuschauerin und der Zuschauer zu Hause das Ereignis zeitgleich mitverfolgen. Noch war aber die Übertra-

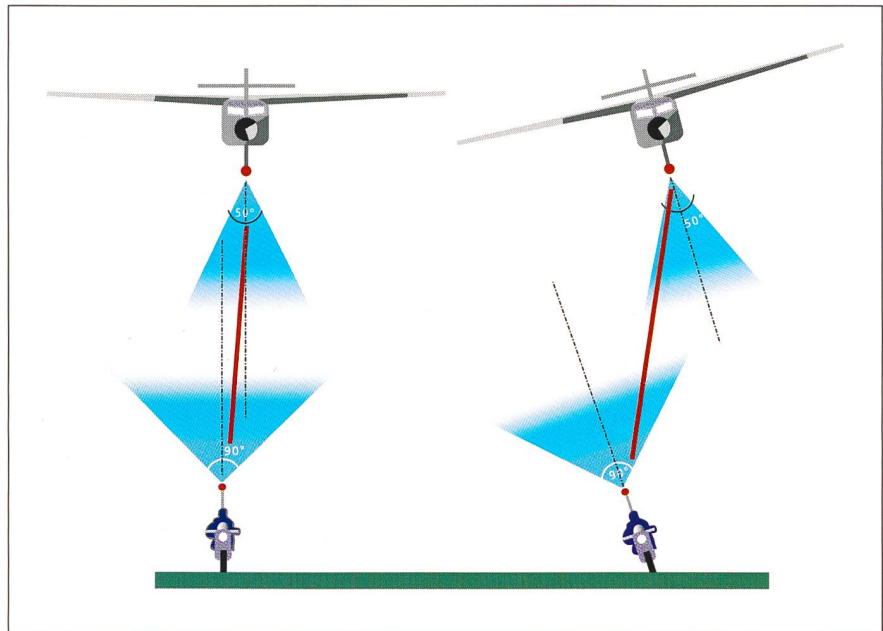


Bild 2. Signalübertragungen via Richtfunk erfordern freie elektrische Sicht. Der Öffnungswinkel der Sende- und Empfangsantenne muss so gewählt werden, dass eine grössere relative Verschiebung zwischen Kameramotorrad und Relaisflugzeug ohne Signalverlust möglich ist.

Bild 3. Dabei sind auch mögliche Schräglagen, bedingt durch Kurvenfahrt bzw. Kreisflug einzubeziehen.

gung ortsgebunden, das heisst zum Beispiel auf ein Sportstadion beschränkt, oder bei Streckenrennen wie Velorennen auf Start, Ziel und im

Streckenverlauf auf ein paar wenige Punkte fixiert. Erst Anfang der achtziger Jahre, mit der Einführung von mobilen Übertragungsmitteln (z.B. Kameralente auf Motorrädern, im Zusammenspiel mit Helikoptern als bewegliche Relaisstation), war es möglich, einen Rennverlauf oder allenfalls die interessanten Phasen über einen grossräumigen Abschnitt live zu übertragen. Um den Zuschauern einen Überblick über das gesamte Renngeschehen zu vermitteln, wurden zusätzlich Kamerahelikopter eingesetzt. Diese Methode wird seit einigen Jahren mit Erfolg praktiziert, allerdings mit dem Nachteil, dass die Relaishelikopter nicht blindflugtauglich sind und somit nur bei Schönwetterlagen fliegen können.

Das hat die Telecom PTT bewogen, ein neues Übertragungskonzept unter Beizug eines blindflugtauglichen Flächenflugzeuges zu entwickeln. Dieses Flugzeug operiert in einer Höhe von 6000 bis 8000 m und somit über der Schlechtwetterzone. Dabei galt es, die richtfunktechnischen Vorgaben der Übertragung richtig umzusetzen und mangels Sicht die relativen Positionen des Kamerafahrzeuges und des Flugzeuges sowie der fixen Einspeisung zu handhaben.



Bild 4. Das Kameramotorrad ist mit einem Richtfunksender bestückt, der zusammen mit den Stromversorgungsbatterien in den Sacochen untergebracht ist. Die Sendeantenne ist auf dem überhöhten Stabende befestigt.



Bild 5. Um einen Überblick über das Renngeschehen vermitteln zu können, wird zusätzlich ein Kamerahelikopter eingesetzt. Die Kamera ist aus dem Cockpit steuerbar. Zentral über dem Rotor befindet sich die Sendeantenne (Bild 6).

## Übertragungskonzept

Das Übertragungskonzept (Bild 1), das heisst der Signalpfad von der Veranstaltung bis in die Regie, verläuft wie folgt: Die Kameramotorräder senden die Video- und Toninformation mittels ihrer mitgeführten Richtfunkausrüstung zum darüberfliegenden Relaisflugzeug (Up-Link). Die Strahlkegel der Sende- wie der Empfangsantenne müssen so beschaffen sein, dass eine relative Verschiebung zwischen Motorrad und Flugzeug bei gleichzeitiger Kurvenlage des Motorrades und Schräglage des Flugzeuges im Kreisflug ohne Signalverlust möglich ist (Bilder 2 und 3). Der Richtfunk erfordert freie elektrische Sicht zwischen Sender und Empfänger. Hindernisse wie Überführungen, Bäume und hohe Gebäude können die Übertragung vorübergehend stören. Es ist dann Sache der Regie, in einem solchen Falle vorübergehend auf das andere Motorrad oder den Kamerahelikopter umzuschalten. Die Up-Link-Frequenz (vom Motorrad zum Relaishelikopter) liegt im 2,3- bis 2,7-GHz-Band; die Down-Link-Frequenz (vom Relaishelikopter zum terrestrischen Einspeisepunkt) im 2-GHz-Band.

Das Kameramotorrad (Bild 4) ist mit einem Richtfunksender ausgerüstet, der zusammen mit den Stromversorgungsbatterien in den Sacochen untergebracht ist. Die Sendeantenne ist auf dem überhöhten Stabende befestigt. Um einen Überblick über das Renngeschehen, beispielsweise bei einem Radrennen, vermitteln zu können,

wird zusätzlich ein Kamerahelikopter eingesetzt (Bild 5). Die Kamera des Helikopters ist aus dessen Cockpit steuerbar. Zentral über dem Rotor befindet sich die Sendeantenne. Für die Halterung der Antenne und die Zuführung des Signales hat der Helikopterhersteller eine spezielle Hohlwelle für den Rotorantrieb entwickelt (Bild 6). Somit können die Up-Link-Signale hindernisfrei zum darüberliegenden Flugzeug gelangen.

Das Flächenflugzeug wirkt als mobile Relaisstation (Bild 7). Drei Richtfunkgeräte empfangen die TV-Signale der beiden Motorräder und des Kamerahelikopters. Die Empfangsantenne befindet sich unter dem Flugzeugrumpf und weist einen Öffnungswinkel des Empfangskegels von 50° auf.

Im Flugzeug selbst wird eine «Vorregie» durchgeführt, das heisst, aus drei Bildern werden zwei ausgewählt und via Richtfunksender an die terrestrische Richtfunkempfangsstelle weitergeleitet.

Die Sendeantenne ist ein um die Vertikalachse orientierter Rundstrahler mit einem horizontal gelegenen Öffnungswinkel von +20/-30°. Somit wird die Abstrahlkeule aus der Horizontale um 10° nach unten gesenkt und ist optimal auf den terrestrischen Empfangspunkt ausgerichtet, der in der Regel zwischen 20 und 50 km entfernt liegt.

Der terrestrische Empfangspunkt wird im Gelände so gewählt, dass einerseits für die ganze Übertragungsetappe freie Sicht zum Flugzeug besteht und andererseits die Einspeisung in das per-

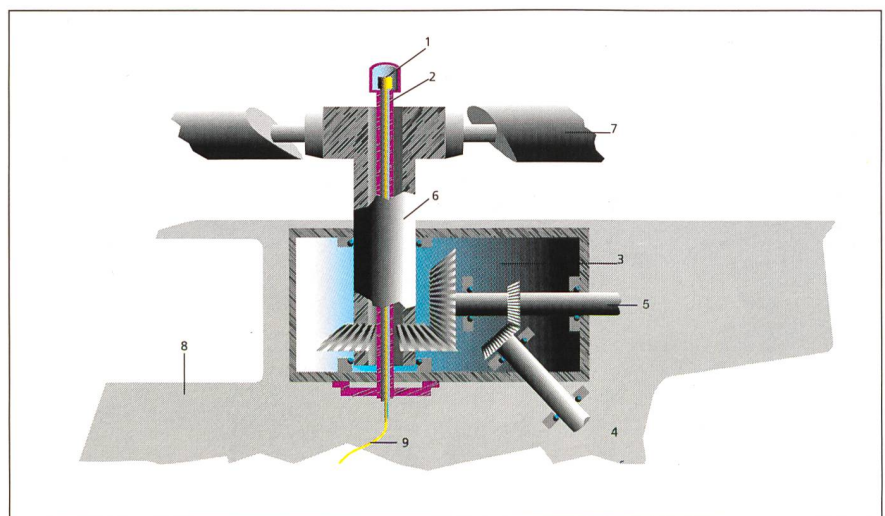
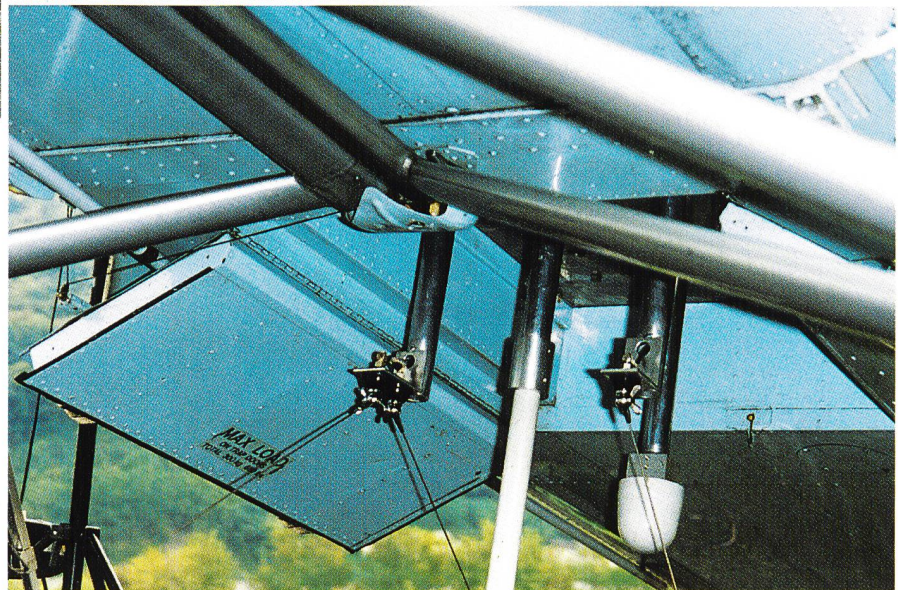


Bild 6. Konstruktionsprinzip der durch die drehbare Rotorwelle geführten fixen Antennenbefestigung bzw. Signalführung. 1: Antenne, 2: Antennenhalterung, 3: Getriebebox, 4: Turbinenwelle, 5: Heckrotorwelle, 6: Hauptrotorwelle, 7: Hauptrotorblätter, 8: Helikopterrumpf, 9: Antennenkabel.



Bild 7. Das Flächenflugzeug dient als mobile Relaisstation, empfängt die Bild- und Tonsignale der Kameramotorräder und des Kamerahelikopters und gibt sie weiter an die terrestrische Empfangsstelle. Aus dem geöffneten Flugzeugboden sind die Sende- und Empfangsantenne sowie die Funkantennen sichtbar.



manente Richtfunknetz bzw. eine Satellitenübertragung in die Hauptregie möglich ist (Bild 8). Die Empfangsantenne wird aufgrund der übermittelten Flugzeugposition manuell nachgeführt. Die Praxis hat gezeigt, dass bei automatischen Nachführsystemen im Falle eines kurzzeitigen Signalverlustes die Neusynchronisation zu lange dauert und dies für den Zuschauer einen unzumutbaren Bildunterbruch zur Folge hat.

## Navigationshilfe und Ortungsverfahren

Zu grosse Distanzen und Schlechtwetterlagen verunmöglichen den Beteiligten die Sichtverbindung und somit

eine Koordination zwischen den Kameramotorrädern bzw. dem Kamerahelikopter zum Relaisflugzeug, aber auch zwischen dem Relaisflugzeug und dem terrestrischen Empfangspunkt. Damit der Kontakt trotzdem hergestellt und in der Folge aufrechterhalten werden kann, wird das sa-

tellitenunterstützte Ortungsverfahren GPS (Global Positioning System) (siehe Kasten) eingesetzt.

## Schlussfolgerung

Grossereignisse, wie beispielsweise die Strassenradweltmeisterschaft in Lugano, werden lange im voraus geplant. Alles ist planbar – das Wetter jedoch nicht. Erfreut die Sonne das Rennereignis, so können die Fernsehzuschauerinnen und -zuschauer in gewohnter Manier das gesamte Rennen mitverfolgen. Bei Schlechtwetterlagen müsste er oder sie sich allerdings mit fraktionellen Wiedergaben des Rennverlaufes begnügen, die von einzelnen Standkameras entlang des Par-



Bild 8. Terrestrische Empfangsstelle: Die beiden Empfangsantennen (links, beim Übertragungswagen) werden aufgrund der übermittelten Flugzeugposition manuell nachgeführt. Die mobile Satellitenbodenstation (rechts im Bild) leitet die Signale via Satelliten weiter in die Regie.

## Was ist GPS und weshalb wird es für diesen Zweck angewendet?

Das GPS-Navigationssystem besteht aus insgesamt 24 Satelliten, die in einer Höhe von 20 000 km die Erde umkreisen und ständig Datenimpulse aussenden. Bei freier Sicht zum Himmel kann mittels eines GPS-Empfängers, sofern Sicht zu mindestens drei Satelliten besteht, zu jeder Zeit und an jedem Ort auf der Welt der genaue Standort mit ei-

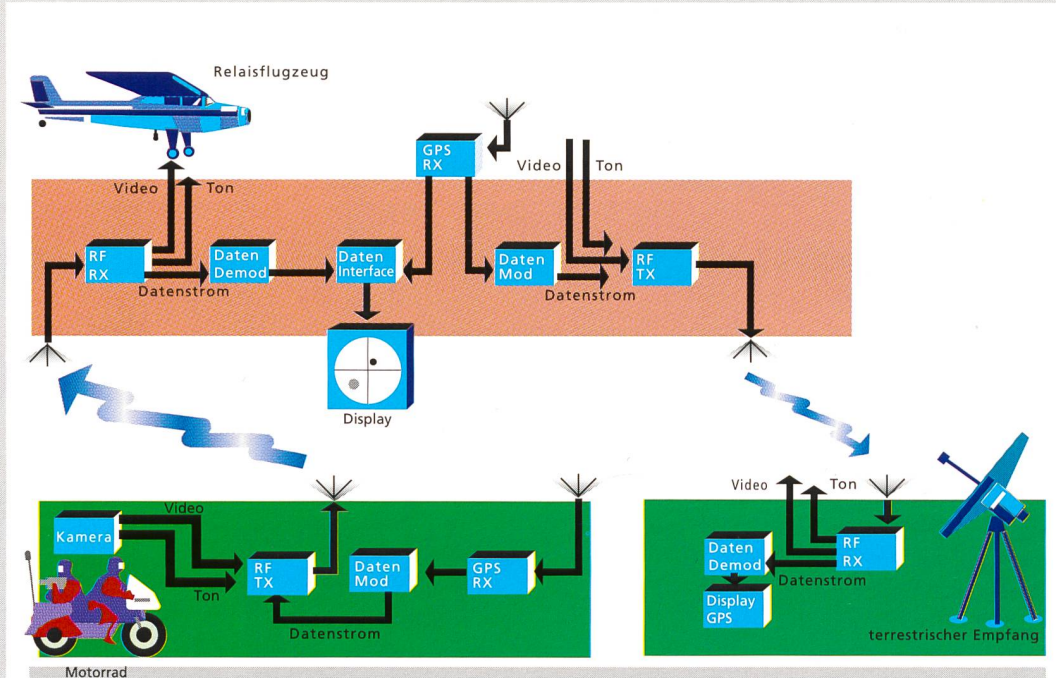


Bild 9. Die Kameramotorräder, der Kamerahelikopter sowie das Relaisflugzeug sind mit je einem GPS-Empfänger ausgerüstet.

ner Unsicherheit von nur 150 m oder weniger ermittelt werden. Die Kameramotorräder, der Kamerahelikopter sowie das Relaisflugzeug sind mit je einem GPS-Empfänger ausgerüstet (Bild 9). Die Kameramotorräder bzw. der Kamerahelikopter ermitteln laufend ihre aktuelle Position. Die Positionsdaten werden zusammen mit der Bild- und Toninformation dem Relaisflugzeug übermittelt. Das Relaisflugzeug ermittelt seinerseits seine Position. Im Flugzeug werden die Positionen auf einem Bildschirm dargestellt. Der Pilot kann nun sein Flugzeug so lenken, dass er nie aus dem Kegel der Sendeantennen gerät. Auf dem Sichtgerät können zwei verschiedene Modi dargestellt werden:

- Auf einer hinterlegten Geländekarte ist laufend die aktuelle Position des Flugzeuges sichtbar. Dieser Modus eignet sich bei Startbeginn zum Auffinden des Kameramotorrades an einem vereinbarten Treffpunkt (Bild 10).
- Darstellung der relativen Position des Relaisflugzeuges zum Kameramotorrad. Anstelle der hinterlegten Geländekarte erscheint ein auf die Bildmitte fixiertes Fadenkreuz, das die Position des Kameramotorrades darstellt. Konzentrisch dazu wird der Empfangskreis eingeblendet (Horizontalschnitt des Antennenkegels unter Berücksichtigung der Flughöhe). Der Positionspunkt des Relaisflugzeuges bewegt sich nun auf dem Bildschirm entsprechend seiner aktuellen Position. Der Pilot muss nun darauf achten, dass er den Empfangskreis nie verlässt (Bild 11).

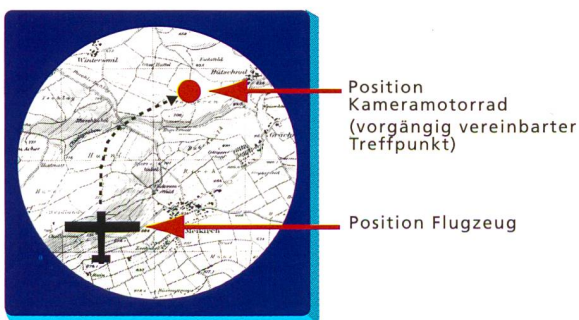


Bild 10. Auffinden des Kameramotorrades an einem vereinbarten Treffpunkt.

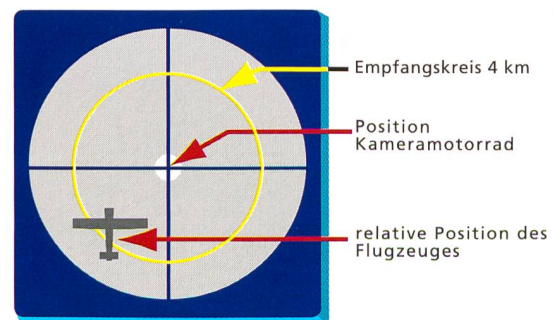


Bild 11. Der Pilot muss darauf achten, dass er den Empfangskreis nie verlässt.

## Entwicklung von Mobilantennen für den Einsatz mit Kameramotorrädern, Relaishelikoptern und Relaisflächenflugzeugen

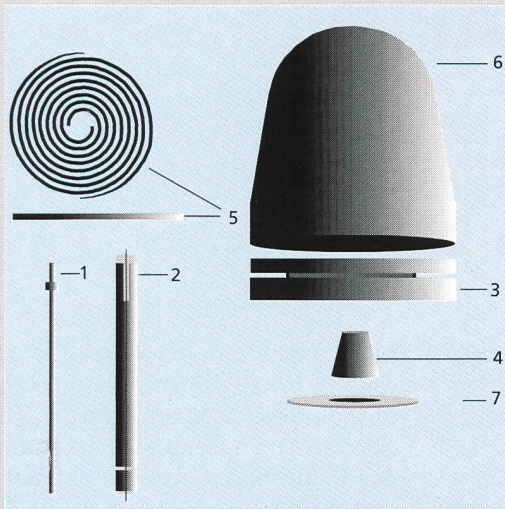


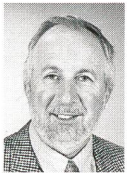
Bild 12. Aufbau der Antenne. 1: Innenleiter, 2: Aussenleiter mit Schlitzübertrager, 3: Reflektor, 4: Spannzange, 5: Spiralscheibe, 6: Radom, 7: Scheibe

Für die Übertragung der TV-Signale vom Kameramotorrad zum Relaishelikopter bzw. -flächenflugzeug (Up-Link) werden Antennen mit einem grossen Öffnungswinkel benötigt. Bei relativen Verschiebungen zwischen Motorrad und Flugzeug und zusätzlichen Schräglagen durch Kurvenlagen sowie bei Kreisflügen (Bilder 2 und 3) darf die Signalverbindung nicht verlorengehen. Solche Antennen waren kurzfristig auf dem Markt nicht erhältlich und wurden daher bei der Direktion Forschung und Entwicklung der Telecom PTT entwickelt. Folgende Parameter mussten berücksichtigt werden:

- Öffnungswinkel der Antennen TX 90° bzw. RX 50°
- zirkularpolarisierte Antennenstrahler. Diese Art der Abstrahlung vermindert Störungen, hervorgerufen durch Mehrwegempfang, welcher durch Reflexionen an Gebäuden auftreten kann.

Der Aufbau der Antenne ist aus Bild 12 ersichtlich. Zur Erzeugung der zirkularpolarisierten Abstrahlung wurde eine Doppelspiralform vorgeschlagen und daraus die Archimedesspirale gewählt.

cours und am Ziel eingefangen werden. Mit dem Einsatz eines Flächenflugzeuges und somit dank eines wetterunabhängigen Übertragungskonzeptes kamen die Fernsehzuschauerinnen und -zuschauer anlässlich der Strassenradweltmeisterschaft in Lugano in der Schweiz erstmals in den Genuss des vollständigen Renngeschehens. Sie konnten den Anlass am Bildschirm uneingeschränkt miterleben. 8.4



**Urs Balmer**, dipl. El.-Ing. HTL, schloss das Studium 1967 in der Fachrichtung Schwachstromtechnik an der Ingenieurschule Biel/Bienne ab. Nachfolgend arbeitete er für ein Jahr in einem

Elektroniklabor des Chemiekonzerns ICI in Middlesbrough, England. Anschliessend war er für drei Jahre im Entwicklungslabor für Kleinfunk- und Sprachverschlüsselungsgeräte bei BBC in Baden tätig. Von 1971 bis 1977 hat er bei der Elektrizitätsgesellschaft in Olten als Projektleiter ein neues Datenübertragungsnetz sowie ein neues Dispatchingcenter realisiert. 1978 nahm er seine Tätigkeit bei der Telecom PTT auf und war in verschiedenen Bereichen der drahtlosen Übertragung tätig. Seit 1995 leitet er in der Direktion Radiocom die Sektion Temporäre Richtfunk- und Satellitenverbindungen.

### SUMMARY

#### Fixed-wing aircraft as a mobile relay station

During the World Cycling Championship in October 1996, Telecom PTT have for the first time used a fixed-wing aircraft for transmitting an event. This is a novelty: During bad weather, when helicopters can no longer be safely used, Telecom PTT can guarantee interference-free transmission of pictures by means of fixed-wing aircraft. The evaluation of the project implemented in the autumn of 1996 now shows that the new method is suitable for future sports events such as cycling races.

Wer seine  
**Investitionen**  
schützen will,  
kontaktiert  
ISO-zertifizierte  
General-  
unternehmen.



**SOHARD AG**

Software/Hardware Engineering  
Galgenfeldweg 18, CH-3000 Bern 32  
Tel. 031 33 99 888, Fax 031 33 99 800  
E-Mail: sohard@sohard.ch