

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 92 (2001)

**Heft:** 19

**Artikel:** Fernsehen ohne Sichtkontakte

**Autor:** Müller, Simon

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-855757>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.04.2026

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

# Fernsehen ohne Sichtkontakt

## TV-Sendungen live aus dem Flugzeug

Nachdem den Fernsehzuschauern im Sommer letzten Jahres vom Schweizer Fernsehen DRS spannende Bilder von der Eiger-Nordwand aus ungewöhnlichen Perspektiven gezeigt wurden, wurde im Oktober 2000 in einer gut zwölf Stunden dauernden Reportage vom Zürcher Flughafen Kloten im Rahmen einer Marathon-Live-Sendung erstmals live aus einem Linienflugzeug übertragen.

Bei beiden spektakulären, mit hohem technischen Aufwand durchgeführten Live-Übertragungen kam die digitale Bildübertragungstechnik COFDM – Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing – zum Einsatz, eine Technologie, welche die drahtlose Übermittlung von Bildern ohne zwingendem

*Simon Müller*

Sichtkontakt zwischen Sender und Empfänger ermöglicht. Im vorliegenden Artikel soll die bei der Übertragung aus dem Flugzeug (Bild 1) verwendete Technik beschrieben werden.

Die für die «drahtlosen Kameras» im Flugzeug zuständige Unternehmung Te-



Bild 1 Der für die Direktübertragung verwendete Airbus



Bild 2 Sicht auf das Cockpit des Airbus

lesource AG stützte sich bei der Übertragung auf die DVB-T-Übertragungstechnik. Das verwendete System wurde bereits in Deutschland u.a. bei der Love-Parade in Berlin und bei der Expo in Hannover erfolgreich eingesetzt.

### Hohe Sicherheitsanforderungen

In einem Flugzeug mussten selbstverständlich hinsichtlich Frequenzbereich, elektromagnetischer Verträglichkeit und mechanischer Konfiguration spezielle Anforderungen und gesetzliche Bestimmungen erfüllt werden. So musste der Beweis erbracht werden, dass die verwendeten Geräte zu keinem Zeitpunkt die Flugzeugelektronik an Bord oder am Boden beeinträchtigten.

In Speziallabors der Swissair und Lufthansa Technik wurde jedes einzelne Gerät – aber auch die Verkabelung – auf Störstrahlung gemessen. Auch musste die Bruchsicherheit der Ausrüstung, die in der Kabine des Flugzeugs installiert war, den Anforderungen einer 20-fachen Eigenbelastung in horizontaler Richtung entsprechen. Bevor die Installation vom Bundesamt für Zivilluftfahrt für unbedenklich erklärt werden konnte, hatten die Techniker von Sair Technics und Lufthansa Technik die Anlagen umfassend zu prüfen. Beim Piloten wurde ein Schalter installiert, mit dem die Anlage im Notfall mit nur einem Handgriff ausser Betrieb genommen werden konnte.

Das Gewicht der video-, audio- und sendetechnischen Gesamtausrüstung durfte nicht mehr als das Durchschnittsgewicht eines Passagiers (80 kg) betragen. Die Direktübertragung erfolgte auf dem routinemässigen Umlauf des Airbus

auf der Route Zürich-München-Zürich-Budapest-Zürich.

### Live-Übertragung durch drei Kameras

Die Bilder wurden von einer tragbaren, von einem Kameramann bedienten Kamera sowie von zwei fest installierten

### Internationales Team

Am Projekt «Flughafen live» waren fünf Firmen aus Deutschland und der Schweiz beteiligt.

#### Sair AG, Lufthansa

Die schweizerische Fluggesellschaft in Partnerschaft mit der deutschen Lufthansa war für die flugtechnischen Belange wie Sicherheit, Zutritt, Mechanik, Störstrahlung und Einbau zuständig.

#### Global Link

Global Link ist ein junges, privatwirtschaftlich geführtes Unternehmen, welches aus dem Bereich Media Link der Swisscom hervorgegangen ist. Kerngeschäft ist die Video-, Audio- und Datenübertragung über temporär aufgebaute Verbindungen (Kabel, Lichtwellenleiter, Richtfunk oder Satellit). Die notwendigen Einzelgeräte wie Encoder, Modulator, Sender-Endstufe und Antennen wurden bei der Schweizer Firma Telesource AG beschafft.

#### TPC (TV Produktion Center Zürich)

Diese Produktionsfirma – eine Tochtergesellschaft der SRG/SSR – war mit rund 90 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die technische Realisation zuständig.

#### Telesource AG

Die Telesource AG ist auf die Übertragung von Bild, Ton und Daten spezialisiert. Sie entwickelt, realisiert und wartet professionelle Systeme auf drahtloser und drahtgebundener Basis. Die eingesetzten Geräte wurden von ihr geliefert.

Mini-Kameras aufgenommen. Geschnitten wurden sie über eine kleine Kreuzschiene (Videomatrix). Eine Mini-Kamera zeigte dabei ständig die Piloten im Cockpit, die andere hatte die Galley (Board-Küche) und im Anschnitt das Cockpit aus rückwärtiger Perspektive im Visier (Bild 2).

Während des Fluges nach Budapest<sup>1</sup> konnte das Signal fast 40 Minuten in guter Bildqualität gesendet werden, wobei die erzielte Reichweite überraschte. Der Empfang im Nahbereich des Flughafens Kloten wurde über eine Rundstrahlantenne auf dem Dach des Terminals A realisiert. Nach dem Start und bis kurz vor der Landung in Kloten wurde für die lange Distanz auf einen topografisch günstiger gelegenen Empfänger mit nachführbarer Parabolantenne auf dem Uetliberg in der Nähe von Zürich gewechselt.

## Die verwendete Technik

Ein einziger Testflug mit einem Airbus A320 musste ausreichen, um die praktische Machbarkeit (Kosten) zu beweisen. Das Videosignal im Flugzeug wurde zunächst kodiert, anschliessend moduliert und über eine Rundstrahlantenne am unteren Rumpf des Flugzeugs mit 6 W Sendeleistung ausgestrahlt. Der Transmitter (Sender) selbst befand sich im Inneren des Flugzeugs. Zum Senden wählte man eine auf die Frequenz im 2,5-GHz-Bereich (freier, konzessionsloser Sendebereich) abgestimmte Spezialantenne, die an Stelle einer vorhandenen, aber redundanten Antenne an der Aussenhaut des Airbus angebracht wurde (Bild 3).

## Das COFDM-Übertragungsverfahren

Die drahtlose elektronische Berichterstattung von beweglichen Ereignissen ist für die Live-Berichterstattung noch immer eine grosse Herausforderung. Ob Radrennen, Karnevalsanzug oder Banküberfall – die Aufgabe der jeweiligen Produktionsfirma ist es, von allen Kameras ein gutes, störungsfreies Bild zu liefern.

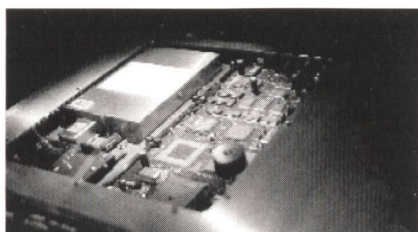


Bild 3 Ansicht eines Boards zur Übertragung im 2,5-GHz-Band

Die herkömmlich verwendete analoge terrestrische Übertragung gilt als sehr anspruchsvoll bezüglich ungestörter Ausbreitung. Reflexionen wirken sich störend aus und die notwendige Sichtverbindung stellt hohe Anforderungen an die Richtantennen. Zudem interessieren sich auch die Telefongesellschaften für den Frequenzbereich um 2,5 GHz und stören den Fernsehübertragungsbetrieb in Form von Impulsstörungen und Rauschen. Die eingeschränkte Zahl der zur Verfügung stehenden Frequenzen reicht heute nicht mehr aus.

Hier kann die digitale Technik (COFDM: Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Abhilfe verschaffen. Durch das Vermindern der Bandbreite auf Senderseite in Form von Datenkomprimierung nach dem MPEG-2-Standard reicht die Bandbreite einer Frequenz für mehrere digitale Fernsehübertragungskanäle aus. Die entsprechende Videokodierung MPEG-2 erfolgt entweder im Format 4:2:2 oder 4:2:0. MPEG-2 selbst ist skalierbar zwischen 1,5 Mbit/s und 50 Mbit/s.

## Die Modulationsverfahren

Für die digitale Übertragung eignen sich die Modulationsverfahren QPSK, QAM, 8VSB und diverse andere. Technisch möglich sind sowohl Einträgerverfahren als auch Mehrträgerverfahren.

Das Einträgerverfahren wurde für Kabel- und Satellitensysteme entwickelt. Alle Übertragungsdaten werden dabei einem Träger aufmoduliert, was den Nachteil mit sich bringt, dass beim Unterschreiten der minimalen Feldstärke die Verbindung plötzlich abbricht. Wenn hingegen beim Mehrträgerverfahren – z.B. COFDM – der eine oder andere Träger ausfällt, kann diese Störung mit mathematischen Verfahren innerhalb eines bestimmten Bereichs noch ausgeglichen werden. Mit dem Mehrträgerverfahren und 16 QAM können Datenraten von 9 Mbit/s bis zu 16 Mbit/s erzielt werden. In der Praxis sollte die Grenze aber auf etwa 12 Mbit/s festgelegt werden. Mit 64 QAM lässt sich die Datenrate bis auf 23 Mbit/s steigern. Die Sicherheit der Übertragung steht im umgekehrten Verhältnis zur Höhe der Datenrate beim

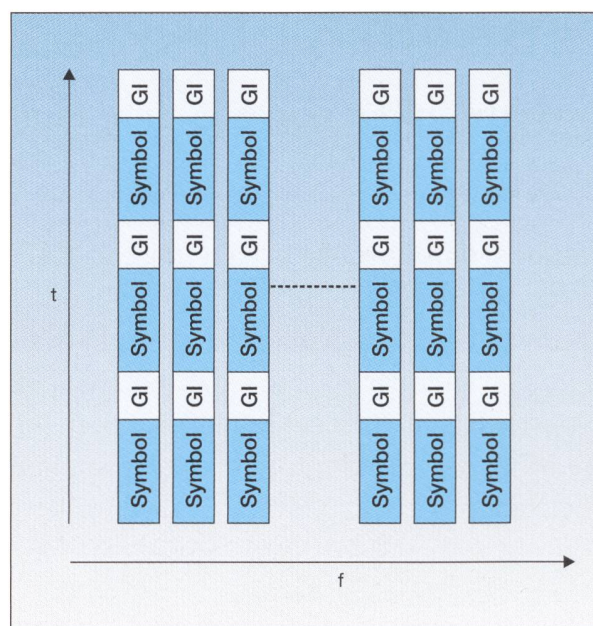


Bild 4 Datenrate, aufgeteilt auf einzelne Träger

Modulationsverfahren. Die besten Erfahrungen beim COFDM wurden bisher jedoch mit der QPSK Modulation gemacht.

OFDM ist ein Übertragungsverfahren für hohe Datenraten. Es überträgt Daten gleichzeitig über mehrere Unterträger, die äquidistant in einem Frequenzband angeordnet sind. Der Datenstrom wird dabei in sogenannte Symbole bestimmter Länge mit zusätzlichem «Guard Intervall» (GI) verpackt, das einen bestimmten Zeitraum für die verzögerten Signale zulässt. Bild 4 zeigt die Aufteilung der Datenrate auf einzelne Träger. Dieses Guard Intervall gibt dem Empfänger die Möglichkeit, auf verzögerte Signale zu warten, bevor sie dekodiert werden. Es wurden Datenraten zwischen 4 Mbit/s und 8 Mbit/s erreicht, wobei die Code-rate im Empfangssystem mittels Softwaresteuerung automatisch korrigiert wird. Die Intervalllänge wird über die Coderate (Forward Error Correction) eingestellt. Die Coderate selber wird mittels Softwaresteuerung am Empfangssystem korrigiert. Je grösser diese Zeitspanne gewählt wird, desto sicherer ist die Kommunikation und umso kleiner die Bit-Rate.

Gebäude, Fahrzeuge, Berge usw. reflektieren die elektromagnetischen Wellen und verursachen unterschiedliche Laufzeiten der Signale. Am Empfangsort treffen diese Daten somit zu unterschiedlichen Zeiten ein. Diese Eigenschaft der Ausbreitung wird von COFDM-Systemen ausgenutzt. Somit wird aus der Reflexion, welche bei der herkömmlichen analogen Übertragungsart ein Problem darstellt, ein Vorteil. Mit COFDM kann so mit geringem planerischen Aufwand

ab mobilen Plattformen ohne direkte Sichtverbindung gesendet werden.

### Die Vorteile des gewählten Verfahrens

Vorteile des verwendeten Systems sind die durch die OFDM-Technologie sich ergebende hohe Empfindlichkeit, d. h. bei gleicher Sendeleistung ist eine grössere Reichweite als bei vergleichbaren analogen Systemen möglich. Da das Verfahren mit Reflexionen arbeitet, ist es im Grunde nicht notwendig, Sende- und Empfangsantennen nachzuführen. Rundstrahlantennen sind normalerweise ausreichend, gerichtete Antennen werden nur für spezielle Anwendungen benötigt.

Der Audiokanal wurde über die drahtlose Strecke mitgeführt, eine Kommunikation zur Regie wäre zwar bei der Live-Übertragung aus dem Flugzeug über den zweiten Audiokanal möglich gewesen, man hat aber letztlich darauf verzichtet, weil das Rücksprechen zum Flugzeug mit vertretbarem Aufwand nicht realisierbar war. Ausserdem hätte man im Bedarfsfall<sup>2</sup> das Flugzeug über die Flugsicherung Swisscontrol erreichen können.

### Hoher technischer und personeller Aufwand erforderlich

Neben einem grossen Übertragungswagen, der als Zentralregie diente, waren sechs stationäre Reportagewagen als Subregien im Einsatz, die über den gesamten Flughafen verteilt waren. Einer der Reportagewagen wurde in einer vom Fluglärm betroffenen Nachbargemeinde plaziert.

Die Aufgabe der Subregien war es, lokale Sendeteile, sei es aus der Gemeinde, einem Hangar oder vom Bodenpersonal zu produzieren und in die Sendung einzuspeisen. In Bild 5 ist das Zusammenspiel der beteiligten Systeme schematisch dargestellt.

Die Anbindung der einzelnen Reportagewagen an die Zentralregie erfolgte entweder über Richtfunk oder über Glasfaserkabel, die im weitläufigen Flughafen-gelände für Kommunikationszwecke verlegt sind. Wegen unterschiedlicher Normierungen mussten allerdings die vorhandenen Lichtwellenleiter aufwändig für die TV-Nutzung adaptiert werden.

Für den Betrieb wurden 90 Mitarbeiter der Produktionsfirma TPC benötigt, welche die Kamera und die Mikrofone bedienten oder in der Regie bzw. als Regie-assistenten tätig waren.

Zwei weitere drahtlose Kameras in den Flughafengebäuden und eine auf dem Vorfeld, ebenfalls basierend auf der neuen OFDM-Technologie, gaben dem Fernsehzuschauer Live-Einblicke in die

komplexen Funktionsabläufe eines Flughafens: Abfertigungsschalter, Gepäckermittlung, Zoll, Fracht, Flugsicherung, Flugzeugwartung, Polizei, Feuerwehr, Reisebüros, Gastronomie usw.

Ohne Luftaufnahmen ist eine Reportage vom Flughafen nur die halbe Sache, deshalb lieferte ein Helikopter mit einer fernsteuerbaren Gyro-Cam den Blick von oben. Die Übertragung aus dem Hubschrauber erfolgte über herkömmliche analoge Funktechnik.

Insgesamt 29 kabelgebundene Kameras lieferten Live-Bilder. Hinzu kamen Teams, deren Berichte vor Ort geschnitten und in die Live-Sendung eingespielt wurden. 8 km Kamerakabel wurden verlegt.

### Mitwirkende mussten ständig erreichbar sein

Bei einer Veranstaltung dieser Gröszenordnung lässt sich leicht vorstellen, dass der Kommunikationsaufwand beträchtlich war. Es ist dabei zu bedenken, dass alle Übertragungswagen, alle redaktionellen und technischen Mitarbeiter irgendwie erreichbar sein müssen, sei es über Kommandoanlagen, Funksprechgeräte oder Handies, dies zudem in einem lärmgefüllten Umfeld.

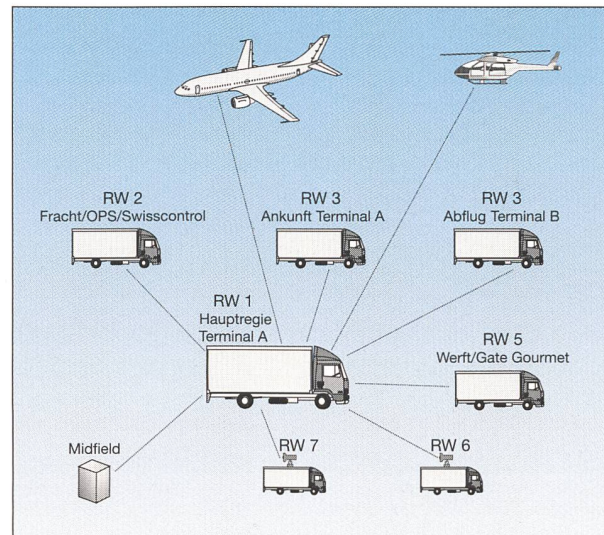


Bild 5 Schematische Darstellung der Übertragungsverbindungen

35 kabelgebundene Gegensprechstellen waren in den Übertragungs- bzw. Reportagewagen installiert. Für 75 Funksprechgeräte wurden 18 Funkkanäle geschaltet – teilweise über leistungsstarke Relaisstationen –, wobei teilweise auch Flugfunkfrequenzen genutzt wurden.

### Adresse des Autors

Telesource AG, 3400 Burgdorf; liz. oec. publ. Simon Müller, 034 426 64 64, s.mueller@telesource.ch

<sup>1</sup> Das Flugzeug flog verschiedene Strecken während der Sendezeit: Zürich-München-Zürich-Budapest-Zürich. Die gesamte Flugzeit betrug 4,5 Stunden. Das Signal wurde jeweils 40 Minuten vor der Ankunft in und nach dem Abflug von Zürich ab dem Flugzeug gesendet.

<sup>2</sup> Es wäre eine zweite COFDM-Strecke von der Regie (Sender) zum Flugzeug (Empfänger) nötig gewesen. Diese Audiokommunikation zum Flugzeug konnte durch die vorhandenen Mittel (Swisscontrol) effizienter gelöst werden.

## Télévision sans contact visuel

### Des émissions TV directement à partir d'un avion

L'année passée, en été, la TV suisse alémanique DRS avait présenté les images d'une ascension de la paroi nord de l'Eiger, captées sous des perspectives inhabituelles. En octobre 2000, une émission marathon de plus de douze heures tournée à l'aéroport de Kloten comportait la première transmission directe d'images prises à l'intérieur d'un avion de ligne.

Ces deux spectaculaires émissions en direct utilisant des techniques de pointe s'appuyaient sur le système COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) qui permet la transmission sans fil d'images sans nécessiter le contact visuel direct entre l'émetteur et le récepteur. L'article décrit la technique utilisée pour émettre d'un avion.



**ascom**

**Committed to communications for all: Powerline Communications.**

Breitbandkommunikation für alle. Das heisst: Daten, Sprache und Services aus jeder Steckdose. Einfach so. Powerline Communications macht das Stromnetz zum Netzwerk und bietet permanenten Zugang ohne Einwahl. 24 Stunden lang.

**4,5 Mbps surfen für alle, demnächst auch in Basel.**

Anlässlich der Orbit wird auf dem Ascom Stand im Bereich Powerline ein lokales PLC Netzwerk über zwei Etagen installiert, an welchem insgesamt neun Workstations angeschlossen sind. Die Besucher erhalten somit die Gelegenheit, an der Orbit auf einigen Workstations den Internet Power-Fun zu testen, und live mitzuerleben, dass Strom nicht nur Licht, Wärme und Energie spendet, sondern auch ausgezeichnete Kommunikations-Eigenschaften besitzt. Plug and work, so einfach ist die PLC Technologie für die Nutzung des grössten, bestehenden Netzwerkes der Welt.

**Weitere Highlights an der Orbit:**

Die gesamte PLC Produktpalette aus der aktuellen Serienfertigung stehen den interessierten Fachbesuchern in Original Version zur Verfügung, um sich von der kompakten Bauweise und dem modernen Design zu überzeugen. An Messen werden bekanntlich nicht nur erfolgreiche Produkte präsentiert, sondern auch Neuheiten. Voice over Powerline, eine neue Kommunikationsära, könnte an der kommenden Orbit zu einem weiteren Gesprächsthema werden!

Ein Fachkompetentes Team mit internationalen PLC Erfahrungen steht an diesen Messetagen zur Verfügung und wird den nationalen Fragen zur Verfügung stehen bezüglich:

Anwendungsmöglichkeiten, Systemintegration, internationale Case Studien, PLC Erfolgsfaktoren, Facts u.v.m.

**Halle 1.1 Stand E 30**

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

[www.ascom.ch](http://www.ascom.ch)

**orbit**  
EUROPE 2001  
**COMDEX**  
Messe Basel.