

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 116 (1998)
Heft: 30/31

Artikel: Weltneuheit auf dem Säntis: ein enteisbarer Antennenträger
Autor: Hitz, Max
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79543>

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: 28.12.2025

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

Max Hitz, Worblaufen

Weltneuheit auf dem Säntis

Ein enteisbarer Antennenträger

Die Wahl eines Aussichtsbirg mit einer jährlichen Besucherfrequenz von 500 000 Personen als Stützpunkt eines Richtfunknetzes und der Radioversorgung erschwert bei Umbauten den Bauvorgang ganz erheblich.

Die steigenden Bedürfnisse an die Telekommunikation zwangen die Swisscom, den 1975 gebauten Antennenturm mit einer Höhe von 78 m durch einen neuen, 123 m hohen Turm zu ersetzen. Nach einer mehrjährigen Planungs- und Bauzeit konnte der Turm zusammen mit den Erweiterungsbauten im Bereich Richtfunk und Hotellerie im Juni 1998 offiziell eingeweiht werden.

Design

Die Antennenvorgabe verschiedener Dienste der Bauherrin sowie die Versorgungsplanung des Antennenlieferanten bestimmten einerseits die Turmhöhe und andererseits auch die zulässigen Durchmesser der Tragkonstruktionsteile. Zusätzlich musste aufgrund der Lage des Turms - umgeben von Aussichtsterrassen, die den Säntistouristen zugänglich sein müssen - dem Eisproblem grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden; denn wegen des Eisfalls beim alten Turm waren diese Terrassen schon bis zu 100 Tagen pro Jahr gesperrt. Daher entschloss sich die Bauherrin, den neuen Turm wiederum zu verkleiden, und diese aus glasfaserverstärktem Kunststoff hergestellte Verkleidung zusätzlich zu beheizen. Mit dieser Lösung kann der sich bei schlechter Witterung aufbauenden Vereisung rasch und effizient entgegenge wirkt werden (S. 572 f.). All diese Parameter ergaben schliesslich die Form des Turms.

Die Ebene von zwei auf der Höhe von 38 m angeordneten Kreisparabolantennen musste mit Glas verkleidet werden, was dem ganzen Erscheinungsbild mit der undurchsichtigen Verkleidung optisch gut tat (Bild 1).

Der Turm besteht somit aus einer Stahlkonstruktion aus 21 untereinander verschraubbaren Rohrelementen bis zur Höhe von 82,2 m sowie einem selbsttragenden glasfaserverstärkten Zylinder bis

fast zur Turmspitze bei 120,15 m. Eine drehbare Aluminiumkabine mit eingebauter Revisionsvorrichtung zur Kontrolle der Verkleidung und Hochziehen von Antennen bildet den Turmabschluss auf einer Höhe von 123,63 m.

Der maximale Rohrdurchmesser des Stahlrohrelements Nr. 1 beträgt am Turmfuss 4,4 m (Wandstärke 30 mm), der kleinste Durchmesser des Elements Nr. 21 auf der Höhe von 82,2 m noch 1,35 m (Wandstärke 25 mm). Die Verkleidung hat einen maximalen Durchmesser von 6,48 m und einen minimalen von 1,82 m. Die Wandstärken betragen aufgrund der Beheizung, die ab der Höhe von 41,52 m bis zur Turmspitze eingebaut wurde, rund 100 mm.

Der ganze Turm ist mit einem sternförmig angeordneten Rohrfachwerk und 16 Anker auf den Aussenwänden des dar-

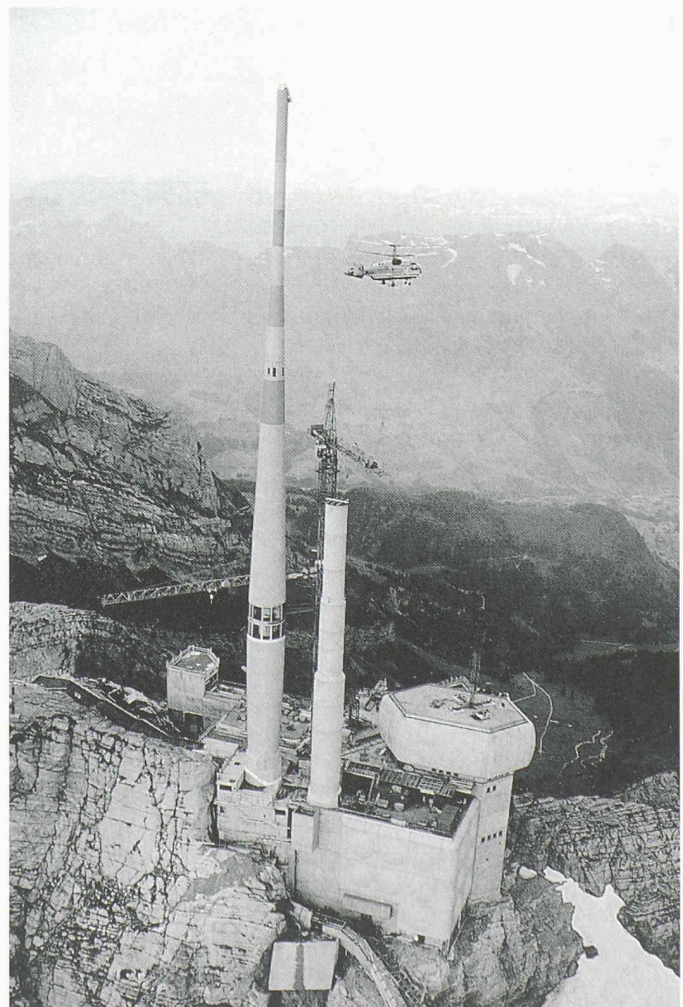
unter gebauten Gebäudeteils verankert. Acht Lagertraversen bilden die Eckpunkte sowie die Spannankerauflage. Die nachfolgend aufgeführten Schnittkräfte sollen die Grösse der auftretenden Kräfte, die bei der Suche nach einer guten Lösung dieser wichtigsten Konstruktionselemente nicht unterschätzt werden dürfen, aufzeigen:

Fachwerkgurte	P_{\max}	+2288 kN	Zug
	P_{\max}	-3043 kN	Druck
Fachwerkdiagonalen	P_{\max}	+226 kN	Zug
	P_{\max}	-276 kN	Druck

Die Krafteinleitung ins erste Rohrelement erfolgt über Knotenbleche und aufgeschweisste Ringe. Das Gewicht nur dieses Fachwerks und des ersten Rohrelements beträgt 133 Tonnen.

Schrauben

Bei den Anschlusspunkten vorgängig erwähnter Fachwerkträger an die Lagertraversen und an das erste Rohrelement wurden hochfeste Passschrauben eingesetzt. Die Berührungsflächen wurden hierzu speziell vorbereitet und zusätzlich mit



1
Der neue Turm links
und ein Rest des alten
(rechts)



2
Montage der Verschallungselemente

einem gleitfesten Anstrich versehen. Alle andern Verbindungen in den Rohrelementen sind mit normalen hochfesten Schrauben der Qualität 10.9 ausgeführt. Die Schraubengrösse variiert von M20 bis M42, verbraucht wurden 12 075 Stück.

Korrosionsschutz

Aufgrund der Verkleidung konnte folgender Oberflächenschutz gewählt werden:

- Sandstrahlen SA 3
- Spritzverzinkung 80 μm
- Porenverschluss 80 μm

Qualitätskontrolle

Die schwierigen und komplizierten Details bei der Herstellung der ganzen Konstruktion waren eine grosse Herausforderung für den Stahlfabrikanten. Aufgrund aller verlangten und geplanten Kontrollen, Proben und Prüfungen erhielt nur eine nach ISO 9001 qualifizierte Unternehmung diesen Auftrag. Einwandfreie Konstruktionspläne sowie ein QM-Plan bildeten die Basis zum gegenseitigen Verständnis zwischen Ingenieur, Fabrikant und Montageunternehmung.

Statik System

Die erwähnten Designvorgaben, die zulässige horizontale und vertikale Winkelabweichung der Antennen und natürlich die Windbelastung inklusive auftretendem Böenfaktor bildeten die Grundlage für die Dimensionierung.

Erschwernisse, wie die exponierte Lage des Turms an der Felskante oder Turbulenzen in der Montagephase infolge des in Hauptwindrichtung stehenden alten Turms, durften nicht vernachlässigt werden. Eine seit Jahren auf dem Säntis installierte Windmessanlage der SMA lieferte dazu verlässliche Werte. Die Luftdichte γ beträgt für den Säntis und die Höhe von 2500 m ü. M. bei durchschnittlichen Luftdruck- und Temperaturverhältnissen gemäss Standardatmosphäre 0,958 kg/m^3 . Dem Staudruck wurde folgende physikalische Formel zugrunde gelegt:

$$q = \frac{\rho \cdot v^2}{2g}$$

Die Bemessung des Turms erfolgte mit dem Spektralverfahren. Aufgrund des Ver-

laufs des Spektrums der Windereignisse wurde das Bauwerk auf eine quasistationär und eine dynamisch wirkende Windlast bemessen (vgl. z.B. Schueller, 1981). Ein Moment infolge der quasistationären Last wird im folgenden mit \bar{M} und das Moment infolge der dynamischen Windlast, an derselben Schnittstelle, mit M bezeichnet. Das Moment M wird als sogenannte statische Ersatzlast angegeben:

$$M = G\bar{M}(\text{Tragfähigkeitsnachweis})$$

wobei G als Böereaktionsfaktor bezeichnet wird. Aufgrund eines Vorschlags von Davenport (1961) berechnet sich G wie folgt:

$$G = 1 + K \frac{\delta_M}{\bar{M}}$$

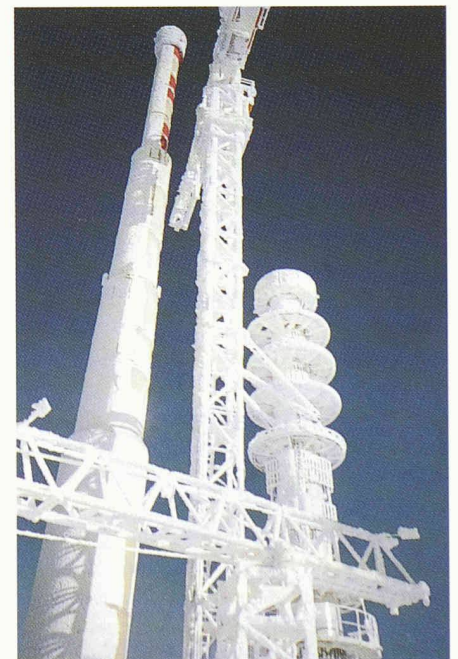
wobei $K > 0$ die Überschreitenswahrscheinlichkeit von M und δ_M die Standardabweichung zur mittleren Schnittgrösse infolge der stochastischen Windlast ist.

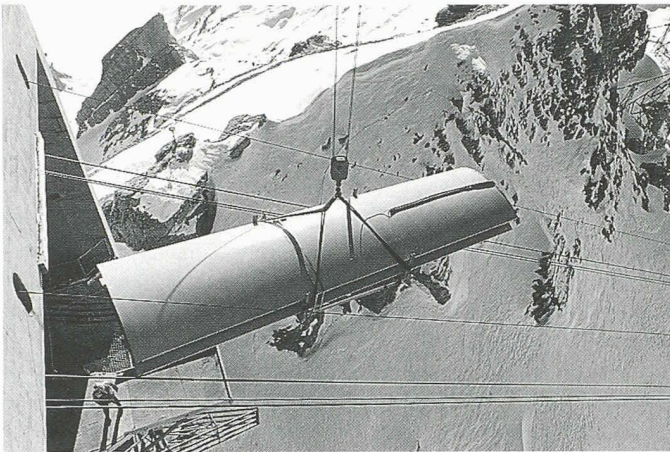
Mit der üblichen Annahme von $K = 2,5$ (z.B. Schueller, 1981) ist die Überschreitungswahrscheinlichkeit des Bemessungsmoments $p \approx 10^{-3}$.

Bei der Bemessung wurden Zustände der Gebrauchs- und der Tragfähigkeit nachgewiesen. In beiden Fällen ist es üblich, dass den Windlasten eine 100jährige Wiederkehrperiode des Bemessungswinds zugrundegelegt wird. Massgebend sind dabei die Schnittgrössen infolge des extremen jährlichen Stundenmittels, der Windgeschwindigkeit.

3

Grosser Eisbefall, der einen Arbeitsunterbruch erzwang (unten und rechts)





4
Antransport der
Elemente mit der
Schwebebahn

Montage

Nach eingehender Studie verschiedener altbewährter Turmmontagesysteme, die auf dem Markt vorhanden waren, wurde in Zusammenarbeit mit der Projektleitung die Kletterkranvariante gewählt. Ausschlaggebend dazu waren einerseits die Verwendbarkeit des Krans für die Montage des neuen und die anschließende Demontage des alten Turms und andererseits die Wetterproblematik, die dank des Krans ein rasches Reagieren während eines Montagevorgangs erlaubte. Infolge des selbsttragenden Kunststoffzylinders konnten ab 82 m Höhe keine weiteren Kranabstützungen mehr angebracht werden, so dass die Montage der letzten Turmelemente mit einem Helikopter der Heliswiss erfolgen

musste. Ein detaillierter Montagebeschrieb inklusive Phasenpläne der Arbeitsabläufe ermöglichte den Monteuren ein effizientes Arbeiten. Verschiedene Sicherheitsvorkehrungen wie Hängepodeste, Seilinstallationen - vorgegeben von der gewählten Montagefirma und der Suva - reduzierten die Unfallgefahr dieser äusserst gefährlichen Arbeit. Die Stahlkonstruktionsteile, die Antennen, die Haltekonstruktionen der Verkleidung und die Verkleidung selbst konnten so Stück für Stück montiert werden (Bild 2). Insgesamt wurden Stahlgewichte von 370 t, die Verkleidung mit 62 t und Antennen, Kabel, Heizung, Elektroinstallationen usw. von rund 30 t montiert. Aufgrund der miserablen Wetterlage vom November 1996 bis 10. Januar 1997 (Wind, Eis, Schnee) wurde die geplante Montagezeit erheblich überschritten (Bild 3).

Nach abgeschlossener Montage des Turms konnten die nicht weniger aufwendigen Installationsarbeiten bestehend aus:

- Kabel, Stecker, Verteiler für die Antennen
- Befahrvorrichtung
- Beheizung, Befuerung
- Beleuchtung und telefonische Installation

begonnen werden. Die Inbetriebsetzung erfolgte im Oktober 1997, wobei ab diesem Datum der alte, sich bis dahin noch im Betrieb befindende Turm, demontiert werden konnte. Die Demontage des alten Turms wurde Ende Dezember 1997 ebenfalls unfallfrei abgeschlossen.

Insgesamt wurden Stahlgewichte von rund 202 t, Verkleidung von etwa 20 t sowie Antennen, Kabel usw. von 15 t demontiert.

Transporte

Nach Abschluss der statischen Berechnung des Turms mussten vor dem Erstellen der Werkstattpläne die Stückgrößen anhand der Transportmöglichkeit der

Säntisseilbahn bestimmt werden. Eine andere Transportmöglichkeit stand nicht zur Verfügung. Die zulässige Anhängelast bei leerer Personenkabine betrug 7,5 t. Mit zwei installierten Winden konnte das Anhängen der Elemente gelöst werden. Nebst der Gewichtslimite bestimmte auch die relativ knappe Bodenfreiheit der Kabine zum Terrain die Stückabmessung.

Aufgrund dieser Einschränkungen mussten die Stahlrohrteile z. T. geviertelt, gedrittelt oder halbiert werden. Die aus glasfaserverstärktem Kunststoff hergestellten Verkleidungselemente wurden sogar aus sechs Schalenteilen gefertigt und anschliessend als Zweierpaket transportiert. Erst ab einer Turmhöhe von 41 m konnten ganze Rohrelemente gefertigt und anschliessend auf den Säntis gebracht werden.

Sobald die Elemente auf dem Gipfel angelangt waren, mussten diese durch einen nur für diese Transporte installierten Kran zwischen den Seilbahntragseilen hochgezogen werden (Bild 4). Durch anschliessendes Umschwenken des Krans wurden sie dann an die richtige Montageposition gebracht. Vorgängig war in der Bergstation ein umfangreiches Ab- und Umladen erforderlich.

Dank des grossartigen Einsatzes des Betriebspersonals der Säntisbahn, das für die Bahntransporte zuständig war, konnten die 370 t Stahl und die Verkleidung unfallfrei und ohne Schaden transportiert werden. Der Tourismusbetrieb wurde während dieser Bauphase in keiner Weise behindert.

Adresse des Verfassers:

Max Hitz, dipl. Bauing. HTL, Hitz + Partner AG, Ingenieurbüro, Postfach, 3048 Worblaufen



Am Bau Beteiligte

BauTrägerschaft und Projektleitung:
Swisscom AG, Bern

Projektierung und Planung:
Hitz und Partner AG, Worblaufen

Fabrikation:
Officine Franzi SA, Barbengo-Lugano

Montage:
von Roll Betec AG, Thun

Verkleidung:
IBK, Ingenieurbüro für Kunststofftechnik GmbH, Büren (D)

Prof. G. Nonhoff, Roetgen Rott (D)

Antennen:
Kathrein-Werke KG, Rosenheim (D)

Heizung/Lüftung:

Enplan AG, Herisau

Kran:
Robert Aebi AG, Regensdorf