

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 140 (2014)
Heft: 48: Radarstation Plaine Morte : Bauen im Grenzbereich

Artikel: Wenn es bebt und blitzt
Autor: Liechti, Rolf / Mohasseb, Sassan
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-515392>

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: 20.07.2025

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

TRAGWERK

Wenn es bebt und blitzt

Die Bedingungen auf der Plaine Morte sind einzigartig: Das Tragwerk der Radarstation muss nicht nur heftigen Umwelteinflüssen trotzen, sondern auch die Betriebssicherheit des Radars aufrechterhalten. Drei am Bau beteiligte Experten erklären, wie sie alle Ansprüche erfüllen konnten.

Text: Rolf Liechti, Sassan Mohasseb



Foto: Jan Hellman

Die Photovoltaikanlage kann den Energieverbrauch des Radars nicht annähernd decken. Es stellt sich die Frage, ob sich der Mehraufwand an Material, um den hochalpinen Bedingungen standzuhalten, noch während der Lebensdauer der Anlage finanziell und ökologisch amortisiert. An den Kanten der Photovoltaikmodule erreicht der Windsog Spitzenwerte – durch den Einsatz amorpher Zellen (mit geringerem Wirkungsgrad) hätten sie vermieden werden können.

Der Turm der Radarstation steht neben dem Gipfel der Pointe de la Plaine Morte auf einer Höhe von 2930 m ü.M. Die Form ergab sich vor allem aus den Nutzungsanforderungen (vgl. «Wir konnten nur etwas Schönes bauen», S. 20).

Die technische Infrastruktur musste sich unmittelbar neben dem Radar befinden, um durch kurze Hohlleiter-

verbindungen den Datenverlust zu minimieren. Die Höhenlage bedingte die Turmhöhe, da bei einem Aufenthalt von Personen in der Umgebung der Station ein minimaler vertikaler Sicherheitsabstand zum Strahlungsbereich des Radars eingehalten werden musste.

Die schlanke vertikale Erschliessung in einem Betonzylinder und die daran angehängten auskragenden Betriebsräume werden den Nutzeranforderungen

Erdungs-, Blitzschutz- und Überspannungsschutzmassnahmen

Bei der Pointe de la Plaine Morte handelt es sich um einen exponierten topografischen Standort, was die Einwirkungen von Blitzen betrifft. Es ist mit direkten Blitzeinschlägen in das Radom und die Witerradarantenne zu rechnen. Die Radartechnik hat einen hohen Sachwert und erfordert eine hohe Systemverfügbarkeit. Zu ihrem Schutz wurde gemäss Blitzschutznorm EN 62305 ein Konzept zur Ableitung von Blitzen und Überspannungen realisiert. Die Massnahmen dieses Konzepts erfüllen die Anforderungen gegen direkte und indirekte Blitzeinwirkungen.

Der auf die Radarstation zutreffende Gefährdungspegel (GPL I-IV) wurde durch eine Risikobewertung ausgewählt. Dem GPL entsprechend wurden gemäss EN 62305-3 Länge und Anordnung der Blitzfangeinrichtungen festgelegt. Die Anordnung kann generell auf zwei Arten bestimmt werden. Die vereinfachte Methode des Schutzwinkelverfahrens ist nur für einfache Gebäudestrukturen anwendbar. Die Methode nach dem Blitzkugelverfahren ist genauer und universell anwendbar. Dabei wird eine Kugel allseitig über ein Modell einer baulichen Struktur gerollt. Der Radius der Kugel ist abhängig vom gewählten Gefährdungspegel (GPL I $r = 20$ m; GPL II $r = 30$ m). An allen Stellen der baulichen Anlage, die von der Kugel berührt werden, ist mit direkten Blitzeinschlägen zu rechnen. Um einen wirksamen Schutz des Radoms und der Antenne zu gewährleisten, wurde wegen der Form und Grösse des Radoms das Blitzkugelverfahren angewendet.

Im Projekt Radarstation Plaine Morte werden folgende Blitzschutz-zonen definiert:

erstens der Innenbereich des Radoms und der Montagebereich der PV-Paneele (Lightning Protection Zone LPZ 0_b): Hier sind keine direkten Blitzeinschläge zu erwarten, aber ein anteiliger Blitzstrom und ein ungedämpftes Blitzstrommagnetfeld;

zweitens der gesamte Innenbereich der baulichen Anlage mit dem Technik- und Werkraum (LPZ 1): Hier sind keine direkten Blitzeinschläge möglich, kein anteiliger Blitzstrom und kein Blitzstrommagnetfeld. Es handelt sich bei LPZ 1 also um das geschützte Volumen.

Das äussere Blitzschutzsystem betrifft den Schutz vor direkten Blitzeinschlägen und besteht aus Fangeinrichtungen, Ableitungseinrichtungen und Erdern. Das innere Blitzschutzsystem betrifft elektrische Installationen und Einrichtungen im Gebäudeinnern, wo Überspannungen als Folge eines Blitzes auftreten können. LEMP (Lightning Electromagnetic Pulse)-Schutzmassnahmen umfassen das äussere und innere Blitzschutzsystem. Sie sollen Schäden durch Direkteinschläge, blitzstrombedingte Magnetfelder und leitungsgeführte Überspannungen verhindern. Diese Massnahmen dürfen die Funktionstauglichkeit des Witerradars nicht beeinträchtigen.

Das Blitzschutzsystem sollte wegen des exponierten Standorts der Radarstation entsprechend dem höchsten Gefährdungspegel I (Blitzkugelmethode $r = 20$ m) umgesetzt werden. Laut Radomhersteller sind auf dem Radom aber nur maximal vier Blitzfangstangen à 1500 mm konstruktiv möglich. Der realisierte äussere Blitzschutz mit vier auf dem Radom und acht längs des Gebäudeumfangs angeordneten Blitzfangeinrichtungen erfüllt daher die Anforderungen für den Gefährdungspegel II (Blitzkugelmethode $r = 30$ m). Dieser Kompromiss ist aufgrund des Restrisikos vertretbar.

Der innere Schutz stellt die Anforderungen an GPL I vollumfänglich sicher. Die korrekte Auswahl der Überspannungsschutzgeräte (Surge Protective Device, SPD) verhindert leitungsgeführte Blitzüberspannungen.

Als Ableitungen werden die vertikalen Wandbewehrungseisen und die massiven äusseren Stahlkonstruktionen mitverwendet. Die vertikalen Bewehrungseisen sind an ihren Stossstellen miteinander verschweisst, verklemmt oder verschraubt und längs des Gebäudeumfangs in Abständen von ca. 1 m horizontal miteinander verbunden. Alle in die Schalung eingelegten Stahlplatten für die Montage der äusseren und inneren Stahlkonstruktionen sind mit der Wandbewehrung verschweisst. Die als Ableitungen definierten vertikalen Bewehrungseisen sind einwandfrei mit dem Fundament der verschweisst. Damit konnte im Innern der baulichen Anlage eine von Blitzstrommagnetfeld-

bern freie Zone (LPZ 1) realisiert werden. Gefährliche Einkopplungen von Überspannungen in Installationen innerhalb der baulichen Anlage werden so durch das Bilden eines grobmaschigen Faraday'schen Käfigs vermieden. Es sind auch keine Trennungsabstände gemäss EN 62305 erforderlich.

Sämtliche elektrischen Leitungen müssen beim Eintritt in eine Schutzzone mit Überspannungsschutzgeräten (SPD) beschaltet sein. Die Auswahl der Geräte beruht auf der erforderlichen Begrenzungsspannung und einer allenfalls nötigen Blitzstromtragfähigkeit. Elektrische Betriebsmittel innerhalb des Radoms (Blitzschutzzone LPZ 0_b) sind ihrer Störmempfindlichkeit entsprechend in elektrisch durchverbundenen Metallgehäusen verlegt. So ist der Schutz der systemeigenen Leitungen vor blitzstrombedingten Magnetfeldern ohne Überspannungsschutzgeräte gewährleistet.

Als Erder für das äussere Blitzschutzsystem wird die Bewehrung der Bodenplatte mitverwendet. Sie dient auch als Erder für die elektrischen Installationen und die Schutzmassnahmen im Zusammenhang mit leitungsgeführten Überspannungen. Der Fundament-erder, die Wandbewehrungseisen und die massiven gebäudeinternen Metallkonstruktionen erfüllen die Anforderungen bezüglich eines umfassenden, EMV-(elektromagnetische Verträglichkeit)-konformen Blitzschutz-Potenzialausgleichs.

Blitzschutztechnisch komplexe Bauvorhaben wie die Radarstation auf der Plaine Morte bedürfen bereits in einem frühen Projektstadium einer fachtechnisch koordinierten Zusammenarbeit zwischen Bauingenieur, Architekt, Elektroplaner, Systemlieferanten und dem Planer der Erdungs-, Blitz- und Überspannungsschutzmassnahmen. Nur so kann ein den Anforderungen entsprechendes Schutzkonzept unter dem Aspekt eines ausgewogenen Kosten-Nutzen-Verhältnisses (Investition/Risikominderung) realisiert werden.

Werner Vonlanthen, Scopi GmbH
Gümligen, werner.vonlanthen@scopi.ch

(Zusammenfassung eines umfassenden, detaillierten technischen Berichts)

gerecht. Die massive Bodenplatte und der zylinderförmige Betonkern des Turms gewährleisten die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit auch unter extremen Erdbeben- und Windlasten.

Die Nutzungsanforderung für die Bemessung der Tragstruktur sieht eine Windgeschwindigkeit von 70 m/s (=252 km/h) für die Erfüllung der Tragsicherheit vor. Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit war eine Windgeschwindigkeit von 45 m/s (=162 km/h) vorgegeben. Bei dieser Windbeanspruchung darf die vertikale Auslenkung des Turms nicht mehr als 0.1°

betragen, damit die Funktionstauglichkeit des Radars gewährleistet bleibt. Dies bedeutet, dass der Turm bei 45 m/s eine maximale horizontale Auslenkung von 25 mm erhalten darf.

Die Radarstation liegt in der Erdbebenzone Z3b, und aufgrund der besonderen Wichtigkeit wurde dieses Gebäude in die Bauwerksklasse II eingestuft. Der Baugrund (Fels) entspricht nach SIA Norm 261 Klasse A. Die gesamte Turmhöhe beträgt 17.8 m. Der tragende runde Betonkern hat eine Höhe von 12.4 m und weist einen Aussendurchmesser von 4.7 m auf.



Der beidseitig bedienbare **Notausstieg** funktioniert hydraulisch.

Bemessung auf türkisches Beben

Für extreme Höhenlagen der Alpen fehlen gemessene Erdbebendaten. Die SIA-Normen beziehen sich auf Mittelwerte auf Talniveau. Anhand von untersuchten Schäden bei Erdbebenkatastrophen im Auftrag des Eidgenössischen Departements für auswärtige Angelegenheiten stellte Dr. S. Mohasseb, der Verfasser der Erdbebenberechnung, fest, dass die Erdbebenlasten infolge topografischen Effekten in höheren Lagen normalerweise grösser sind als auf Talniveau. Für die Nachweisführung des Gebäudes wurde in Zusammenarbeit mit der EPFL festgelegt, in welcher Grösse die Erdbebeneinwirkungen zu erhöhen und in welcher Form Vertikalbeschleunigungen zu berücksichtigen sind. Die Beanspruchungen der Vertikalbeschleunigung können bis zu zwei Drittel der Werte einer Horizontalbeschleunigung betragen.

Für die Erdbebenbemessung wurden die drei gängigen Verfahren angewendet und miteinander verglichen: die Ersatzkraftberechnung, die Antwortspektrenberechnung und die Zeitverlaufsrechnung.

Schnittkräfte am Einspannhorizont	M KNm	V KN
Ersatzkraftverfahren (EKV)	4100	517
Antwortspektrenverfahren (ASV)	2462	241
Zeitverlaufsverfahren (ZVV)	2405	334

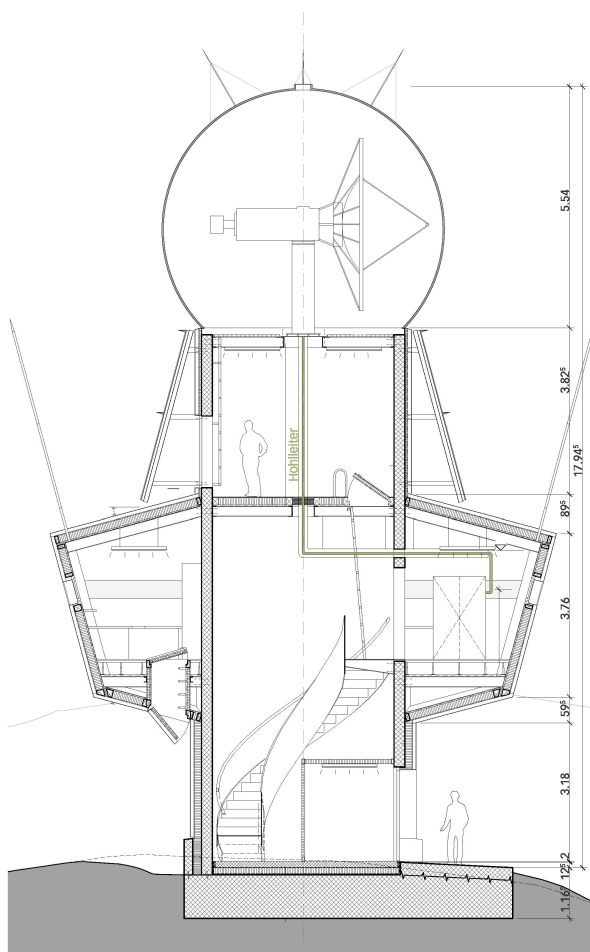
Die Ersatzkraftberechnung wurde nach der Norm SIA 261:2003 durchgeführt. Aufgrund der vorhandenen Erdbebenzone und der speziellen Gewichtsverteilung des Turms resultierte eine abgeschätzte Grundschwingungszeit von $T_1 = 0.3$ s und eine Horizontalbeschleunigung von $Se = 4 \text{ m/s}^2$. Da die Struktur nicht einem typischen Gebäude entspricht, wurden die Schubkräfte mit dieser Methode sehr gross.

Für die Berechnungen der Antwortspektren wurde ein 3-D-Modell des Turms erstellt. Die Kerne wurden als Stäbe modelliert. Durch eine 60%ige Reduktion der Stabquerschnitte wurde die Rissbildung berücksichtigt. Der Einbindungshorizont liegt auf Bodenhöhe. Für die Bemessungsspektren wurden $q = 2$ und $\gamma_f = 1.2$ eingesetzt. Wie erwartet resultierten beim Antwortspektrenverfahren geringere Schubkräfte als beim Ersatzkraftverfahren.

Um eine Zeitverlaufsrechnung durchzuführen, müsste ein Beschleunigungszeitverlauf eines typischen Erdbebens in den Walliser Alpen als Grundlage vorliegen. Solche Verlaufsdaten konnte der an der Planung der Radarstation beteiligte Erdbebenexperte nicht finden. Deshalb griff er auf die internationale Datenbank der PEER Organization der University of California in Berkeley zu, die mehr als 3000 Erdbebenbemessungen enthält.

Aufgrund der Bodeneigenschaften, des Abstands der Gebäude zu aktiven Verwerfungen, der Bruchlänge der Verwerfung und der Erdbebenmagnituden wird mithilfe eines Programms von PEER ein lokales Spektrum berechnet. Danach wird in deren Datenbank ein Erdbeben gesucht, das diesem Spektrum entspricht. Die Suche in der Datenbank führte zum Kocaeli-Erdbeben in der Türkei von 1999. Weil es die Kriterien am besten erfüllte, wurde es für die vorliegenden Zeitverlaufsrechnungen ausgewählt. Das Tragwerk wurde nach den Werten aus dem Ersatzkraftverfahren dimensioniert. •

Rolf Liechti, dipl. Bauingenieur FH, r.liechti@mming.ch
 Sassan Mohasseb, Dr. sc. techn. ETH Zürich, SMTEAM GmbH
 Meilen, Invited Lecturer MIT, smteam@gmx.ch



Zum Schutz vor Schnee- und Eisbefall sind alle Fassadenflächen angewinkelt. Der Hohlleiter ist so kurz wie möglich ausgeführt.