



Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt
Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute

Zürich

Nr. 18

Die Beschaffung eines neuen meteorologischen Radars für die Westschweiz

von D. Högl

(Osservatorio Ticinese Locarno - Monti)

Angewandte Meteorologie 551.501.81:551.508.85 (494)

März 1971

Zusammenfassung: Der Bericht behandelt zwei wichtige Fragen, die sich bei der Beschaffung einer neuen Wetterradaranlage für die Westschweiz stellen, diejenigen nach dem Standort und der zu verwendenden Wellenlänge. Es folgt eine kurze Beschreibung des Aufbaus der geplanten Anlage sowie ein Zeitplan für die Beschaffung und die Installation.

Résumé: Le rapport traite deux questions importantes relatives à l'acquisition d'un nouveau radar météorologique pour la Suisse romande, ce sont celle de l'emplacement de l'antenne et celle de la longueur d'ondes à choisir. Ensuite il y a une brève description de la composition du radar et un programme pour l'acquisition et le montage.

Riassunto: Il rapporto tratta due importanti questioni relative all'acquisto di un nuovo radar meteorologico per la Svizzera romanda e precisamente quelle riguardanti la posizione dell'antenna e la lunghezza d'onda da applicare. Segue una breve descrizione dell'impianto progettato, come pure un programma per l'acquisto e l'installazione.

Summary: Two important questions relating to the acquisition of a new meteorological radar for western Switzerland are treated, the one of the emplacement of the antenna and the one of the proper wave length to be used. The report continues with a short description of the proposed equipment and ends with a time table for the acquisition and the installation.

I n h a l t

1. Einführung
 2. Standort der Radarantenne
 3. Wellenlänge des Radars
 - 3.1. Allgemeines
 - 3.2. Die Faktoren, die die Wahl der Wellenlänge beeinflussen
 - 3.3. Schlussfolgerungen betreffend die Radarwellenlänge
 4. Aufbau der geplanten Radaranlage
 - 4.1. Anforderungen an das Radar
 - 4.2. Wirkungsweise des Radars
 5. Stand der Beschaffung des Radars
 6. Zeitplan
- Anhang

1. Einführung

Den Anstoss für die gegenwärtig laufende Studie zur Radarbeschaffung gab einerseits die Notwendigkeit das Wetterradar, das zur Zeit auf La Dôle in Betrieb ist, zu ersetzen und andererseits der Wunsch, einen neuen, wissenschaftlich untermauerten Versuch zur Bekämpfung des Hagels im Bassin Lémanique durchzuführen, wozu ein leistungsfähiges Wetterradargerät unumgänglich ist.

2. Standort der Radarantenne

Den gegenwärtigen Standort des Radargerätes auf La Dôle betrachten wir aus den folgenden zwei Gründen auch für ein neues Gerät nach wie vor als den günstigsten:

- a. Die Radarsichtweite ist unter den gegebenen Umständen in allen Richtungen die bestmögliche, (Anhang 1), abgesehen von einem Schattensektor von ca. 10° in nordwestlicher Richtung, hervorgerufen durch die Antenne des Flugsicherungsradars.
- b. Die notwendigen baulichen Einrichtungen sowie die elektrischen Installationen sind bereits vorhanden.

An einer Besprechung mit Vertretern der Radio Schweiz, die am 6. Januar in Bern stattfand, wurden die Standortprobleme erläutert. Die Vertreter von Radio Schweiz erklärten sich grundsätzlich bereit, ein neues Wetterradar, das unseren Wünschen entspricht, auf La Dôle zu installieren und auch dessen Wartung zu übernehmen, unter der Bedingung, dass für den Flugsicherungsdienst keine nachteiligen Folgen erwachsen. Anlass zu Befürchtungen gab vor allem unser Wunsch nach einer Antenne von mindestens vier Metern Durchmesser. Eine solche Antenne, so wurde befürchtet, könnte die Strahlung des Flugsicherungsradars teilweise abschatten. An Hand eines Lageplanes über die Geländeformen und vorhandenen Gebäulichkeiten (Anhang 2), der uns von

Radio Schweiz zugestellt wurde, ergab sich jedoch, dass die gewünschte Antenne kaum grösser ist als die schon vorhandene und dass aller Wahrscheinlichkeit nach das vorhandene Radom auch die neue Antenne aufnehmen kann. Der von Radio Schweiz während der Diskussion vorgeschlagene Alternativstandort in 340 m Entfernung vom jetzigen Standort, bei dem die gegenseitige Schattenwirkung des Wetterradars und des Flugsicherungsradars vermindert würde, fällt wegen der damit verbundenen baulichen Aufwendungen ausser Betracht. Zudem ergäbe der neue Standort keine bedeutenden Vorteile.

Bezüglich des Standortes für das neue Radargerät kann somit gesagt werden, dass derjenige des jetzigen Radars nach wie vor der günstigste ist. Es werden deshalb keine Bauarbeiten notwendig, wahrscheinlich kann sogar das Radom des jetzigen Radars weiterbenutzt werden. Die gegenseitige Beschattung des Wetterradars und des Flugsicherungsradars wird sich im gegenwärtigen Rahmen halten, d.h. für das Flugsicherungsradar ist sie bedeutungslos, da nur ein kleiner Teil des Strahlquerschnittes verdeckt wird, während für das Wetterradar wie bisher ein Schattenwinkel von ca. 10° in nordwestlicher Richtung in Kauf genommen werden muss.

3. Wellenlänge des Radars

3.1. Allgemeines

Bei der Wahl der Wellenlänge einer Radaranlage sind vor allem drei Punkte massgebend:

1. Verwendungszweck der Anlage
2. Aufstellungsort
3. Oekonomische Faktoren

3.1.1. Die von uns geplante Radaranlage soll die routinemässige Beobachtung und Messung von Niederschlägen für den Flugwetterdienst ermöglichen. Daneben wird sie in einem Ver-

such zur Hagelbekämpfung im Genferseebecken dazu benutzt, einzelne Niederschlagszellen auf ihre Struktur hin zu untersuchen und die Menge und Art des erzeugten Niederschlages festzustellen. Da die meisten heute im Einsatz stehenden Radargeräte ähnliche Zwecke erfüllen, handelt es sich bei dem in Aussicht genommenen Gerät keineswegs um einen Spezialfall. Ein ähnliches Gerät ist auch für die Region um Zürich in Aussicht genommen.

- 3.1.2. Da die Anlage in hügeligem Gelände zu arbeiten hat, kommt als Standort nur eine Anhöhe in Frage, in diesem speziellen Fall der Gipfel von La Dôle, da er sich geographisch in einer günstigen Lage befindet und die notwendigen Installationen bereits dort vorhanden sind.
- 3.1.3. Die Anlage soll in erster Linie die an sie gestellten Anforderungen erfüllen; es soll aber doch eine ökonomisch vertretbare Lösung gewählt werden.

3.2. Die Faktoren, die die Wahl der Wellenlänge beeinflussen

Die zur Zeit am häufigsten benutzten Wellenlänge für normale Wetterradaranlagen am Boden, liegen zwischen 3 cm und 10 cm. Mit der genaueren Erforschung der Ausbreitungscharakteristik von Radarwellen in der Atmosphäre ist die 3 cm Wellenlänge seit einigen Jahren etwas in Ungnade gefallen.

Bei der Festlegung der unteren Grenze der verwendbaren Wellenlängen müssen vor allem 1. die Reflexionscharakteristik sowie 2. die Abschwächung der Radarwellen beim Durchlaufen von Niederschlagsgebieten berücksichtigt werden.

- 3.2.1. Die Messung der Niederschlagsintensität mittels Radar beruht auf einem relativ einfachen Zusammenhang zwischen der gemessenen Echotärke von einem bestimmten Volumen und dem darin in Form von Wassertropfen oder Eisteilchen enthaltenen Wasser. Dieser einfache Zusammenhang gilt aber nur solange die Niederschlagsteilchen eine bestimmte

Grösse im Verhältnis zur Wellenlänge nicht überschreiten.
Die obere Grenze liegt etwa bei

$$D \approx \frac{\lambda}{3}$$

D: grösster Durchmesser des betrachteten Teilchens
 λ : Radarwellenlänge.

Da die grössten in der Natur vorkommenden Tropfen etwa 5 mm im Durchmesser nicht übersteigen, wird diese Bedingung für die betrachteten Wellenlängen erfüllt. Grössere Fehler treten erst auf, wenn Hagelkörner mit Durchmessern von mehr als 10 mm auftreten und die Messung mit einem 3 cm Radar durchgeführt wird.

3.2.2. Eine stärkere Beschränkung der Wellenlänge nach unten ist jedoch durch die Abschwächung der Radarwellen beim Durchlaufen von Niederschlagsgebieten gegeben. An Hand der unterstehenden Tabelle (WMO Technischer Bericht 110) ersieht man, dass eine Wellenlänge von 3 cm in Gewittern

Width of rain area giving an attenuation of 4,8 dB (width in km)				
R mm/h	$\lambda = 10$ cm	$\lambda = 5.7$ cm	$\lambda = 3.2$ cm	$\lambda = 0.9$ cm
0.5	16×10^3	2.4×10^3	800	21.8
1.0	8×10^3	1.2×10^3	343	10.9
5.0	1.6×10^3	1.6×10^2	40	2.18
10	800	72.7	16	1.09
50	160	11.1	1.9	0.22
100	80	4.5	0.78	0.11
200	40	2.1	0.31	0.05

nicht mehr brauchbar ist. Eine Korrektur der Abschwächung lässt sich aus praktischen Gründen nur für kleinere Werte (Abschwächung < 6 dB) zuverlässig durchführen. Eine Wellenlänge von 5 cm kann als unterste Grenze der

Brauchbarkeit bei den stärksten in der Schweiz vorkommenden Gewittern angenommen werden. Probleme ergeben sich erst, wenn mehrere Gewitter vom Radar aus gesehen hintereinander liegen.

Die folgenden Faktoren fallen bei der Begrenzung der Radarwellenlänge nach oben in Betracht:

3. Räumliche Auflösung
4. Minimaler und maximaler Elevationswinkel der Antenne
5. Verhältnis von Niederschlagsecho zu Bodenecho
6. Empfindlichkeit
7. Dekorrelationszeit

3.2.3 Aus mehreren Gesichtspunkten heraus ist es wünschenswert, eine hohe Auflösung, d.h. einen kleinen Strahlöffnungswinkel der Antenne zu haben. Zum ersten ist eine hohe Auflösung unumgänglich, wenn Untersuchungen über die Struktur von Niederschlagszellen durchgeführt werden sollen. Wenn eine Auflösung von 500 m in einer Distanz von 30 km gefordert wird, so darf der Öffnungswinkel 1° nicht übersteigen. Da zwischen Strahlöffnungswinkel θ Antennendurchmesser d und Wellenlänge λ ungefähr folgender Zusammenhang besteht:

$$\theta = 0.85 \frac{\lambda \text{ [cm]}}{d \text{ [m]}}$$

ergibt sich bei 5 cm Wellenlänge und 1° Strahlöffnungswinkel ein Antennendurchmesser von 4,5 Metern.

3.2.4. Ein weiterer Grund für die Forderung nach einem kleinen Strahlöffnungswinkel hängt mit der Aufstellung der Antenne auf einem Berg zusammen. Um die Bodenechos klein zu halten, muss unbedingt darauf geachtet werden, dass keine Energie von der Hauptstrahlungskeule innerhalb des Beobachtungsgebietes den Erdboden trifft, was einen vom Strahlöffnungswinkel abhängigen minimalen Elevations-

winkel der Antenne verlangt.

Andererseits muss bei quantitativen Niederschlagsmessungen mit dem Radar unterhalb der Nullgradgrenze gemessen werden, was einen ebenfalls vom Strahlöffnungswinkel abhängigen ~~max.~~ Elevationswinkel der Antenne verlangt. Diese beiden Forderungen können nur erfüllt werden, wenn der Strahlöffnungswinkel klein ist (Anhang 3).

Da der Antennendurchmesser für einen vorgegebenen Strahlöffnungswinkel proportional zur Wellenlänge ist, ergeben sich sehr rasch Antennen von prohibitiver Grösse.

3.2.5. Ein dritter Grund für die Wahl einer möglichst kurzen Wellenlänge resultiert aus der verschiedenen Wellenlängenabhängigkeit von Niederschlagsecho und Bodenecho. Während die Stärke des Bodenechos praktisch unabhängig von der Wellenlänge ist, nimmt das Niederschlagsecho proportional zur vierten Potenz der Wellenlänge ab. D.h. in einer gegebenen Situation wird das Verhältnis zwischen Niederschlagsecho und Bodenecho bei 5 cm Wellenlänge 16 mal besser als bei 10 cm.

3.2.6./7. Weitere weniger ins Gewicht fallende Vorteile der kurzen Wellenlänge sind die aus der obigen Ueberlegung resultierende höhere Empfindlichkeit des Radars für Regenecho sowie die kürzere Dekorrelationszeit der Echointensität, was bei der Ausmittelung der Echoschwankungen Vorteile bietet.

3.3. Schlussfolgerungen betreffend die Radarwellenlänge

Aus der unter 3.2. angegebenen Gründen kommen wir zu folgenden Schlüssen:

Für die in der Schweiz vorkommenden Niederschläge muss eine Radarwellenlänge von 5 cm als unterste Grenze angesehen werden. Bei der Untersuchung von sehr starken Gewittern böte eine etwas grössere Wellenlänge Vorteile, wenn nur die Messgenauigkeit

massgebend ist. Für eine Radaranlage universelleren Charakters die auch für leichtere Niederschläge in hügeligem Gelände brauchbar sein soll und bei der auch ökonomische Gesichtspunkte eine Rolle spielen, sprechen jedoch sehr gewichtige Gründe gegen eine Wellenlänge von 10 cm. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen kommt auch die Environmental Science Services Administration, ESSA in USA, die in Betracht zieht, die meisten Stationen des amerikanischen Wetterradarnetzes durch solche mit einer Wellenlänge von 5 cm zu ersetzen.

4. Aufbau der geplanten Radaranlage

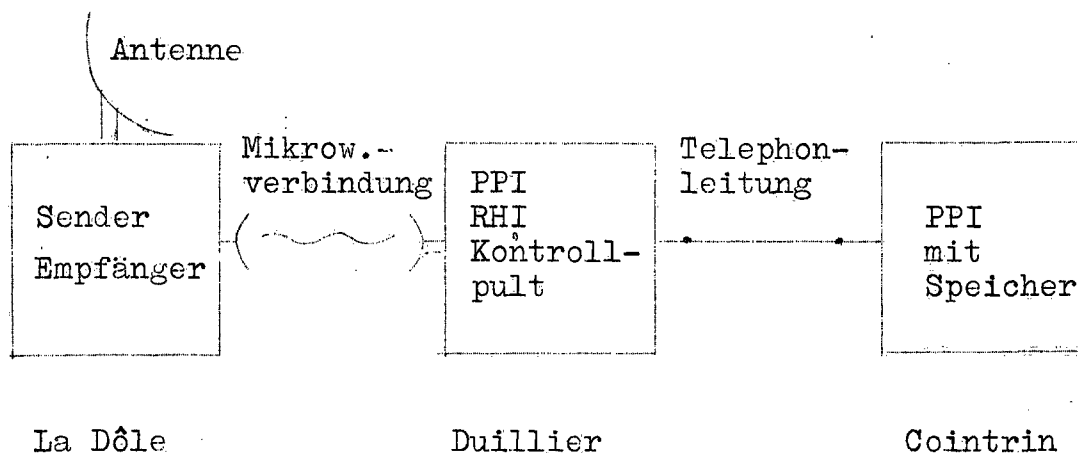
4.1. Anforderungen an das Radar

Wie bereits in der Einführung gesagt, muss das Radar zwei Aufgaben erfüllen:

- a. Bereitstellung eines quantitativen Radarübersichtsbildes in der Flugwetterzentrale in Cointrin.
- b. Bereitstellung eines quantitativen Radraübersichtsbildes, sowie das Ermöglichen von wolkenphysikalischen Messungen in Gewitterzonen in der Zentrale für das Hagelabwehrexperiment in Duillier.

4.2. Wirkungsweise des Radars

Um beide Aufgaben befriedigend erfüllen zu können ist der unten dargestellte Aufbau der Anlage in Ansicht genommen:



Auf La Dôle wird die Antenne mit Sender und Empfänger installiert. Das Videosignal gelangt über eine Mikrowellenverbindung in die Zentrale des Hagelabwehrexperiment nach Duillier, wo die Konsolen für PPI und RHI sowie die Bedingungsorgane für das Radar untergebracht sind. Ueber eine gemietete Telephonleitung wird sodann das PPI Radarbild in die Flugwetterzentrale nach Cointrin übertragen. Da während den wolkenphysikalischen Messungen die Steuerung der Antenne von Duillier aus erfolgen muss, wird in Cointrin ein quantitatives PPI-Bild gespeichert, das jeweils alle zehn Minuten automatisch erneuert wird.

5. Stand der Beschaffung des Radars

Auf Grund von früheren Untersuchungen der Studiengruppe für Wetterradar kommen vor allem zwei Firmen für die Lieferung des neuen Radargerätes in Betracht.

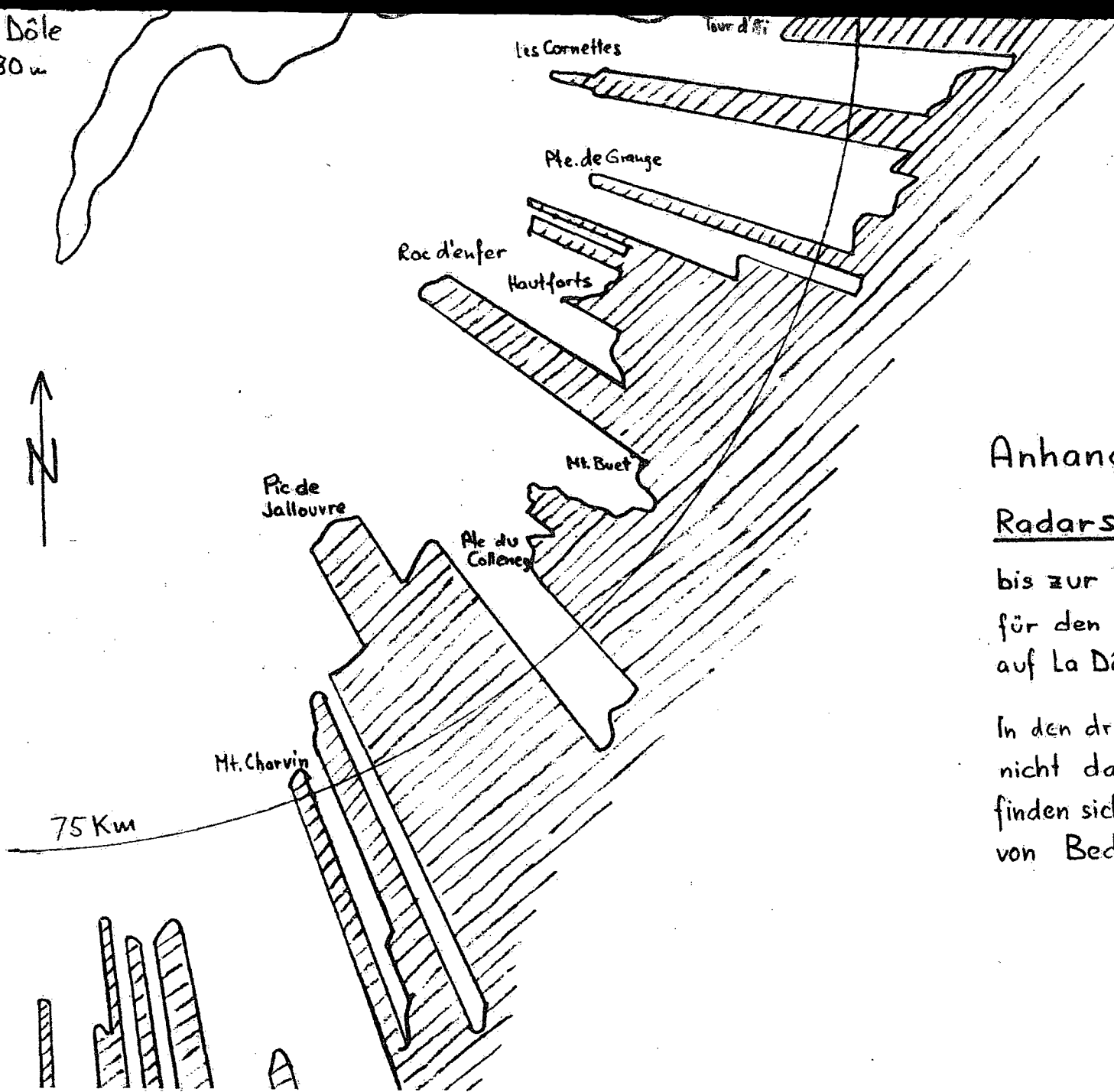
- a. die französische Firma OMéra. Segid.
- b. die amerikanische Firma Vitro Corporation

Beide Firmen sind bereit ein Gerät das unsere Anforderungen erfüllt zu liefern, inklusive eine Mikrowellenübertragungsanlage für die Fernsteuerung. Offerten werden von beiden Firmen in den nächsten Tagen hier eintreffen.

6. Zeitplan

Mai 1971	Budgetierung des Sonderkredites zur Beschaffung des Radars für das Jahr 1972.
Januar 1972	Bestellung der Anlage.
Januar 1973	Lieferung der Anlage, Beginn der Installation.
Juni 1973	Radaranlage in Betrieb.

La Dôle
1680 m

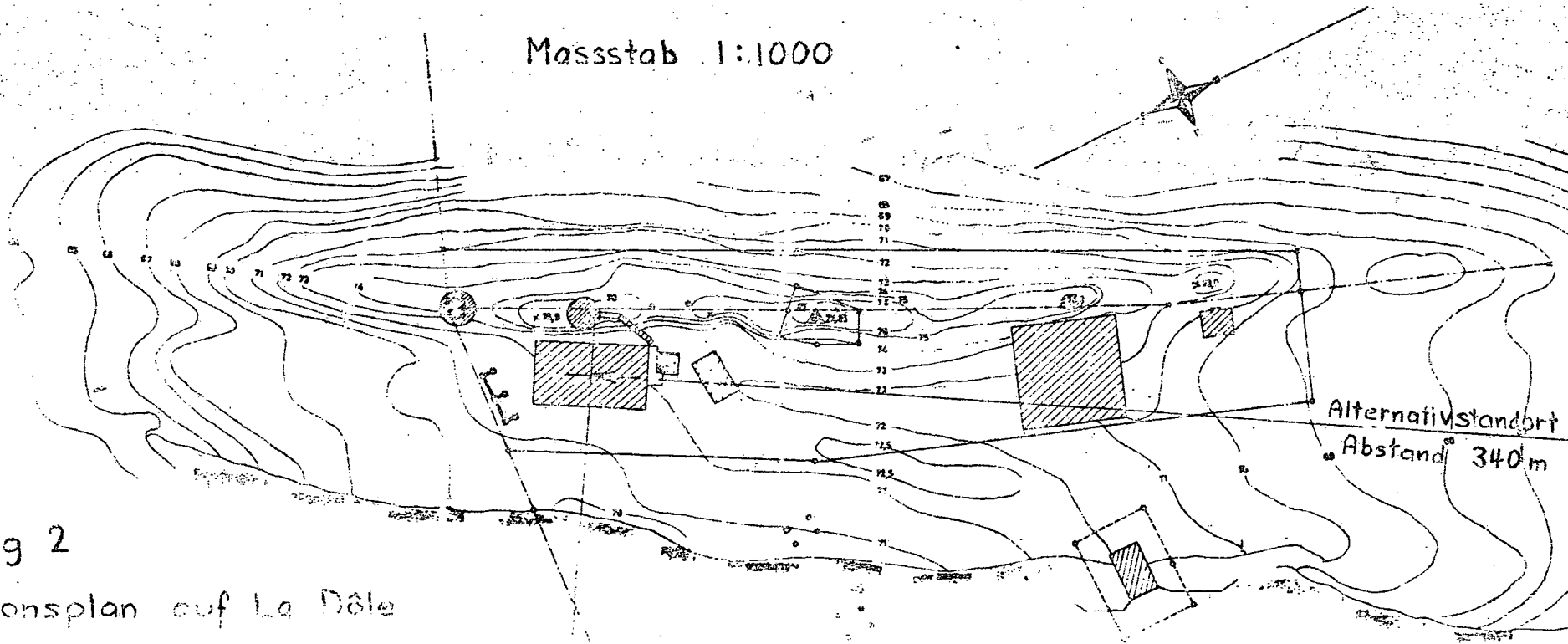
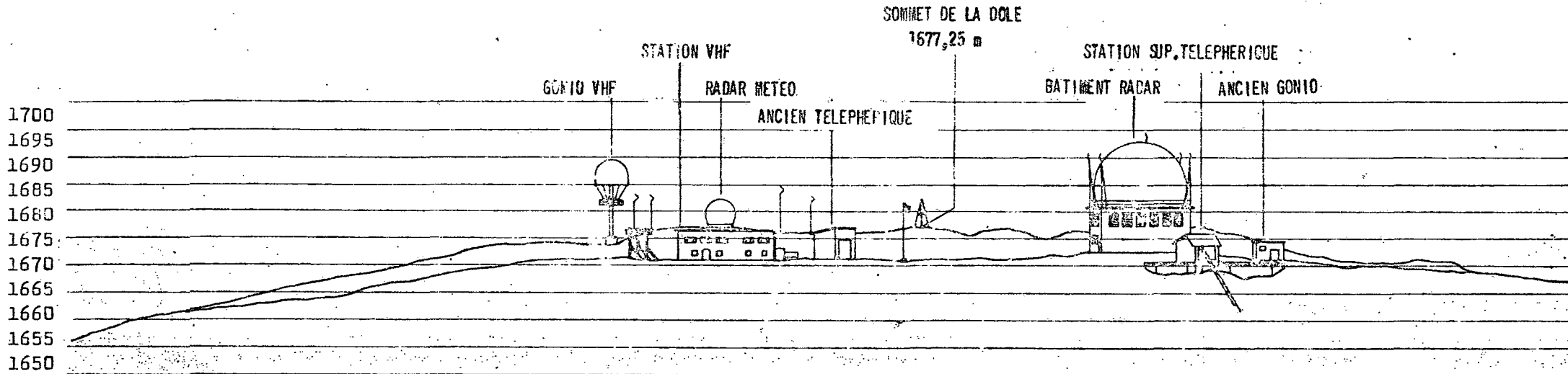


Anhang 1

Radarschattengebiet

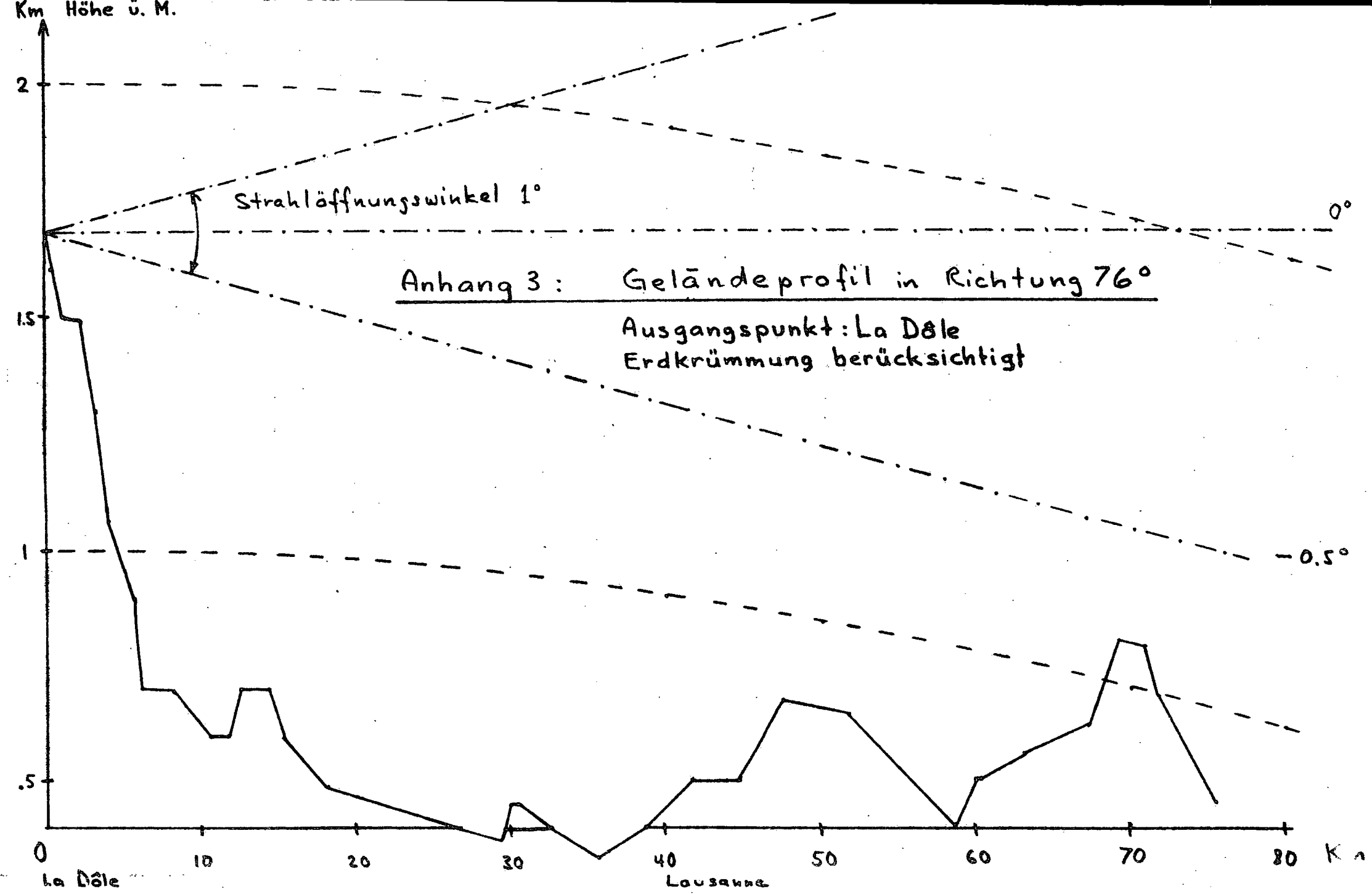
bis zur Höhe 2000 m.ü.M.
für den Antennenstandort
auf La Dôle

In den drei Quadranten die
nicht dargestellt sind, be-
finden sich keine Radarschatten
von Bedeutung.



Anhang 2
Situationsplan auf La Dôle

Km Höhe ü. M.



Strahlöffnungswinkel 1°

Anhang 3: Geländeprofil in Richtung 76°

Ausgangspunkt: La Dôle
Erdkrümmung berücksichtigt

0°

-0.5°

La Dôle

Lausanne

Km

