

**Erneuerung
der Landestriangulation
in der Westschweiz**

**Netz 1. und 2. Ordnung
1977**

Technischer Bericht

Inhaltsverzeichnis

1	Introduction.....	4
1.1	Rappel historique.....	4
1.2	Situation avant le renouvellement.....	4
1.3	Travaux préliminaires.....	4
1.4	Décisions.....	5
1.5	But et ampleur des travaux.....	5
1.6	Déroulement des travaux.....	6
1.6.1	Personnel du S+T.....	6
1.6.2	Collaboration d'autres instances.....	6
1.6.3	Dates et délais.....	7
2	Conception du réseau.....	7
3	Travaux de terrain.....	8
3.1	Reconnaissance.....	8
3.2	Révision des repères.....	8
3.3	Campagne de mesure de distances.....	9
3.4	Observation des directions, détermination des points.....	10
3.5	Rattachements altimétriques et détermination.....	10
4	Auswertungen.....	11
4.1	Beobachtungsdaten.....	11
4.1.1	Alte Richtungssätze.....	11
4.1.1.1	Allgemeines.....	11
4.1.1.2	Richtungssätze aus RETRIG-Stationsausgleichungen.....	11
4.1.1.3	Richtungssätze aus dem Netz der SGK von 1880.....	12
4.1.1.4	Richtungssätze der Triang. 1.-3.Ord. der L+T.....	13
4.1.2	Astronomische Azimutbeobachtungen der SGK.....	14
4.1.3	Elektronische Distanzmessungen der SGK.....	15
4.1.3.1	Mikrowellen-Distanzmessungen.....	15
4.1.3.2	Elektrooptische Distanzmessungen.....	16
4.1.4	Elektronische Distanzmessungen 1976-77 der L+T.....	17
4.1.4.1	Geodimeter-Langdistanzmessungen.....	17
4.1.4.2	Infrarot Kurzdistanzmessungen.....	17
4.1.4.3	Tellurometer CA-1000 Messungen.....	17
4.1.5	Richtungsmessungen 1976-77.....	17
4.1.6	Höhenwinkelmessungen und Nivellemente.....	17
4.1.7	Andere Beobachtungsdaten.....	18
4.2	Bereinigung und Reduktion der Beobachtungen.....	19
4.2.1	Bereinigung der Richtungsmessungen.....	19
4.2.1.1	Bereinigung der Satzmittel, Fehlerrechnung.....	19
4.2.1.2	Korrekturen infolge Pyramidenexzentrizität.....	19
4.2.2	Bereinigung der Distanzmessungen.....	19
4.2.2.1	Berechnung der Rohdistanzen.....	19
4.2.2.2	Atmosphärische Distanzreduktion.....	21
4.2.3	Bereinigung der Höhenwinkelmessungen.....	23
4.2.4	Reduktion der astronomischen Azimutbeobachtungen.....	23
4.3	Untersuchungen und Nebenrechnungen.....	24
4.3.1	Berechnung und Einführung von Geoidhöhen.....	24

4.3.2	Untersuchung der Lotabweichungseinflüsse.....	27
4.3.3	Näherungskoordinaten von Neupunkten und Exzentren.....	29
4.3.4	Höhenberechnungen.....	29
4.3.4.1	Allgemeines.....	29
4.3.4.2	Höhenbestimmungen des IGM-EPFL und der DC VD.....	30
4.3.4.3	Höhenberechnungen und Kontrollen der L+T.....	30
4.3.5	Nachweis der Punktidentität und Punktbezeichnung.....	31
4.3.5.1	Geschichte der Punktversicherung.....	31
4.3.5.2	Punktbezeichnung in den Berechnungen.....	31
4.4	Modell der Ausgleichung.....	32
4.4.1	Bemerkungen zum funktionalen Modell.....	32
4.4.1.1	Allgemeine Bemerkungen.....	32
4.4.1.2	Geometrische Distanzreduktion.....	32
4.4.1.3	Netz- und Instrumentenmassstabsfaktoren.....	32
4.4.2	Stochastisches Modell.....	33
4.4.2.1	Allgemeines.....	33
4.4.2.2	M.F. a priori der alten Richtungen.....	33
4.4.2.3	M.F. a priori der neuen Richtungen.....	34
4.4.2.4	M.F. a priori der Distanzmessungen.....	34
4.4.2.5	M.F. a priori der astron. Azimutbeobachtungen.....	34
4.5	Ausgleichungen.....	35
4.5.1	Allgemeines.....	35
4.5.2	Näherungsabrisse mit alten Koordinaten.....	35
4.5.3	Provisorische freie Netzausgleichungen.....	35
4.5.3.1	Allgemeines.....	35
4.5.3.2	Test des stochastischen Modells.....	35
4.5.3.3	Wirkung der neuen Langdistanzmessungen.....	35
4.5.3.4	Notwendige Netzergänzungen.....	36
4.5.4	Studien von gezwängten Ausgleichungsvarianten.....	36
4.5.5	Definitives freies Netz.....	39
4.5.5.1	Allgemeines.....	39
4.5.5.2	Definitive Netzdisposition, Annahmen.....	39
4.5.5.3	Numerische Probleme und Massnahmen.....	39
4.5.5.4	Beurteilung der Ausgleichungsergebnisse, Modelltest.....	40
4.6	Lagerung des Netzes.....	42
4.6.1	Zielsetzung, Randbedingungen.....	42
4.6.1.1	Allgemeines.....	42
4.6.1.2	Globale geodätische Aspekte.....	42
4.6.1.3	Randbedingungen der Parzellarvermessung.....	44
4.6.2	Lokale Lagerung.....	44
4.6.2.1	Allgemeines.....	44
4.6.2.2	Transformationsvarianten, Wahl der Passpunkte.....	44
4.6.2.3	Kritik der lokalen Lagerung.....	46
4.6.3	'SUPER-LANDESNETZ 77' als Stütznetz.....	46
4.6.3.1	Konzept.....	46
4.6.3.2	Ausgleichung des 'SUPER-LANDESNETZ 77'.....	47
4.6.4	Transformation des freien Netzes ins 'SUPER-LANDESNETZ 77'.....	51
4.6.5	Definitive Transformation.....	53
4.6.5.1	Konzept der modifizierten Transformation.....	53
4.6.5.2	Parameter der Transformation und Restfehler.....	53
4.6.6	Beurteilung der gewählten Lagerung.....	55
4.6.6.1	Globale, geodätische Aspekte der Lösung.....	55
4.6.6.2	Einhaltung der Randbedingungen der.....	55
4.7	Anpassung in den Randzonen.....	56

4.7.1	Problemstellung.....	56
4.7.2	Uebergangszonen.....	56
4.7.3	Interpolationsmethode.....	56
4.8	Bereitstellen der Versicherungsakten und.....	57
4.8.1	Versicherungsakten.....	57
4.8.2	Koordinatenverzeichnis.....	57
4.9	Ergänzungen und Berichtigungen.....	57
5	Resultate der Neutriangulation.....	58
5.1	Koordinatenänderungen der TP 1. und 2.Ord.....	58
5.2	Koordinatenänderungen in der Triangulation 3.Ord.....	60
5.3	Folgen für die Kantone.....	60
6	Weiteres Vorgehen in der Triangulation 3.Ord.....	61
7	Pendenzen.....	61
8	Liste der Akten und Pläne.....	61
8.1	Beilagen zum Technischen Bericht.....	61
8.1.1	Verzeichnis der Abb. und Tabellen.....	61
8.1.2	Anhang.....	62
8.1.3	Literaturhinweise.....	62
8.1.4	Abkürzungen und Bezeichnungen im technischen Bericht.....	63
8.2	Inhalt des Berechnungsbandes.....	64
8.3	Verzeichnis der Originalakten.....	65
8.4	Im RZ-L+T gespeicherte Daten.....	65

1 Introduction

1.1 Rappel historique

La triangulation fédérale en Suisse commencée vers la fin du siècle dernier a été achevée vers 1930. Dans le canton de Vaud elle était déjà terminée en 1911. L'introduction du code civil suisse en 1907 et la création d'une mensuration cadastrale pour assurer les droits fonciers va suscité un développement accéléré des triangulations fédérale et cadastrale. En 1909, une commission d'experts désignée par le département fédéral de justice et police fut chargée d'examiner si la triangulation alors existante était suffisante pour les besoins de la mensuration parcellaire et de proposer des mesures à prendre si tel n'était pas le cas. Dans les procès-verbaux des séances, il figure à plusieurs endroits des appréciations sur la qualité douteuse de la triangulation dans le canton de Vaud et on peut même lire la phrase suivante 'Ueberhaupt sei im Waadtländernetz die Netzanlage 3.Ord. unzulänglich' (voir Orig.Akte 1).

Pourtant la majorité de la comission décida, contre l'avis du Professeur Baeschlin, de maintenir telle qu'elle était la triangulation de 1e ordre et de revoir et compléter là ou cela était nécessaire celles de 2e et 3e ordre (voir 13, p.100). Dans son livre (13) Mr Zölly déplore cette décision (p.103) et cite diverses déficiences constatées dans le réseau de 1 à 3e ordre du canton de Vaud (p.118).

1.2 Situation avant le renouvellement

Les remarques citées ci-dessus étaient certes oubliées, mais l'introduction de la mesure électronique (MED) des distances vers 1970 allait leur redonner de l'actualité. La MED allait permettre de constater d'une manière directe et sûre les conséquences de déficiences mentionnées. La direction du cadastre du canton de Vaud (DC VD) constate lors de ses opérations de mise à jour de grandes discordances dans les triangulations de 3e et de 4e ordre; discordances atteignant 30 à 40 cm entre points de 3e ordre dans la région de Bière-Ballens, et même 50 cm dans la région de Chapelle-Moudon. Chaque opération de mise à jour se solde par de nouvelles constatations de tiraillements et la DC VD se trouve dans l'impossibilité de mener à bien ses travaux, ne sachant sur quels point d'ordre supérieur s'appuyer.

1.3 Travaux préliminaires

Le S+T avisé de ces difficultés ne restait pas inactif. En 1971 il entreprenait un contrôle d'un certain nombre de points de 3e ordre dans la région Bière-Ballens. Il ne pouvait que confirmer les constatations de la DC VD et en déduisait que les points de 2e ordre devraient être également contrôlés.

En 1973 une opération semblable était menée à bien dans la région Vevey-Montreux. L'institut de géodésie et mensuration de EPFL (IGM-EPFL) de son côté procédait à diverses opérations ponctuelles de contrôle à la demande de la DC VD.

En 1975, des calculs effectués au S+T utilisant les anciennes mesures angulaires et quelques distances mesurées par la comission géodésique

(SGK) laissaient entrevoir des tiraillements de quelques dm sur certains points de 2e ordre.

A la suite de tous ces travaux, il fallait bien se rendre à l'évidence: seule une opération de grande envergure englobant également la triangulation de 1e et 2e ordre permettrait de déceler d'une manière sûre tous les tiraillements existants et de prendre les mesures nécessaires pour corriger cet état de fait.

1.4 Décisions

Les conclusions des travaux préliminaires exigeaient des prises de décisions. Une première prise de contact entre les instances intéressées, V+D, S+T et DC VD eut lieu en décembre 1975 (voir Orig.Akte 1) au S+T.

Lors d'une deuxième séance à Lausanne entre les mêmes instances dont le but était

- d'analyser les discordances,
- d'envisager les mesures à prendre,
- d'examiner les conséquences techniques et financières de ces mesures,

la décision était prise de procéder au renouvellement de la triangulation de 1er à 4e ordre dans le canton de Vaud. Dans une lettre du 12.3.1976 la direction du cadastre du canton de Vaud adressait au S+T une requête officielle dans ce sens. La V+D appuyait cette requête dans sa lettre du 9 avril 1976.

1.5 But et ampleur des travaux

La décision étant prise de renouveler la triangulation de 1er à 4e ordre, le S+T se devait de définir un programme d'exécution tenant compte des urgences et des besoins de la triangulation de 4e ordre et de la mensuration cadastrale dans le canton de Vaud. Après les contacts nécessaires avec la DC VD, le programme suivant était établi.

1. renouvellement immédiat de la triangulation de 1er et 2e ordre dans la région située entre les cantons de Fribourg et de Genève
2. renouvellement immédiat de la triangulation de 3e ordre dans la région de Nyon
3. renouvellement immédiat de la triangulation de 3e ordre dans la région de Moudon
4. renouvellement progressif du 3e ordre dans le reste du canton selon un programme à établir ultérieurement en fonction des besoins de la DC VD
5. renouvellement progressif de la triangulation de 4e ordre selon un programme à établir par la DC VD en collaboration avec le S+T en fonction des besoins de la mensuration cadastrale

En été 1977 les premiers résultats sont disponibles (voir 4.5.4) et lors d'une séance entre les mêmes instances auxquelles s'est joint la DC GE, la décision est prise d'élargir le renouvellement de la triangulation de 1er et 2e ordre au canton de Genève (voir Orig.Akte 1).

Le but de tous ces travaux est de fournir à la mensuration cadastrale des bases sûres répondant aux exigences.

1.6 Déroulement des travaux

1.6.1 Personnel du S+T

La réalisation de la triangulation fédérale incombe au S+T et celui-ci s'est chargé de tous les travaux du renouvellement: reconnaissance, contrôle des repères, mesures, calcul, mise à jour des documents.

Le personnel suivant a collaboré à l'élaboration des travaux:

Délibérations, discussions avec les services intéressés:

Carosio, Chablais, Gubler, Oettli

Campagnes de terrain

Reconnaissance: Carosio, Chablais

Révision des repères: Wyss

Mesures des distances: Carosio, Chablais, Eggenberg, Gubler, Santschi, Schneider, Wyss plus personnel auxiliaire

Mesure des directions, détermination des points excentriques:

Chablais, Gilgen, Santschi, Schneider, Wyss

Travaux de bureau

Préparations des observations: Carosio, Chablais, Schneider

Etudes diverses: Carosio, Chablais, Gubler, Schneider

Compensations et transformations: Schneider

Mise à jour des documents et canevas:

Gilgen, Schneider, Valiquier, Wyss

Rapport: Chablais, Schneider

1.6.2 Collaboration d'autres instances

Tout au long de cette entreprise, le S+T a bénéficié de la collaboration efficace de plusieurs services et instituts.

Mener à bien cette tâche dans les délais qui étaient fixés n'était guère possible sans une étroite collaboration avec la DC VD; la bonne entente entre les 2 services a grandement contribué au succès de l'entreprise.

Dès le départ, l'institut de géodésie et mensuration de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (IGM-EPFL) a manifesté le désir de collaborer et de nous aider. Des représentants de l'IGM-EPFL ont assisté à toutes les séances de discussion. Leurs remarques, conseils et surtout leur souci de choisir une solution sans équivoque, soutenant par là le point de vue du S+T, ont été déterminants lors des prises de décision. Le S+T a également bénéficié de la collaboration de l'IGM-EPFL sur le terrain. Une équipe a mesuré les rattachements altimétriques et déterminé les points excentriques (voir 3.5).

L'institut de géodésie et mensuration de l'Ecole polytechnique fédérale de Zürich (IGP-ETHZ) et la SGK ont mis régulièrement à notre

disposition leur équipement de mesure des distances (voir 3.3) et Mr Fischer a eu l'amabilité de procéder aux mesures des fréquences lors de chaque campagne. En vue de la phase finale du calcul, l'adaptation du réseau sud-ouest de la Suisse au réseau Suisse (voir 4.6), Mr Wunderlin a procédé à notre intention au calcul du 'SUPER-LANDESNETZ' (voir 4.6.3). Mr Fischer et Wunderlin nous ont fait largement profité de leur expérience tout au long de nos travaux. Mr Gurtner a procédé au calcul des cotes ellipsoïdiques (voir 4.3.1) et mis à notre disposition son programme pour l'interpolation des cotes du géoïde.

La SGK par l'intermédiaire de Mr Fischer nous a transmis les distances déjà mesurées dans le réseau de 1er et 2e ordre (voir 4.1.3) ainsi que les observations des points de Laplace (voir 4.1.2).

Tous ces instituts ou services ont contribué, par l'intermédiaire de leurs collaborateurs, au succès de notre entreprise et nous les en remercions vivement.

1.6.3 Dates et délais

Le S+T s'était engagé à fournir au canton de Vaud les coordonnées des points de 1er et 2e ordre, et d'un certain nombre de points de 3e ordre dans les régions de Nyon et Moudon en fin 1977. Les travaux ont débuté en avril 1976 par la révision des repères, les coordonnées définitives pouvaient être livrées en février 1978 et les fiches signalétiques en avril 1979.

2 Conception du réseau

Les causes des grandes discordances constatées se trouvent pour une part dans les déficiences du réseau dues aux conditions topographiques difficiles, mais aussi et surtout dans la méthode de calcul, la compensation point par point.

La topographie n'a pas été modifiée et la couverture végétale s'est développée augmentant encore les difficultés. Mais nous avons actuellement pour améliorer la structure du réseau des moyens techniques que n'avaient pas nos prédécesseurs:

- la mesure électronique de longues distances
- le calcul électronique permettant la compensation globale d'un très grand nombre de points
- la possibilité de monter et démonter rapidement des tours de plus de 20m de haut pour passer certains obstacles.

La combinaison judicieuse de ces 3 moyens permet d'établir un réseau bien structuré malgré les conditions topographiques difficiles. Compte tenu des remarques précédentes, le nouveau réseau de 1er et 2e ordre comprend les éléments suivants:

- les anciens repères sont conservés

- les anciennes mesures angulaires sont reprises
- toutes les distances sont mesurées avec le geodimètre AGA 8 à l'exception de quelques-unes mesurées avec le WILD DI-50
- la densité des points de 2e ordre est augmentée pour améliorer la structure du réseau; les points Barillette, Eysins, Ouchy, Mont-Pélerin, Pleïades sont nouveaux en 2e ordre
- là où c'est possible des points auxiliaires sont choisis ou une tour montée pour contourner un obstacle, par ex. dans la région de Moudon (voir canevas)
- toutes les mesures sont traitées globalement par ordinateur

La compensation globale à elle seule des anciennes mesures aurait déjà apportée une amélioration substantielle des coordonnées. Combinée aux autres éléments le résultat obtenu est en tout point fiable et précis.

3 Travaux de terrain

3.1 Reconnaissance

Dates: 3 semaines en mai 1976
 2 semaines en août 1976
 1 semaine en septembre 1977

Etant donné que les anciens points étaient repris, la reconnaissance consistait moins à rechercher une situation pour placer un nouveau point qu'à déceler quelles visées sont encore possibles soit directement, soit à partir d'un point excentrique ou d'une tour. L'ancien canevas servait de base à la reconnaissance. Les liaisons supplémentaires ont été d'abord étudiées sur la carte. Le calcul préalable des gisements s'est avéré très utile et permet un gain de temps assez important. L'étude des visées critiques à l'aide de miroirs est efficace, mais possible bien sûr seulement par temps ensoleillé. Un essai de reconnaissance avec des ballons à gaz pour déterminer à quelle hauteur la visée est possible s'avérait inefficace, le moindre vent plaquant le ballon vers le sol.

3.2 Révision des repères

Dates: 3 semaines en avril et en septembre 1976
(voir 3) 7 contrôles de centrage
 11 nouvelles bornes
 2 étoiles en béton
 24 bornes trouvées en ordre

En général, les repères étaient en bon état. Les croquis de repérage en revanche ne correspondaient plus à la réalité et ils ont été modifiés. A cette occasion, prendre contact avec les propriétaires, leur expliquer le sens et le but de la triangulation éveille leur compréhension et par là assure une meilleure protection des points. Les croquis devraient être mis à jour avant les campagnes de mesure, on éviterait ainsi des pertes de temps pour retrouver les points pendant les mesures.

En principe un contrôle du centrage de la borne se fait avant une campagne de mesure si le dernier contrôle remonte à plus de 10 ou 15 ans. Certaines bornes qui paraissaient légèrement penchées ont été recentrées mais leur excentricité était dans les tolérances (1/2 cm). Par la suite, les bornes bétonnées n'ont plus été recentrées même si elles semblaient légèrement penchées. Les bornes endommagées ont été changées. La borne de Nyon était manifestement penchée, le centrage a révélé une excentricité de 7 cm, la borne du point Vully bien que penchée d'environ 10% était parfaitement centrée.

Le centrage du point Neuve a été contrôlé entre 2 campagnes de mesure, il était en ordre. Le point Chatel s.Rolle a également été recentré entre 2 campagnes de mesure, l'excentricité était de 2 cm, la borne avait été touchée par une machine peu avant le centrage. La dalle et la borne du point Moudon ont été déplacées et centrées sous le sommet de la pyramide.

Les points Eysins et Barillette sont des points élevés stationnables repérés par une cheville dans une étoile en béton.

3.3 Campagne de mesure de distances

Dates: 5 semaines en mai-juin 1976
 4 semaines en octobre 1976
 1 semaine en mars 1977
 3 semaines en octobre 1977

Instruments: Equipement IGP-ETHZ/SGK AGA 8, 6BL, Tellurometer CA 1000
 DI3S EPFL et L+T

Particularités: tour de 6 m sur le point Mormont
 tour de 12 m sur les points Crêt-Blanc et Morrens
 tour de 22 m sur un point aux. à Corcelles

Lors des 4 campagnes mentionnées ont été mesurées non seulement les distances du réseau de 1er et 2e ordre mais également celles des réseaux de 3e ordre 'Nyon' et 'Hauptnetz 3.Ord.'.

L'organisation des mesures a été calquée sur celle de Mr Fischer de l'IGP-ETHZ utilisée dans ses campagnes et nous avons suivi ses 'Praktische Anleitungen für die Feldarbeit' du 8.7.75 (voir Orig.Akten 5). Nous avons en général mesuré la distance une seule fois pour les côtés de 2e et 3e ordre avec répétition si les différences entre les distances données par chaque fréquence de mesure étaient trop grandes. Les côtés de 1er ordre ont été mesurés 2 ou 3 fois d'affilée. Les données météorologiques sont mesurées au début et à la fin de la mesure; elles sont notées par le porte-rélecteur sur son formulaire et transmises par radio à la station géodimètre en fin de mesure. Le secrétaire compare les éléments transmis à ceux mesurés sur la station et analyse si les différences obtenues sont plausibles; les erreurs de lecture peuvent ainsi être éliminées. La comparaison des baromètres étaient faites env. 2 fois par semaine.

Chaque porte-rélecteurs note aussi et transmet le genre de repère sur lequel il a placé le réflecteur, (borne, piquet, cheville etc). Cette mesure s'avère très utile, elle permet de découvrir immédiatement si le réflecteur est placé sur le point désiré. Chaque porte-rélecteurs est

muni entre autre d'un miroir et d'un sitomètre. L'opérateur géodimètre a souvent beaucoup de peine à trouver le réflecteur. Le porte-réflecteurs lui fera alors des signes avec un parasol ouvert pour des visées jusqu'à 5-10 km. Au-delà, seule l'utilisation d'un miroir s'est avérée efficace.

Si les porte-réflecteurs sont des gens de métier (dessinateurs-géomètres ou mieux encore techniciens) c'est un grand avantage. L'opérateur et son secrétaire sont très occupés, les modifications de programme sont fréquentes pendant les mesures, et le fait d'avoir des porte-réflecteurs de métier rend toute l'organisation beaucoup plus souple et facilite le travail.

Pour un travail optimum, 2 ou mieux 3 porte-réflecteurs sont nécessaires. Si occasionnellement un seul ou 2 réflecteurs seulement sont nécessaires, le 3ième porte-réflecteurs pourra déterminer les points excentriques et ainsi aucun temps n'est perdu.

3.4 Observation des directions, détermination des points excentriques

Dates: mars et avril 1977
Instruments: T3, T2, DI3S

Dans le réseau de 1er et 2e ordre seules quelques directions ont été observées sur les points Eysins, Messery, Mont-Pélerin, Mourex et sur les points auxiliaires (voir canevas).

La plupart des points excentriques a été déterminé par l'IGM-EPFL (voir 3.5) ou pendant les campagne de mesure des distances. Les tours sur Crêt-Blanc et Mormont étaient déterminées par intersection à partir d'une base auxiliaire.

3.5 Rattachements altimétriques et détermination des points excentriques par l'IGM-EPFL

Personnel: collaborateurs de l'IGM-EPFL
Dates: août à novembre 1976
Instruments: T2, DI3S, NA2

Dès la mise en travail du renouvellement de la triangulation du canton de Vaud, l'IGM-EPFL avait offert sa collaboration. Comme le délai de réalisation était serré et que de plus nous manquions de personnel nous avons profité de l'offre de l'IGM-EPFL. Celui-ci s'est chargé des rattachements altimétriques et de la mesure des points excentriques dans le réseau de 1er et 2e ordre ainsi que 3e ordre dans la région de Nyon. Ces rattachements altimétriques ont été réalisés soit par nivellement, soit par polygonaux altimétriques. Toutes les déterminations sont doubles, pour la plupart à partir de points de rattachement différents. Les points excentriques sont également contrôlés par un point auxiliaire.

4 Auswertungen

4.1 Beobachtungsdaten

4.1.1 Alte Richtungssätze

4.1.1.1 Allgemeines

Das Netz 1./2.Ord. enthält nur die 5 Neupunkte 2.Ord.:

Barillette
Eysins
Mont-Pélerin
Ouchy (früher TP 3.Ord.)
Pleiades (früher TP 3.Ord.)

Auf allen Altpunkten konnten die früheren Winkelmessungen wiederverwendet werden. Die alten, aus vielen Einzelwinkelbeobachtungen gebildeten Richtungssätze sind neuen mit modernen Theodoliten ausgeführten Messungen bezüglich ihrer Genauigkeit ebenbürtig. Die Neumessung von Richtungen im Netz 1./2.Ord. konnte deshalb auf wenige, für die Bestimmung der Neupunkte nötige Visuren beschränkt werden. Die Grosszahl der neuen gemessenen Richtungen dient zur Bestimmung der Exzentren.

Um den Arbeitsaufwand bei der Einführung der alten Beobachtungen aus dem Archiv in vertretbarem Rahmen zu halten, wurde grundsätzlich auf die Einführung der originalen Einzelwinkelmessungen aus den Feldbüchern verzichtet. An ihrer Stelle wurden wo immer möglich die genähert stationsausgeglichenen und zentrierten Richtungssätze aus den Richtungsverzeichnissen verwendet.

4.1.1.2 Richtungssätze aus RETRIG-Stationsausgleichungen

Quelle: - Band: RETRIG-Stationsausgleichungen
- RETRIG-Ausgleichung im Landesnetz 1.Ord.

Für die Ausgleichung des CH-Blockes des RETRIG wurden vor ca 10 Jahren alle Beobachtungen der Messperioden zwischen 1905 und 1916 auf Stationen 1.Ord. aus dem Archiv der L+T zusammengetragen. Pro Station wurden sämtliche Originalmessungen mit Hilfe von Stationsausgleichungen zu einem Richtungssatz vereinigt und die Varianzen und Kovarianzen der ausgeglichenen Richtungen berechnet. Indem wir diese sorgfältig bereinigten und vorausgeglichenen Richtungssätze in unsere Berechnungen übernahmen, profitierten wir von der vorbildlich geleisteten grossen Vorarbeit für das RETRIG.

Da unser Ausgleichungsprogramm Korrelationen zwischen Beobachtungen nicht verarbeiten kann, musste auf deren Einführung verzichtet werden. Dieses Vorgehen ist vertretbar, da die Korrelationen bei den meisten der verwendeten Richtungssätze klein sind.

Die aus den RETRIG-Stationsausgleichungen stammenden Richtungssätze tragen in den Berechnungen die Bezeichnung 'RETRIG'.

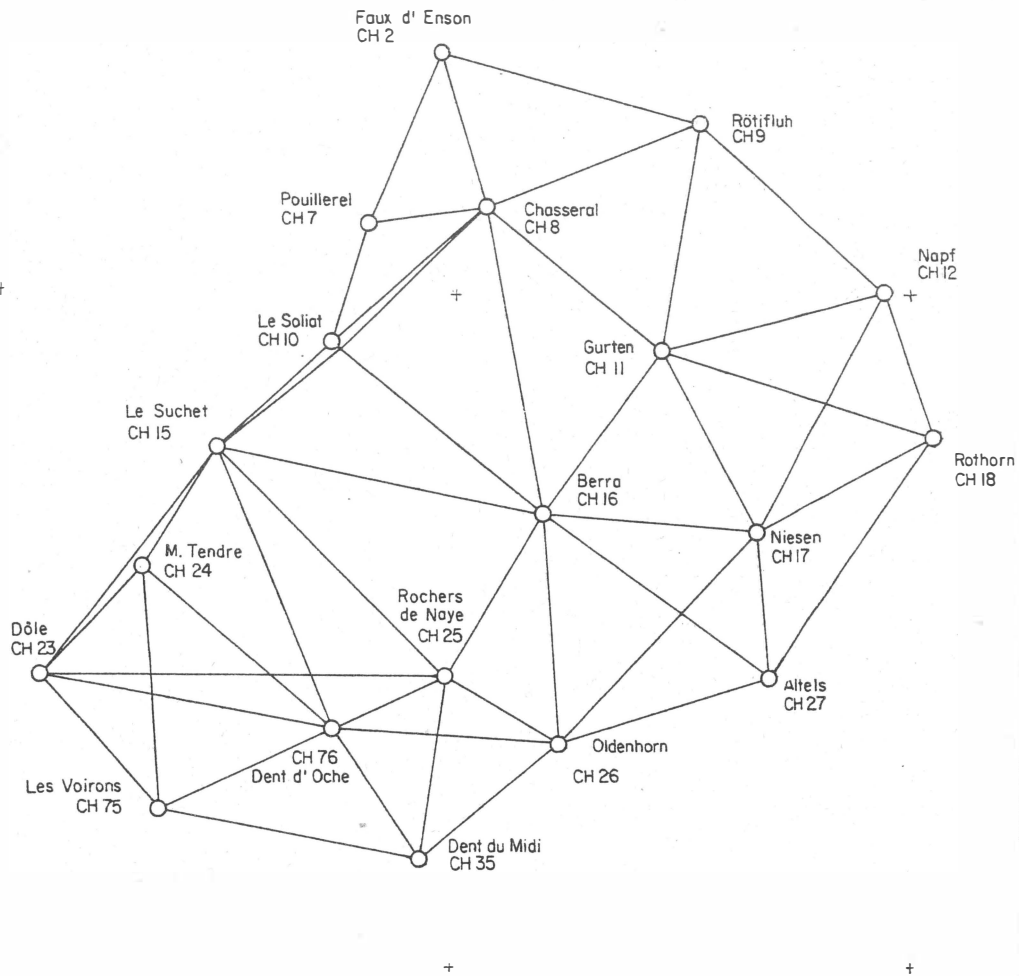


Abb.1 Richtungssätze aus dem RETRIG-Netz

4.1.1.3 Richtungssätze aus dem Netz der SGK von 1880

Quelle: Schweiz. geodätische Kommission,
Das Schweiz. Dreiecksnetz
II. Die Netzausgleichung und die Anschlussnetze der
Sternwarten und astronomischen Punkte, Zürich 1884

Die Richtungen folgender Stationen wurden den Zusammenstellungen ('gemessene sphärische Winkel', S.143, 144) entnommen und in Neugrad umgerechnet:

Berra, Chalet de la Ville, Chasseral, Colombier, Colonné, Dôle, Rochers de Naye, Piton, Suchet, Trelod, Voirons.

Diese Beobachtungsgruppe wurde in den Berechnungen mit der Bezeichnung: 'MES. 1880' versehen.

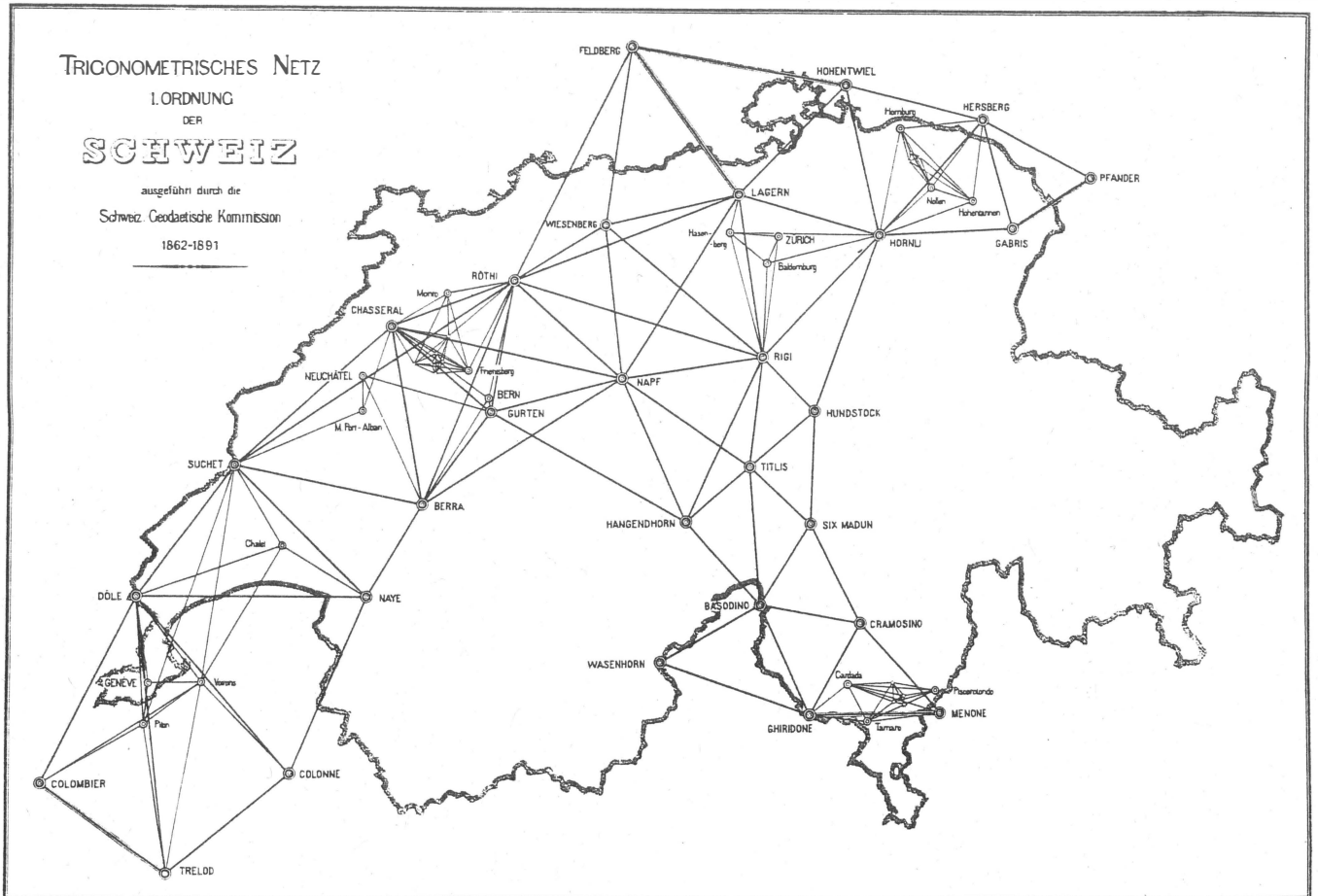


Abb.2 Richtungssätze aus dem Netz der SGK von 1880

4.1.1.4 Richtungssätze der Triang. 1.-3.Ord. der L+T

Quellen: Bd. Alpengnetz 1920-1926
Bd. VD1, VD2, GE1
Richtungsverzeichnisse: VD, FR, NE
Netzplan: Triangulation VD 1.-3.Ord. 1911
(siehe Orig.Akte 3)

Die ausgeglichenen Richtungssätze des RETRIG enthalten einzelne Beobachtungen aus dem Alpengnetz von 1910-16 und aus der Triangulation 2.Ord. der Südwestschweiz. Mit der Erfassung der Richtungssätze für die Punkte 2.Ord. aus den obgenannten Quellen sind somit einzelne Messungen doppelt in die Berechnungen eingeführt. Um Mehrarbeit bei der Erfassung zu vermeiden, wurde dieser Nachteil bewusst in Kauf genommen. Durch geeignete Wahl der mittl. Fehler a priori (s.Kap. 4.4.2.2) wurde diesem Nachteil vorgebeugt.

Richtungssätze aus Beobachtungsepochen des 19.Jahrhunderts (in den Richtungsverzeichnissen mit rotem vertikalem Strich versehen) wurden grundsätzlich nicht eingeführt, da die korrekte Zentrierung und Stationsausgleichung dieser Beobachtungen nicht gesichert ist.

In den Berechnungen wurden folgende Bezeichnungen für diese Richtungssätze eingeführt:

- Alpengnetz 1910-16: Jahrzahl (z.B. '1910')
- Netz 2.Ord. : Kt/Band/Seite (z.B. 'GE1P64')
- Richtungsverz. 1.-3.Ord.: Kt/Blatt Nr (z.B. 'VD141')

4.1.2 Astronomische Azimutbeobachtungen der SGK

Quellen: Schweiz. Geodätische Kommission
Astronomisch-Geodätische Arbeiten in der Schweiz
Bd. 27, 28, 29; Zürich 1968-72

Zur absoluten Orientierung des freien Netzes und zur Vermeidung von Netzverdrehungen wurden auf folgenden Visuren 1.Ord. astronomische Azimutbeobachtungen eingeführt:

Station	Ziel	Jahr der Messung
Rochers de Naye	- Dôle	1965-66
Dôle	- Rochers de Naye	1965-66
Rötifluh	- Gurten	1970
Gurten	- Rötifluh	1945/62
Niesen	- Gurten	1964

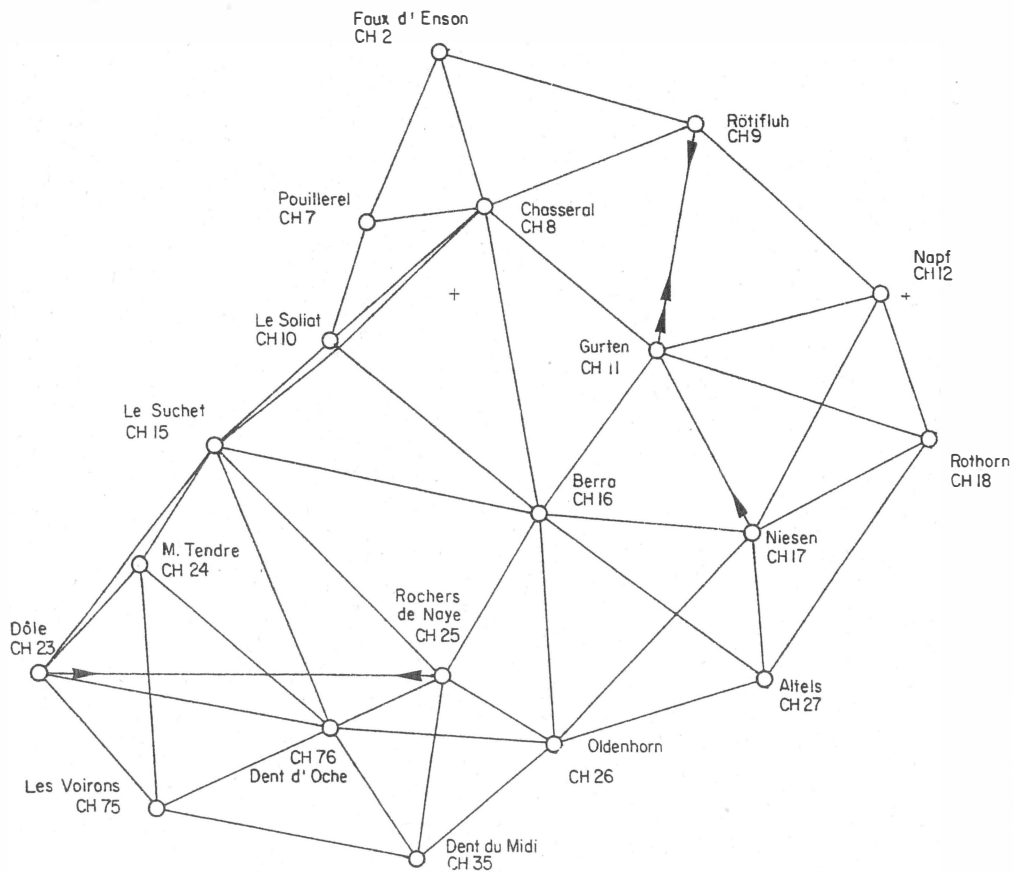


Abb.3 Laplace-Azimute der SGK

4.1.3 Elektronische Distanzmessungen der SGK

Quelle: Bd. EDM-SGK mit Zentrierungsrechnungen und geometrischen Distanzreduktionen
 Daten gespeichert in: File: GEOARCHIV > EDM-SGK

Die Zentrierungsrechnung liefert die schiefen, räumlich zentrierten Sehnen der Lichtwegkurven. Folgende Korrekturen sind berücksichtigt:

1. Atmosphärische Korrektur wegen Abweichung des effektiven Brechungsindex der Luft vom Standardwert (1. Geschwindigkeitsreduktion)
2. Zweite Geschwindigkeitsreduktion: (Einfluss der Änderung des Brechungsindex der Luft auf dem gekrümmten Lichtweg.)
 mit: $K_L = 0.15$ für Geodimeter-Distanzen
 $K_M = 0.25$ für Mikrowellen-Distanzen
3. Bahnkorrektur: Differenz zwischen Bogenlänge und Sehne.

Diese Beobachtungen wurden in den Berechnungen mit der Bezeichnung: 'EDM-SGK' versehen.

4.1.3.1 Mikrowellen-Distanzmessungen

Messdaten der Distomat (WILD DI50)-Messkampagne von 1969 in der Westschweiz. In die Ausgleichungen wurden nicht alle in Abb.4 dargestellten Mikrowellendistanzen eingeführt. Insgesamt 50 Mikrowellendistanzen sind in der Distanzgruppe 4 enthalten.

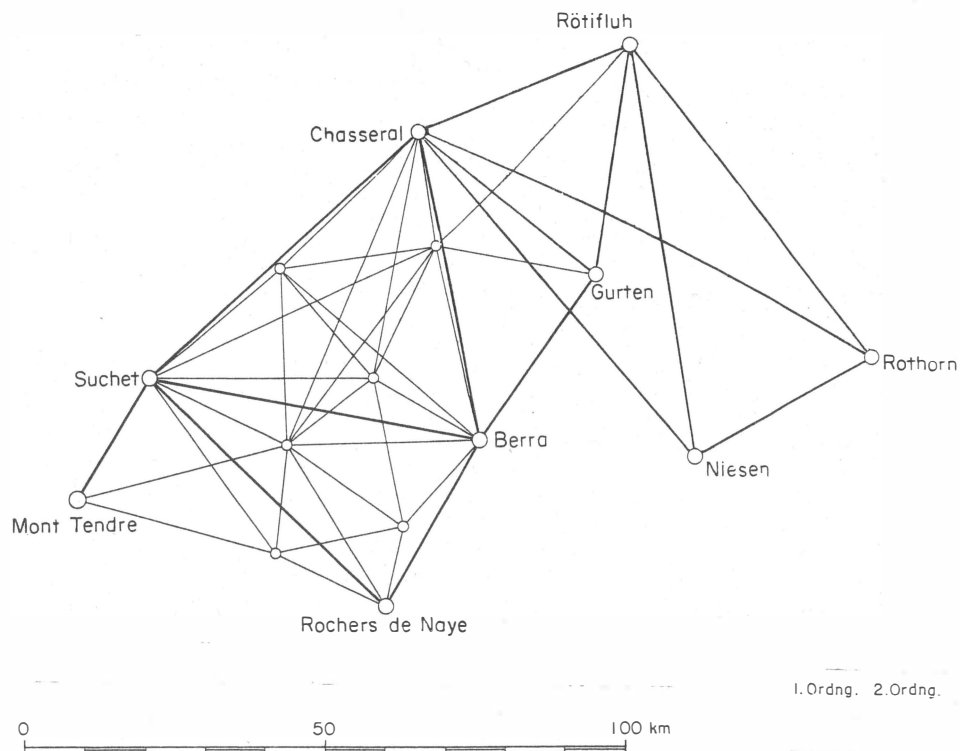


Abb.4 Mikrowellen-Distanzmessungen der SGK

4.1.3.2 Elektrooptische Distanzmessungen

Die eingeführten Beobachtungen stammen aus folgenden Messkampagnen der SGK:

- Geodimeter-Messungen 1969
- " " " 1970 (Traverse)
- " " " 1971 (")
- " " " 1973 (Westschweiz)
- " " " 1974 (")
- " " " 1977 (Glaserberg)

Insgesamt 70 mit dem Geodimeter Mod.8 gemessene Distanzen wurden unter Distanzgruppe Nr.3 eingeführt.

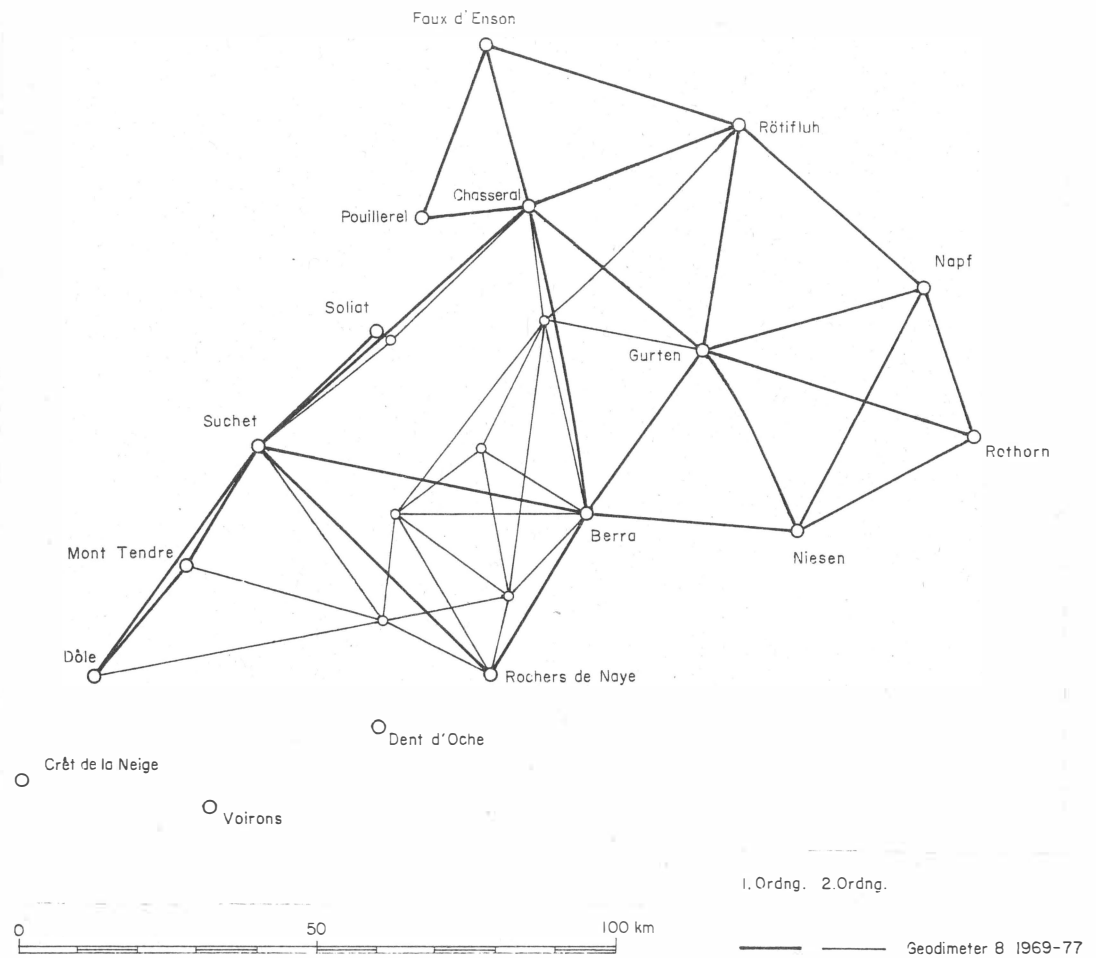


Abb.5 Elektrooptische Distanzmessungen der SGK

4.1.4 Elektronische Distanzmessungen 1976-77 der L+T

Alle Langdistanzmessungen sind mit ihren atmosphärischen Reduktionen im Band EDM 76-77 zusammengefasst (Orig.Akte 4).

4.1.4.1 Geodimeter-Langdistanzmessungen

Messungen mit dem Geodimeter Mod.8 der SGK und ETHZ während 4 Messkampagnen:

Messperiode		Distanzgruppe
von	bis	
25. 5	- 18. 6.76	5
4.10	- 3.11.76	5
7. 3	- 25. 3.77	6
4.11	- 20.11.77	6

4.1.4.2 Infrarot Kurzdistanzmessungen

Hauptsächlich für die Messung von Exzenterdistanzen wurden WILD DI3S-Geräte verwendet. Diese Originalmessungen sind unter den entsprechenden Stationsnamen in den Feldbüchern Nr.87-90A zu finden. Einführung in die Berechnung unter Distanzgr. Nr. 2.

4.1.4.3 Tellurometer CA-1000 Messungen

Während der Messkampagne vom Frühjahr 1977 wurden versuchsweise einige Distanzen mit dem Mikrowellendistanzmesser Tellurometer CA-1000 gemessen. Obwohl diese Messresultate wesentlich weniger genau sind als die Geodimeterdistanzen können sie bei richtiger Annahme ihrer Varianz zur Erhöhung der Zuverlässigkeit des Netzes beitragen. Im Netz 1./2.Ord. wurden 6 Messungen mit Distanzgruppe Nr.7 eingeführt.

4.1.5 Richtungsmessungen 1976-77

Dank der hohen Genauigkeit der alten Richtungssätze und ihrer guten Uebereinstimmung mit den neuen Langdistanzen, konnte die Richtungsmessung, abgesehen von wenigen Messungen zur Bestimmung der Neupunkte, auf Sätze zur Exzentren- und Hilfspunktebestimmung beschränkt werden. Alle neuen Richtungsbeobachtungen sind in den Feldbüchern Nr.87-90A enthalten.

4.1.6 Höhenwinkelmessungen und Nivellemente

Zur Kontrolle der für die Distanzreduktion verwendeten Punkthöhen und zur Bestimmung der Höhen von Exzentren und Hilfspunkten wurden Höhenwinkelmessungen und Anschlussnivellemente durchgeführt. Ein Teil dieser Arbeiten wurden von der EPFL und von der DC des Kantons Waadt ausgeführt. Die Originalmessungen der EPFL sind in den Feldbüchern Nr.87 und 88 enthalten. Höhenbestimmungen der DC VD wurden z.T. aus Nachführungsdossiers entnommen. Die Messungen der L+T sind alle in den Feldbüchern 87 bis 90A enthalten.

4.1.7 Andere Beobachtungsdaten

Einführung von Koordinatendifferenzen als fingierte Beobachtungen:

Die Originalmessungen von lange Zeit zurückliegenden Punktverlegungen waren z.T. nur mit grossem Zeitaufwand oder gar nicht auffindbar. Bei den folgenden Punktpaaren wurde deshalb die Koordinatendifferenzen in Form je einer fingierten Richtungs- und Distanzmessung in die Ausgleichung eingeführt:

COSSONAY	-	COSSON W
MOUDON	-	MOUDON.7
NEUVE	-	NEUVE .7
OUCHY	-	OUCHY .A
PITON	-	PITON BR
VULLY	-	VULLY .7

Die fingierten Richtungssätze tragen die Bezeichnung 'CALCUL'.

Auf den Stationspunkten Pélerin E, Pélerin W, Pleïades und Pleïades SW wurden u.a. Messungen aus dem Operat 3.Ord. Montreux von 1973 eingeführt (s. Dossier Op. Montreux 1973/79).

Die Verbindung Chaille-Soliat wurde u.a. mit Messungen von 1957 aus dem Dossier RETRIG hergestellt.

4.2 Bereinigung und Reduktion der Beobachtungen

4.2.1 Bereinigung der Richtungsmessungen

4.2.1.1 Bereinigung der Satzmittel, Fehlerrechnung

Sämtliche im Feld ausgeführten Satzmittelungen und Fehlerrechnungen wurden anschliessend im Büro mit einem Programm auf dem Tischrechner HP 9810 überprüft. Dabei konnten verschiedene grobe Fehler aufgedeckt werden. Die Satzmittel wurden anschliessend in Tinte überschrieben, anhand von Lochbelegen abgelocht und in die Ausgleichung eingeführt.

Die mittleren Richtungsfehler aus der Satzmittelung (= innere Genauigkeit) geben bei den meisten Richtungssätzen ein zu optimistisches Bild (mittl. Richtungsfehler am Mittel oft $< 2^{\text{cc}}$). Diese Genauigkeitsschätzung hat sich in der Ausgleichung meist nicht bestätigt.

4.2.1.2 Korrekturen infolge Pyramidenexzentrizität

Bei folgenden TP 1./2.Ord wurden die anlässlich der Versicherungsrevision festgestellten Pyramidenexzentrizitäten berücksichtigt:

Chasseron	Pleiades
Dôle	Rochers de Naye
Moudon	Suchet

Bei TP Moudon wurde die Exzentrizität der Pyramide durch die Einführung des Punktes MOUDON.7 in der Ausgleichung berücksichtigt. Der Triangulationsstein und die Bodenplatte wurden am 27.4.76 zentrisch unter die Pyramidenspitze verlegt.

Bei allen übrigen Punkten wurden die Richtungsmittel wo nötig um einen kleinen Zentrierungsbetrag korrigiert (siehe Orig.Akte Nr.7). Die korrigierten Richtungsmittel wurden im Feldbuch in roter Tinte vermerkt.

4.2.2 Bereinigung der Distanzmessungen

4.2.2.1 Berechnung der Rohdistanzen, Instrumentenkorrekturen

Eichung und Prüfung der EDM-Geräte:

Geodimeter-Geräte:

- Additionskonstante: Bestimmung durch IGP-ETHZ
- Frequenzkorrekturen: Frequenzmessungen durch das IGP-ETHZ und z.T. durch die L+T zu Beginn und am Ende jeder Messperiode. (Siehe Orig.Akte 5.)

Aneroidbarometer:

- Bestimmung der Barometerkorrektur durch Vergleichsmessungen mit Quecksilberbarometer zu Beginn und am Ende jeder Messperiode (IGP-ETHZ, siehe Orig.Akte 5).
- Periodische (i.A. wöchentliche) Barometervergleiche während den

Messkampagnen im Feld. (Siehe Orig.Akte 5.)

Kurzdistanzmesser WILD DI3S:

- Gerät der ETHL: Bestimmung der Additionskonstante auf der Eichstrecke Ecublens (Meth. Schwendener).
- Gerät der L+T: Bestimmung der Additionskonstante und Ueberprüfung auf zyklische Fehler auf der Eichstrecke Bundesterrasse (mit absoluten Längen). (Siehe Orig.Akte 5).

Instrumentenkorrekturen der EDM-Geräte

Gerät (Messperiode)	Additionskonstante (inkl.Reflektorkonst.)	Frequenzkorr.
<u>Geodim.8 Nr.80059</u>		
25. 5 - 18. 6.76	+0.186 m	-0.75 ppm
4.10 - 3.11.76	+0.186 m	-0.75 ppm
7. 3 - 25. 3.77	+0.186 m	-0.7 ppm
4.11 - 20.11.77	+0.186 m	-1.0 ppm
<u>Geodim.6BL Nr.63009</u>		
10.77	-0.167 m	-1.5 ppm
<u>Tellurometer CA1000 Nr.1005, 1006</u>		
7. 3 - 25. 3.77	-0.005 m	0
<u>WILD DI3S</u>		
Gerät der L+T: Nr.23301	0.000 m	0
Gerät der EPFL: Nr.20395	+0.006 m	0

Tab. 1 Instrumentenkorrekturen der EDM-Geräte

Geodimeter-Messungen:

Die Resolverablesungen am Geodimeter wurden in die Original-Messformulare eingetragen. Anschliessend wurde ein Taschenrechner HP 65 mit einem Programm des Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ zur Berechnung der Rohdistanzen im Feld verwendet. Bei der letzten Messkampagne vom November 1977 kam ein HP 97-Rechner mit Drucker, Traggestell und Stromversorgung zur Direkterfassung der Ablesungen und sofortigen Berechnung der Rohdistanzen zum Einsatz. Die vom Drucker erzeugten Protokollstreifen wurden auf spezielle Messformulare aufgeklebt.

Alle Feldberechnungen der Rohdistanzen mit Ausnahme der protokollierten Berechnungen mit der HP 97 wurden im Büro mit dem Tischrechner HP 9810 nachgerechnet. Gleichzeitig wurden die Instrumentenkorrekturen laut Angabe des IGP-ETHZ (siehe Tabelle) angebracht.

Die innere Genauigkeit der Geodimeter-Messungen lässt sich aus dem Vergleich der Feinmessungen L1, L2 und L3 mit den verschiedenen Messfrequenzen beurteilen. Auch bei grösseren Distanzen erreichen die Abweichungen der einzelnen Feinmessungen vom Mittel nur in wenigen Fällen die Grenze von 2 cm.

Tellurometer CA1000-Messungen:

Die Ablesungen wurden im Original-Messformular festgehalten und die Rohdistanzen im Feld von Hand berechnet. Vor dem Anbringen der atmosphärischen Korrekturen wurden auch diese Rohmessdaten überprüft und die Instrumentenkorrekturen angebracht.

Infrarot-Kurzdistanz-Messungen mit WILD DI3S:

Das Gerät liefert direkt Rohdistanzen an welchen nur noch die Instrumenten-Korrekturen (siehe Tab.1) anzubringen waren. Alle Messungen waren in Schalterstellung 6 ausgeführt worden.

4.2.2.2 Atmosphärische Distanzreduktion

Langdistanzmessungen:

Alle von der SGK ausgeführten Langdistanzmessungen wurden uns freundlicherweise bereits in atmosphärisch reduzierter und zentrierter Form übergeben (Raumstrecke: Zentrum - Zentrum).

1. Erste Geschwindigkeitskorrektur

Geodimeter-Messungen

Die Reduktion erfolgte auf Grund der von der UGGI empfohlenen Formel von Barrel + Sears mit einem Programm für den Tischrechner HP 9810. Zur Überprüfung der Luftdruckmessungen auf Stations- und Zielpunkt wurde jeweils die Höhendifferenz aus den gemessenen Luftdrucke berechnet und mit der Differenz aus den offiziellen Höhen verglichen. So konnten einige grobe Fehler bei der Erfassung der atmosphärischen Daten aufgedeckt werden. Es zeigte sich einmal mehr, dass der Erfassung der atmosphärischen Daten bei der EDM grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Die Resultatstreifen der ersten Geschwindigkeitsreduktion wurden den Original-Messformularen beigelegt. Die so reduzierten Rohdistanzen wurden in Lochbelege übertragen und in die elektronische Berechnung eingeführt.

Tellurometer CA1000-Messungen

Die erste Geschwindigkeitsreduktion wurde nach der Formel von Essen + Froom (9) mit einem eigens erstellten Rechenprogramm auf dem Tischrechner HP 9810 angebracht.

2. Zweite Geschwindigkeitskorrektion

Bei der ersten Geschwindigkeitskorrektion wird das Mittel der beiden Brechungsindices von Stations- und Zielpunkt zur Berechnung des Korrektionsbetrages verwendet. Der Bahnradius ρ des Messstrahls entspricht aber nicht genau dem Erdradius R (s. Abb.6). Da sich der Brechungsindex der Luft mit der Höhe ändert, führt die Verwendung des einfachen Mittelwertes bei grossen Distanzen zu merklichen systematischen Fehlern (8).

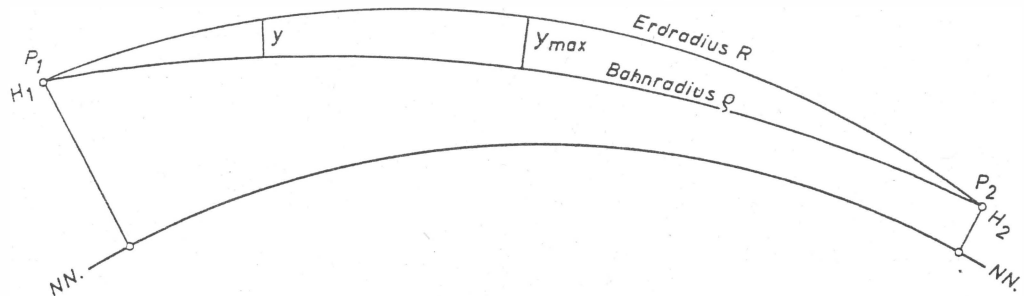


Abb.6 Zweite Geschwindigkeitskorrektion

Bei grossen Distanzen ($D > 10$ km) sollte deshalb die zweite Geschwindigkeitskorrektion berücksichtigt werden:

$$\text{korr}'' = -(k-k^2) \frac{D^3}{12R^2}$$

wobei je nach Trägerwelle folgende Refraktionskoeffizienten k einzusetzen sind:

Licht (elektrooptische-DM): $k_L = 0.15$

Mikrowellen-DM: $k_M = 0.25$

Bei einer Mikrowellendistanz von 50 km beträgt die Korrektur z.B. -48 mm.

Die zweite Geschwindigkeitskorrektion wurde mit einem kleinen Computerprogramm im RZ-EMD berechnet und an den Beobachtungswerten angebracht (siehe Orig.Akte Nr.6).

3. Korrektion wegen Bahnkrümmung

Die Korrektion des gekrümmten Messstrahls auf die Sehne (8):

$$\text{Korr}_B = -k^2 \cdot \frac{D^3}{24R^2}$$

ist an sich eine Korrektion geometrischer Natur. Da der Refraktionskoeffizient k aber von der verwendeten Trägerwelle abhängt, ist es methodisch besser, diese Korrektion im Rahmen der atmosphärischen Reduktionen zu behandeln. Bei einer Mikrowellendistanz von 50 km beträgt die Korrektur z.B. -8 mm.

Alle eingeführten EDM-Beobachtungen der SGK sind bereits auf die Sehne reduziert. Beim Triangulationsprogramm LANDTOP der L+T wird die Bahnkrümmungskorrektur im Rahmen der geometrischen Distanzreduktion an den Messungen angebracht. Um zu vermeiden, dass die Korrektur doppelt an den Messungen der SGK angebracht wird, musste sie an den Eingabewerten rückgängig gemacht werden. Dies geschah von Hand mit einem kleinen Programm auf dem Tischrechner HP 97.

Kurzdistanzmessungen

Die WILD DI3S-Messungen wurden mit einem Rechenprogramm auf dem Tischrechner HP 9810 auf Grund der gemessenen atmosphärischen Daten (Temp., Druck) reduziert.

4.2.3 Bereinigung der Höhenwinkelmessungen

Bei sämtlichen Höhenwinkelserien wurde im Feld die Kollimationsprobe berechnet und das Mittel der Höhenwinkel bestimmt. Die Mittelwerte wurden im Büro mit Hilfe einer Rechenmaschine überprüft, die Resultate in Tinte überschrieben und in die Lochbelege zur Einführung in die elektronische Berechnung übertragen.

4.2.4 Reduktion der astronomischen Azimutbeobachtungen

Die sechs einzuführenden astronomischen Azimutbeobachtungen mussten auf Grund der Lotabweichungen aufs Ellipsoid reduziert werden. Folgende im Programm LANDTOP eingebaute Korrekturen mussten vorgängig subtrahiert werden:

- Korrektur wegen Höhe des Zielpunktes
- Korrektur Normalschnitt-geodätische Linie

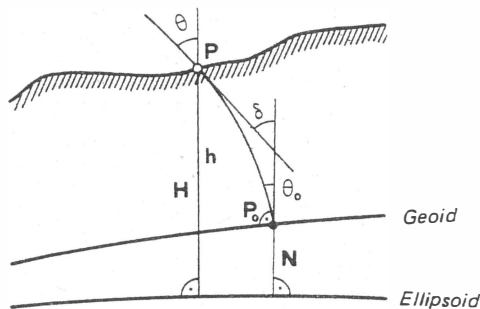
Die so behandelten Messwerte wurden als fingierte Richtungsbeobachtungen in die Ausgleichung eingeführt (s. auch Kap. 4.5.5.2).

Die Berechnung der ellipsoidischen Koordinaten erfolgte mit einem Programm auf dem Tischrechner HP 9810; alle übrigen Berechnungen wurden von Hand ausgeführt (siehe Orig.-Akte 8).

4.3 Untersuchungen und Nebenrechnungen

4.3.1 Berechnung und Einführung von Geoidhöhen

Zur Projektion der schief gemessenen Strecken aufs Referenzellipsoid mit nachfolgender Reduktion ins Projektionssystem benötigt man die ellipsoidischen Höhen der Stations- und Zielpunkte. Unsere z.T. nivellitisch zum anderen Teil trigonometrisch bestimmten Gebrauchshöhen der Punkte unterscheiden sich stark von den ellipsoidischen Höhen. Sie entsprechen genähert den orthometrischen Höhen (Länge der Lotlinien vom Punkt zum Geoid). Falls die Geoidundulationen (Geoidhöhe über dem Referenzellipsoid) in jedem Punkt bekannt ist, können mit Hilfe der Gebrauchshöhen genähert ellipsoidische Höhen berechnet werden.



ϕ, λ : astronomische Breite, Länge

B, L : geodätische Breite, Länge

h : orthometrische Höhe

H : ellipsoidische Höhe

$N = H - h$: Geoidhöhe, Unterschied

Geoid - Ellipsoid

θ : Lotabweichung im Punkt P:

Winkel zwischen der Tangen-

ten an die Lotlinie und der

Ellipsoidnormalen durch P

θ_0 : Lotabweichung im Geoidpunkt P_0 (Projektion nach Pizetti, vgl. Fig.): Winkel zwischen der Normalen auf das Geoid und der Ellipsoidnormalen durch P_0

$\xi = \phi - B$: Lotabweichungskomponente Nord - Süd im Punkt P

$\eta = (\lambda - L) \cos \phi$: Lotabweichungskomponente Ost - West im Punkt P

$\epsilon = \xi \cos a + \eta \sin a$: Lotabweichungskomponente in Richtung des Azimutes a

$\xi_0, \eta_0, \epsilon_0$: sinngemäss im Punkt P_0

$\delta = \theta_0 - \theta$: Lotkrümmung

Abb.7 Geometrische Beziehungen Geoid-Ellipsoid, Definitionen und Bezeichnungen aus Gurtner (6)

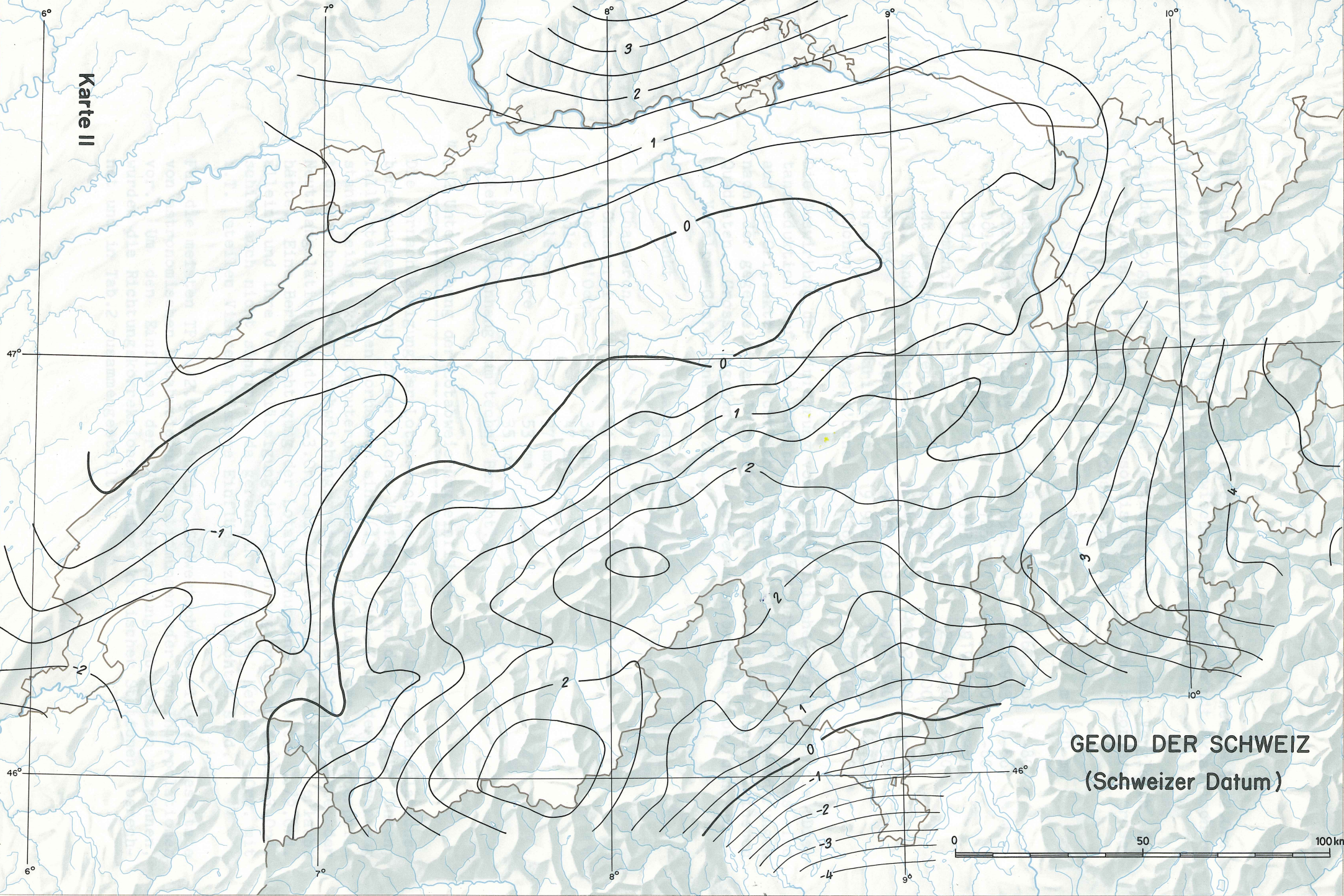
Gurtner (6) hat 1978 eine, die Detailstruktur enthaltende Darstellung des Geoids in der Schweiz veröffentlicht. Dank seinem Entgegenkommen war es möglich für alle TP 1. und 2.Ord. sowie die Hauptpunkte 3.Ord. die Geoidhöhen und somit genäherte ellipsoidische Höhen durch Prädiktion aus den Lotabweichungen bei Berücksichtigung eines Massenmodells zu bestimmen.

Dem vorliegenden Berechnungsergebnis (Orig.Akte 9) liegt das Bezugssystem der Schweiz. Landesvermessung (Schweizer Datum, Bessel Ellipsoid) zu Grunde, wobei das geodätische Datum durch die Annahme der Geoidhöhe von Schwerzenbach ($N_s = 0.00$ m) präzisiert wurde. Die Genauigkeit der berechneten Höhen soll besser als 10 cm sein (6), was für die Distanzreduktion für die Triangulation 1. bis 3.Ord. genügt. Die mit Hilfe der Prädiktion berechneten Geoidhöhen wurden für die definitive Lageausgleichung des freien Netzes 1./2.Ord. (s. Kap.4.5.5) verwendet, indem die Gebrauchshöhen systematisch durch genähert ellipsoidische Höhen ersetzt wurden.

Im Frühjahr 1978 wurde auf der Rechenanlage PRIME 400 des RZ-L+T ein Computerprogramm - Gurtner (7) - zur Interpolation von Geoidhöhen bezüglich dem Schweizer Datum installiert. Das Programm stützt sich auf einen, die ganze Schweiz überdeckenden, durch Prädiktion bestimmten 5 km-Stützpunktraster.

Zur Kontrolle wurden die Geoidhöhen durch Interpolation mit dem neuen Programm berechnet. Mit Ausnahme des TP Rothorn ($\Delta = -5$ cm) sind die Abweichungen der Resultate beider Methoden überall ≤ 3 cm. (Siehe Orig.Akte Nr.9.)

Karte II



Im Zusammenhang mit der Ausgleichung des freien Netzes 1./2.Ord. wurden verschiedene Vergleiche zwischen Berechnungen mit 'klassischer' und ellipsoidischer Distanzreduktion durchgeführt.

Bei den folgenden Messwerten ergaben sich aus dem Vergleich der 'klassischen' mit der ellipsoidischen Reduktion besonders grosse Unterschiede an den Projektionsdistanzen:

Stat.	Ziel	D RED m	HDIFF m	dD mm
Barillette	Eysins	8 304.900	-1064.820	-80
Chasseron	Cuarney	13 992.380	- 953.933	-56
Dôle	Eysins	9 725.171	-1199.910	-80
Dôle	Mourex	9 373.421	- 919.530	-65
Hermance	Dôle	18 837.277	1256.320	-70
Mt. Tendre	Yens	10 833.504	-1024.600	-72
Mt. Tendre	Cret Blanc	16 498.270	-1202.200	-67
Neuve	Eysins	15 592.259	-1017.540	-64
Nyon	Barillette	9 952.392	1112.620	-71
Thonon	Dent d'Oche	19 436.013	1837.795	-78

Die Auswirkung der Einführung von ellipsoidischen Höhen für die Distanzreduktion auf die Resultatkoordinaten des freien Lagenetzes sind aus der Orig.Akte 9 ersichtlich. Dargestellt sind die Lageänderungen nach der gegenseitigen Translation der Vergleichsnetze nach kleinsten Quadraten. Grosse Lageänderungen zeigen sich besonders bei den Jura- und Voralpen-Gipfelpunkten, z.B.:

Punkt	Lageänderung
Chasseron	41 mm
Chasseral	41 mm
Dent d'Oche	30 mm
Dôle	47 mm
Moléson	37 mm
Mt. Tendre	53 mm
Niesen	35 mm

(Siehe auch Anhang zum techn. Bericht.)

4.3.2 Untersuchung der Lotabweichungseinflüsse

Die Vernachlässigung der Lotabweichungseinflüsse bei Triangulationsberechnungen kann zu merklichen Verfälschungen der Resultate führen, falls steile Visuren vorhanden sind (11). Zur Zeit der Auswertung stand leider kein Computerprogramm zur Verfügung, das die Interpolation der benötigten Lotabweichungsgrössen für alle Stationspunkte der Neutriangulation Waadt 1.-3.Ord. mit vertretbarem Aufwand erlaubt hätte. Eine Berücksichtigung der Lotabweichungen im Netz 1./2.Ord. allein und ihre Vernachlässigung in den untergeordneten Netzen 3.Ord. schien auch nicht sinnvoll, da gerade in gewissen Netzen 3.Ord. mit z.T. steilen Visuren grössere Einflüsse zu befürchten sind.

Für die meisten TP 1./2.Ord. in der Südwestschweiz liegen Resultate von astronomischen Lotabweichungsbestimmungen oder von Interpolationen vor. Um den Einfluss der Vernachlässigung abschätzen zu können, wurden die Richtungskorrekturen einiger kritischer Stationen berechnet und in Tab.2 zusammengestellt.

TRIANGULATION WAADT 1./2. ORD. 1975 - 77

Lotabweichungskorrekturen einiger kritischer Stationen:
(Quelle: Elmiger, 1975)

Stat. → Visur	η	ξ	Richtg. korr. Δd	Korr. Zenitd ΔZ	Todreput Orisse	Stat. → Visur	η	ξ	Richtg. Korr. Δd	Korr. Zenitd ΔZ	Todreput Orisse
<u>Chasserl</u>	"	"	cc	cc	a	<u>Altels</u>	"	"	cc	cc	i
→ Pouill.	6.2	-10.9	+2.74	-14.5		→ Niesen	-10.3	7.6	+1.61	+26.0	
<u>Berra</u>	-10.7	+7.4			a	<u>Chalet V</u>	+3.6	-5.9			i
→ Gurten			+1.14	-1.2							
→ Oldhorn			+1.04	-25.3		<u>Dt.du Midi</u>	-4.9	10.1			i
<u>Dôle</u>	4.9	-10.8			a	→ Voirons			-1.22	+20.4	
→ Dt.Oche			-0.22	-20.3		<u>Dt.d'Oche</u>	-8.9	10.6			i
→ Chalet V			-0.85	+3.0		→ Voirons			-1.06	+11.1	
→ Cretblnc			-1.41	+2.0		→ Thonon			-2.42	+34.6	
→ Thonon			-1.43	+18.7		→ Cretblnc			-0.02	+42.8	
→ Barill.5			-2.67	+5.1		→ Chalet V			+1.09	+38.9	
→ Eysin S.6			-2.73	+29.3		→ Gourze			+2.14	+31.6	
→ Chatai.5			-0.17	+36.6		<u>Faux d'Ens.</u>	-2.8	-1.2			i
<u>Napf</u>	-1.1	+3.4			i	<u>Gurten</u>	-0.4	+3.0			a
<u>Naye</u>	-20.0	-0.3			a	<u>Middes</u>	-3.8	+1.2			i
→ Cretblnc			+0.87	+58.5		<u>Moudon</u>	+1.1	-2.5			i
→ Pleiad			+4.16	+41.1		<u>Mt.Tendre</u>	+7.0	-6.8			i
→ Gourze			+1.58	+55.1		<u>Old.horn</u>	-9.6	6.6			i
→ Moudon			+2.21	+30.9		→ Berra			+1.10	+22.5	
→ Chalet V			+1.42	+53.2		→ Niesen			+0.69	-5.3	
<u>Niesen</u>	+2.9	+17.0			a	<u>Pouiller</u>	+0.1	-1.2			i
→ Gurten			-1.52	+42.3		<u>Rothorn</u>	-2.2	+3.9			a
→ Berra			-1.10	-3.9		<u>Soliat</u>	4.8	-4.5			i
<u>Roeti</u>	4.9	-9.3			a	<u>Thonon</u>	-5.3	3.0			i
<u>Suchet</u>	9.0	-9.4			a	<u>Voirons</u>	-10.0	2.9			i
→ Chalet V			+0.28			→ Dt.d'Oche			-0.44	-24.1	
→ Cretblnc			+1.06	+32.1							
→ Moudon			-0.44	+37.7							
→ Middes			-0.75	+28.0							
→ Mormont			+1.01	+37.7							
→ Chaderne			+0.97	+17.3							
→ Cuarny			-1.68	+27.4							

Tab.2 Lotabweichungskorrekturen einiger kritischer Stationen

Abgesehen von wenigen Visuren auf den TP Chasseral, Dôle, Dent d'Oche und Naye übersteigen die vernachlässigten Korrekturen den m.F. a priori nicht. Berücksichtigt man weiter den Umstand, dass die auf diesen Punkten eingeführten Langdistanzmessungen ein viel höheres Gewicht haben als die Richtungen, so kann auf die Berücksichtigung der Lotabweichungen im auszugleichenden Netz verzichtet werden.

4.3.3 Näherungskoordinaten von Neupunkten und Exzentren

Bei der Rekognoszierung hatte sich gezeigt, dass besonders zur Herstellung der gewünschten Verbindungen zwischen den TP 2.Ord. eine grosse Zahl von Exzentren und Hilfspunkten festgelegt werden musste.

Anzahl der Neupunkte, Hilfspunkte und Exzentren:

Neupunkte:	4
Doppelpunktpaare:	7
Exzentren:	42
Hilfspunkte:	19

Die Berechnung der Näherungskoordinaten dieser Punkte war äusserst arbeitsintensiv, mussten diese Werte doch von Hand bzw. mit Tischcomputerprogrammen durch kombiniertes Einschneiden oder Bogenschnitt berechnet werden. Ein Computerprogramm hätte hier sehr viel Arbeit einsparen können.

Erschwerend war zudem, dass in Ermangelung von Erfahrung, der korrekten und definitiven Bezeichnung der Exzentren schon in der Rekognoszierungsphase zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Punktverwechslungen und unvermeidbare grobe Fehler an den Beobachtungen führten z.T. zu langem Fehlersuchen. Auf Grund dieser Erfahrung wurde bei späteren Arbeiten bei der Rekognoszierung für jedes Exzentrum oder jeden Hilfspunkt eine Kroki-Karte mit der definitiven Punktbezeichnung erstellt.

Die provisorisch von Hand berechneten Näherungspunkte wurden anschliessend in Näherungsausgleichungen zuerst als Festpunkte überprüft, nachher zur Verbesserung ihrer Koordinaten und Höhen als Neupunkte freigegeben.

4.3.4 Höhenberechnungen

4.3.4.1 Allgemeines

Die Höhenberechnung der TP höherer Ord. soll im Rahmen der Neutrianulation 4.Ord. erfolgen. Die mit den grossen Visurlängen bei der Triangulation 2. und 3.Ord. erzielte Höhengenaugigkeit genügt i.A. nicht für die definitive Höhenbestimmung. Andererseits hängt die Genauigkeit der Distanzreduktion aus Höhendifferenzen bei zunehmender Visurneigung immer stärker von der Genauigkeit der Punkthöhen ab. Somit stellen sich folgende Aufgaben der Höhenbestimmung:

- Bestimmung von Näherungshöhen für die Neupunkte.
- Genaue Bestimmung der Höhendifferenzen zu allen Exzentren und Hilfspunkten.
- Ueberprüfung einzelner Höhendifferenzen zwischen Altpunkten.

4.3.4.2 Höhenbestimmungen des IGM-EPFL und der DC VD

Mitarbeiter des IGM-EPFL haben im Herbst 1976 Höhenbestimmungen von Neupunkten und Exzentren 2. und 3.Ord. durchgeführt (s. Kap.3.5).

Das IGM hat die Messungen ausgewertet und uns sämtliche Berechnungen und ein Höhenverzeichnis in übersichtlicher Form (s. Orig.Akte 10) abgeliefert. Die Höhenberechnungen wurden von uns überprüft und die Höhen in unsere Berechnungen eingeführt. Die zuverlässige und exakte Arbeitsweise der Mitarbeiter des IGM wurde durch die guten Resultate bestätigt.

Während die L+T mit der Neutriangulation 1. bis 3.Ord. beschäftigt war, führte die DC VD die Nachführung der Triangulation 4.Ord. normal weiter. Die Bestimmung der Höhen einzelner Neupunkte und Höhenänderungen verschiedener TP 1.-3.Ord. konnten von uns übernommen und in die Berechnungen eingeführt werden.

Die Herkunft der verwendeten Höhen ist im Koordinatenverzeichnis der 'trigonometrischen Höhenkontrolle' (siehe Berechnungsband) mit den Bezeichnungen:

'H.alt': alte Höhe übernommen
'H.EPFL': Höhenbestimmung durch IGM-EPFL
'H.DC VD': Höhenbestimmung durch DC des Kanton VD

angegeben.

4.3.4.3 Höhenberechnungen und Kontrollen der L+T

Die Höhen der meisten Exzentren und Hilfspunkte wurden zusammen mit der Lagebestimmung durch gegenseitige Höhenwinkelmessungen bestimmt. Die Höhenrechnung erfolgte als Höhenausgleichung mit dem Programm LANDTOP. Die Bestimmungen sind in einem Höhenabriss dokumentiert (siehe Berechnungsband, 'trigonometrische Höhenkontrolle').

Die Höhen der TP 2.Ord. auf französischem Staatsgebiet:

Colombier
Colonné
Crêt de la Neige
Messery
Piton
Trelod
Voirons

wurden früher nur näherungsweise, mit dm-Genauigkeit, bestimmt. Auf einige dieser Punkte wurden auch neue Langdistanzen gemessen.

Besonders kritisch ist die Höhenbestimmung des TP Crêt de la Neige, da seine Lage im Netz 1./2.Ord. durch z.T. steile Distanzvisuren bestimmt wird. Um Fehler bei der geometrischen Distanzreduktion auszuschliessen wurde seine Höhe anhand der alten Messungen nachgerechnet. (Siehe Orig.Akte 10).

4.3.5 Nachweis der Punktidentität und Punktbezeichnung

4.3.5.1 Geschichte der Punktversicherung

Die Ausgleichung von alten Winkelmessungen aus verschiedenen Epochen zusammen mit neuen Distanz und Richtungsmessungen ist nur möglich, falls die verwendeten Stationspunkte aller Epochen in ihrer Lage identisch versichert waren. In der Zwischenzeit vorgenommene Punktverlegungen müssen durch die Einführung mehrerer Stationspunkte in die Berechnung berücksichtigt werden.

Zur Ueberprüfung der Punktidentität wurde die Geschichte der einzelnen Versicherungen anhand der Originalprotokolle rekonstruiert und in einer Tabelle (siehe Orig.Akte 11) zusammengestellt.

4.3.5.2 Punktbezeichnung in den Berechnungen

Die Bezeichnung der Punkte in den Berechnungen (CODE) stammt aus verschiedenen Phasen der Arbeit. Sie ist leider nicht ganz konsequent eingeführt worden.

Die Beziehung zwischen dem offiziellen Punktnamen und dem Berechnungscode kann dem definitiven Koordinatenverzeichnis (siehe Berechnungsband) entnommen werden.

Für die Exzentren und Hilfspunkte gelten folgende Konventionen für die Punktbezeichnungen in den Berechnungen:

.0	Altpunkt dessen Versicherung nicht mehr existiert
.1	Verlegter Punkt
.2	Bodenpunkt
.3	Exzentrum (prov. versichert, z.B. Pfahl)
.4	Turmpunkt (mobiler Beobachtungsturm)
.5	Exzentrum (festversichert, z.B. Markstein)
.6	Hochstationspunkt (Dachpunkt etc.)
.7	Pyramidenspitze
.8	Hochzielpunkt
.9	Hochzielpunkt (mit gerundeten Koord.)
HP,HP1, etc	Hilfspunkt für Nebenmessungen)
N,S,E,SE etc	Doppelpunkte
PL	Pfeiler

4.4 Modell der Ausgleichung

4.4.1 Bemerkungen zum funktionalen Modell

4.4.1.1 Allgemeine Bemerkungen

Im Unterschied zu den Berechnungen des RETRIG CH-Blockes, bei welchen das Referenzellipsoid als Rechenfläche verwendet wurde (12), sind alle Berechnungen für das Netz 1./2.Ord. des Kantons Waadt im Schweiz. Projektionssystem ausgeführt worden. Die ellipsoidische Ausgleichung bringt für kleinere regionale Netze keine nennenswerten Vorteile. Alle Netzvarianten wurden mit dem erprobten Triangulationsprogramm LANDTOP der L+T (5), das die Berechnung trotz grosser Anzahl von Beobachtungen und Unbekannten in ökonomischer Weise bewältigte und nur wenige Benutzerwünsche offen liess, in der Projektionsebene ausgeglichen.

LANDTOP berücksichtigt auf Wunsch (Opt.17: Triang. höherer Ord.) die notwendigen Korrekturen der gemessenen Richtungen auf das Ellipsoid und ins Projektionssystem mit Ausnahme der Lotabweichungskorrektur (s.Kap. 4.3.2). Zur Einführung von Azimuten und Koordinatendifferenzen als fingierte Beobachtungen, welche in der verwendeten Version des Programmes nicht vorgesehen ist, mussten spezielle Massnahmen ergriffen werden (s.Kap. 4.5.4.2).

4.4.1.2 Geometrische Distanzreduktion

An das mathematische Modell der geometrischen Distanzreduktion in Netzen 1. und 2.Ord. werden hohe Ansprüche gestellt. LANDTOP verfügt über eine Subroutine für die strenge Reduktion der schiefen, atmosphärisch korrigierten Langdistanzen auf das Ellipsoid und ins Projektionssystem. Dabei wird von der Länge der Bahnkurve des Massstabs ausgegangen. Die Bahnkorrektur (Bogen-Sehne) wird hier also auch berücksichtigt, obwohl diese methodisch besser im Zusammenhang mit der atmosphärischen Reduktion (s.Kap. 4.2.2.2) angebracht würde.

Geometrische Distanzreduktion mit Hilfe der ellipsoidischen Höhen: siehe Kap. 4.3.1.

4.4.1.3 Netz- und Instrumentenmassstabsfaktoren

Der Netzmassstab im freien Netz soll von den Geodimeterdistanzen nach Berücksichtigung der Frequenzkorrekturen bestimmt werden. Der durch periodische Frequenzmessungen gut unter Kontrolle zu haltende Gerätemassstab dieses Instrumentes ermöglicht eine fast absolute Massstabsbestimmung des Netzes.

Bei Vergleichen von Geodimetermessungen mit Mikrowellendistanzen wurde stets ein Massstabsunterschied von einigen mm/km festgestellt (2). Mikrowellengeräte messen systematisch kürzer als elektrooptische Langdistanzmesser. Zudem ist die Unsicherheit am Gerätemassstab bei Mikrowellengeräten bedeutend grösser als beim Geodimeter Mod.8.

Der Massstab der Mikrowellengeräte wurde in allen Netzausgleichungen als Unbekannte freigegeben. Er wird dank der grossen Zahl und der guten Verteilung der Geodimeterdistanzen recht gut bestimmt.

Mit den elektrooptischen Distanzmessern WILD DI3S wurden ausschliesslich kurze Strecken gemessen, so dass der Gerätemassstab dieser Instrumente auf den Netzmassstab keinen Einfluss hat. Für die DI3S-Distanzen wurde kein freier Massstabsfaktor eingeführt.

In der definitiven freien Netzausgleichung wurden folgende Massstabsunbekannten berechnet:

Distanz- gruppe	Gerät	Mstb. Nr.	Mstb.korr. (ppm)	M.F.(Mstb.) (ppm)	Anz.Messg.
4	WILD DI-50	4	5.3	0.8	50
7	Tellurometer CA-1000	7	4.7	3.0	6

Der Wert für die Massstabsabweichung der DI-50 Messungen von den Geodimeter 8-Distanzen deckt sich, wie zu erwarten war mit dem von Fischer (2) gefundenen Wert von +5.5 ppm.

Der Netzmassstab des definitiven Netzes soll bei der Lagerung des freien Netzes festgelegt werden.

4.4.2 Stochastisches Modell

4.4.2.1 Allgemeines

Das Programm LANDTOP erlaubt die Eingabe von Kovarianzen nicht. Anstelle von stationsausgeglichenen Richtungssätzen ist die Eingabe der einzelnen Originalmessungen vorgesehen. Bei den neuen Richtungs- und Distanzmessungen wurde dieses Prinzip eingehalten. Anstelle der alten Originalwinkelmessungen wurden z.T. vorausgeglichene Richtungssätze unter Vernachlässigung der Korrelation eingeführt, um unnötigen Arbeitsaufwand bei der Neuerfassung der Originalbeobachtungen einzusparen. Da die alten Richtungen in der Ausgleichung ein bedeutend kleineres Gewicht erhalten als die Distanzmessungen, dürfte sich diese Vereinfachung des stochastischen Modells auf das Resultat kaum merklich auswirken.

4.4.2.2 M.F. a priori der alten Richtungen

- Richtungen aus dem Netz der SGK von 1880:

$$\sigma_R = 3^{\text{cc}}$$

- Richtungen der Triang. 1.-3.Ord. der L+T:

$$\sigma_R = 3^{\text{cc}}$$

- Richtungen aus RETRIG-Stationsausgleichungen:

$$\sigma_R = 2^{\text{cc}}$$

(siehe auch 4.1.1.2)

4.4.2.3 M.F. a priori der neuen Richtungen

- Hauptrichtungen für die Bestimmung der TP 1.-3.Ord.

$$\sigma_R = 3^{\text{cc}}$$

(i.A. Mittel aus 3 Satzmessungen: WILD T3)

- Hilfsrichtungen für die Bestimmung von Exzentren und Hilfspunkten

$$\sigma_R = 5^{\text{cc}}$$

(i.A. Mittel aus 2 Satzmessungen: WILD T2, KERN DKM2A)

Bei kurzen Visuren zwischen Zentr.-Exz. wurde der M.F. a priori entsprechend dem Einfluss eines Zentrierfehlers von 5 mm angepasst.

4.4.2.4 M.F. a priori der Distanzmessungen

Distanz- gruppe	Gerät	M.F. a priori		M.F. a priori	Quelle
		mm	+ mm/km	Für D=1 km mm	
1	Messband	2	+300	302	
2	WILD DI3S	5	+ 5	10	WILD
3	AGA Geodim.8 (Messgn: SGK)	5	+ 1	6	AGA, (2)
4	WILD DI-50 (Messgn: SGK)	20	+ 5	25	(2)
5	AGA Geodim.8 (1976)	5	+ 1	6	AGA, (2)
6	AGA Geodim.8 (1977)	5	+ 1	6	AGA, (2)
7	Tellurometer CA-1000	15	+ 5	20	Tellurometer
8	AGA Geodim.6BL	5	+ 1	6	AGA
9	AGA Geodim.6 (Op. MONTREUX)	5	+ 1	6	AGA

Die Autokorrelation der Messserien blieb unberücksichtigt.

4.4.2.5 M.F. a priori der astron. Azimutbeobachtungen

$$\sigma_A = 1.5^{\text{cc}}$$

Quelle: (12)

4.5 Ausgleichungen

4.5.1 Allgemeines

Alle Ausgleichungen wurden mit dem Triangulationsprogramm LANDTOP der L+T, bis März 1978 im RZ-EMD mit Lochkarten-Postverkehr, später auf der Rechenanlage PRIME 400 der L+T im Batch-Betrieb berechnet.

4.5.2 Näherungsabriss mit alten Koordinaten

Sämtliche eingeführten Beobachtungen wurden zuerst mit Hilfe von Näherungsabrissen mit alten Koordinaten auf grobe Fehler geprüft. Dabei wurden die näherungsweise berechneten Koordinaten der Exzentren und Hilfspunkte sowie deren Höhen als Unbekannte freigegeben und so verbessert. In den Gebieten mit starken Netzzwängen im alten Netz, blieben in den Näherungsabrissen grosse Verbesserungen an den Beobachtungen, sodass in dieser Phase viele Ausreisser nicht erkannt werden konnten.

4.5.3 Provisorische freie Netzausgleichungen

4.5.3.1 Allgemeines

Im Juni 1977 waren die ersten grossen Distanzmesskampagnen abgeschlossen, die Beobachtungen bereinigt, reduziert und in die Ausgleichung eingeführt. Mit provisorischen freien Netzausgleichungen mit den Festpunkten Suchet und Berra sollten folgende Ziele erreicht werden:

- Beurteilung der Genauigkeit der verschiedenen Beobachtungsgruppen (Test des stochastischen Modells).
- Untersuchung der Wirkung der neu eingeführten Langdistanzen.
- Aufdecken von groben Fehlern.

4.5.3.2 Test des stochastischen Modells

Die Annahmen des stochastischen Modells wurden aus dem Vergleich der M.F. a posteriori der provisorischen freien Netzausgleichung zu ihren M.F. a priori für jede Beobachtungsgruppe überprüft. Sowohl die geschätzten Werte für die Winkelmessungen, wie auch die vom Hersteller übernommenen Genauigkeitsangaben der Distanzmessgeräte wurden bestätigt.

4.5.3.3 Wirkung der neuen Langdistanzmessungen

Der Vergleich der Resultate des freien Richtungs- und Distanznetzes mit einer Ausgleichung ohne die Langdistanzen wurde wie folgt interpretiert:

- Die grossen, im alten Netz aufgedeckten Zwänge sind weniger eine Folge der topographisch bedingten Schwächen im Netzaufbau, sondern rühren von der Schwäche der angewendeten Berechnungsart (Einzel- und Mehrpunkt-Einschaltungsfolge) sowie von unentdeckt gebliebenen Mess- und Rechenfehlern her.
- Das reine Richtungsnetz zeigt eine starke Massstabsinhomogenität (Abweichung bis ca 1 cm/km) und Netzverdrehungseffekte im Südteil.
- Einzelne Nachbarbeziehungen zwischen TP 2.Ord. sind im Richtungsnetz schwach bestimmt und werden im kombinierten Netz wesentlich verbessert. Z.B. die Beziehungen zwischen:

Tour de Gourze	-	Chalet de la Ville
Dôle	-	Mourex
Montendre	-	Chalet derrière
Molésion	-	Rochers de Naye
- Der Aufwand für die EDM-Kampagnen hat sich gelohnt. Dank den neuen Langdistanzen wurde auf rationelle Weise eine wesentliche Verbesserung des Netzes erreicht.

4.5.3.4 Notwendige Netzergänzungen

Bei der Beurteilung der freien Netze mit den Festpunkten Suchet und Berra und einer zweiten Variante mit den Festpunkten Suchet und Rochers de Naye wurden neben den bereits bekannten Zwängen im alten Netz bei Moudon und Nyon weitere schwerwiegende Mängel im Netz höherer Ord. der Südwestschweiz aufgedeckt. So erfährt der TP 1.Ord. Dôle eine Aenderung gegenüber seinen alten Lagekoordinaten von 40-50 cm; die beiden TP 3.Ord. Mourex und Hermance sogar eine solche von 80-90 cm in gleicher Richtung, falls Rochers de Naye und Suchet festgehalten werden.

Um zuverlässige Aussagen über die vermuteten Zwänge in den Anschlusspunkten für die Triangulation 3.Ord. des Kantons Genf machen und zudem das Netz im Genferseegebiet versteifen und abrunden zu können, wurde eine weitere Distanzmesskampagne für den Herbst 1977 vorgesehen.

Zur Versteifung des südlichen Netzteils war die Messung von vier Dreiecksseiten 1.Ord. und drei Strecken 2.Ord. nach dem TP Dent d'Oche in den Savoyer-alpen sowie die fehlende Distanzmessung auf der 67 km langen Seite Dôle-Rochers de Naye vorgesehen; dazu Langdistanzmessungen im Vieleck:

Dôle - Thonon - Voirons - Piton - Crêt de la Neige.

4.5.4 Studien von gezwängten Ausgleichungsvarianten

Die freien Netzausgleichungen vom Sommer 1977 hatten die Qualität der bis dahin eingeführten alten und neuen Beobachtungsdaten bestätigt. Restliche grobe Fehler waren beseitigt worden.

Die L+T hatte bei früheren Arbeiten in der Triangulation 3. und 4.Ord. die definitiven Netze fast ausschliesslich mit Hilfe von gezwängten Ausgleichungen bei sorgfältiger Wahl der Festpunkte berechnet. Zu diesem Zeitpunkt bestanden noch Hoffnungen, es könnte bei zweckmässiger Wahl der Festpunkte eine gezwängte Lösung gefunden werden, welche die Randbedingungen der Parzellarvermessung erfüllt und gleichzeitig die Auswirkungen der Anschlusszwänge auf das Netz in vertretbarem Rahmen hält.

In der Folge wurden verschiedene gezwängte Ausgleichungen mit unterschiedlicher Festpunktwahl berechnet (s. Tab.3).

Am 30.8.1977 hat die L+T die Resultate der ersten Untersuchungen (freies Netz und gezwängte Variante 0) zur Wahl der Festpunkte an einer Sitzung vorgelegt. Neben der L+T waren die V+D die DC der Kantone Waadt und Genf sowie das IGM-EPFL vertreten. (Siehe Orig. Akte 1, 'Sitzungsprotokolle'.)

Um Kosten für die Anpassung der Parzellarvermessung im Kanton Genf einsparen zu können, postulierte die V+D die Einführung der Genfer TP 3.Ord. Hermance und Mourex als Festpunkte. - Diese Festpunktwahl wurde später als Variante 3 (s.Tab.3) berechnet. - Die L+T wünschte hingegen alle Punkte im Südwestteil des Netzes frei auszugleichen, um die grossen Zwänge - z.B. zwischen Dôle und Mourex ca 40 cm - eliminieren zu können (Var.1 und 4 der Tab.3).

An einer weiteren Sitzung am 16.11.1977 wird nachdem die L+T die Resultate der Varianten 1 bis 4 mit entsprechenden Darstellungen der Koordinatenänderungen vorgelegt hat, beschlossen, den Südwestteil des Netzes frei auszugleichen.

Die Triangulation 3.Ord. des Kantons Genf soll vorerst nicht erneuert werden und an der wenige km langen Kantonsgrenze Waadt-Genf sollen vorläufig Doppelkoordinaten eingeführt werden. Die Neutriangulation 3.Ord. und die Transformation der Koordinaten der Parzellarvermessung soll zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Studien von gezwängten Ausgleichsvarianten

Variante	0	1	2	3	4
Ausgl.Nr.	216	219.1	219.2	219.3	219.4
Datum	1.7.77	10.11.77	10.11.77	10.11.77	10.11.77
Festpunkte: Ord.					
Berra	1	X	X	X	X
Dt. du Midi	1		X	X	X
Dôle	1	X	X		
R. de Naye	1		X	X	X
Suchet	1	X	X	X	X
Vully	2	X	X	X	X
Hermance	3			X	
Mourex	3			X	
Ouchy	3	X	X	X	
Resultate:					
Mstb.fakt. (Geoid.8)(mm/km)	0(fest)	+0.2	-2.6	-2.8	-2.0(fest)
m.F. a posteriori:					
- Richtgen (cc)	3.3	2.8	3.1	3.3	2.9
- Geodim.dist. (mm/1 km)					
SGK	21.5	12.8	24.3	26.6	18.2
L+T	18.9	7.1	14.5	19.3	7.8
	9.8	7.5	10.1	11.0	7.8

Tab.3 Studien von gezwängten Ausgleichsvarianten

Nach dem Entscheid vom 16.11.1977 liessen sich die Randbedingungen des Anschlussproblems der Neutriangulation 1./2.Ord. wie folgt umreissen:

- Klaffenfreier Anschluss an die alten angrenzenden Netze der Kantone Neuenburg, Fribourg und Wallis
- Nur begrenzte Koordinatenänderungen in den Regionen Lausanne und Montreux, sodass die Fixpunktnetze und die Punkte der Parzellarvermessung nicht transformiert werden müssen.

Die Anforderungen, welche für den Anschluss an die Triangulation des Kt. Fribourg und die Erfüllung der Randbedingungen der Parzellarvermessungen in den Regionen Lausanne und Montreux gestellt wurden, führten dazu, zu versuchen, immer mehr TP 1. bis 3.Ord. mit ihren alten Koordinaten festzuhalten. Dabei zeigte sich, dass mit zunehmender Zahl der Festpunkte auch der Einfluss der Anschlusszwänge auf die Konformität des Netzes stark stieg.

Sollte wirklich eine Verbesserung der Triangulation höherer Ord. in der Südwestschweiz erreicht werden, so schien die optimale Lagerung des freien Netzes mit nachträglicher Interpolation in den Anschlusszonen der beste Lösungsweg zu sein.

4.5.5 Definitives freies Netz

4.5.5.1 Allgemeines

(Siehe Netzplan 1:200'000, Anhang zum technischen Bericht.)

Nachdem feststand, dass eine vorteilhafte Lösung nach der klassischen Methode durch Einzwängen in Festpunkte nicht erreicht werden kann, wurde versucht, ein freies Netz zu bestimmen, das von jedem Massstabs- und Orientierungseinfluss durch Festpunkte frei ist. Die in einem zweiten Schritt zu findende zweckmässige Lagerung dieses Netzes sollte schliesslich zu den definitiven Koordinaten der TP 1./2.Ord. führen.

4.5.5.2 Definitive Netzdisposition, Annahmen

Um den Anschluss des neuen Netzes an das übrige alte Landesnetz 1.Ord. besser studieren zu können, waren Erweiterungen des Netzes im Norden, Osten und Süden erforderlich. Den neuen Perimeter bildeten nun die TP 1.Ord.:

Faux d'Enson - Rötifluh - Napf -
Rothorn - Altels - Oldenhorn - Dent du Midi

Gern hätten wir das Netz auch im Nordwesten durch französische Messungen ergänzt. Die von französischen Messungen für das RETRIG zur Verfügung stehende Daten schienen aber nicht geeignet, so dass darauf verzichtet wurde.

Glücklicherweise waren in den im Osten angefügten Dreiecken in den letzten Jahren viele Langdistanzen durch die SGK gemessen worden. Diese konnten in zentrierter Form übernommen werden. Zusätzlich standen in diesem Netzteil auch Laplace Azimute der SGK zur Verfügung.

Annahmen des freien Netzes:

- Als einziger Festpunkt des Netzes wurde der zentral gelegene Punkt Berra mit seinen alten Koordinaten eingeführt.
- Der Netzmassstab wird durch die vielen über den grössten Teil des Netzes verteilten Geodimeterdistanzen bestimmt. Nach Anbringen der Frequenzkorrekturen sind diese Messwerte weitgehend frei von Massstabsfehlern.
- Die Orientierung des freien Netzes wird durch 5 Laplace-Azimute bestimmt. Daneben helfen diese Beobachtungen lokale Verdrehungen des Netzes zu vermeiden (siehe auch Anhang zum techn. Bericht.)

4.5.5.3 Numerische Probleme und Massnahmen

Bei der Entwicklung des Triangulationsprogramms LANDTOP wurde die direkte Einführung von Laplace-Azimuten nicht vorgesehen. Zur numerischen Verarbeitung dieser Beobachtungen mussten deshalb verschiedene Massnahmen vorgesehen werden.

Die astronomischen Azimutbeobachtungen mussten nach der Reduktion aufs Ellipsoid zuerst zu fingierten Richtungen umgerechnet werden (siehe Originalakte Nr.8 und Kap.4.2.4).

Zu jedem Laplace-Stationenpunkt mit den Koordinaten (Y_p, X_p) wurde ein 'Azimutpunkt' mit der Bezeichnung 'AZP' und den Koordinaten $(Y_p, X_p + 200 \text{ km})$ als fester Hilfspunkt eingeführt.

Zusammen mit den 'Azimutpunkten' erreichte das Netz in X-Richtung eine Ausdehnung von 380 km. Um ein 'Overflow' bei der Abspeicherung der lokalen Koordinaten der Netzpunkte als 'Integervariablen' zu vermeiden, wurde mit dem ersten Punkt im Koordinatenverzeichnis (Bez.: 'TRANSLAT') eine Koordinatentranslation in den Netzmittelpunkt bewirkt.

Die Koordinaten der 'Azimutpunkte' mussten iterativ verbessert werden.

4.5.5.4 Beurteilung der Ausgleichungsergebnisse, Modelltest

Daten der Ausgleichung (s. auch Berechnungsband)

	Anz.
Beobachtungen:	1366 (davon 348 Distanzmessungen)
Neupunkte:	125 (davon rund 70 Exz. und HP)
Massstabsunbek.:	2
Unbekannte:	528 (inkl. Orientierungen)
Ueberbestimmungen:	838

M.F. a posteriori

Beob. Gruppe	Gerät	Mst.korr. (ppm)	Anz.	σ (1km)	m (1km)	m/ σ
Distanzen:				mm		
1	Messband		36	302	186	0.6
2	DI3S		56	10	9	0.8
3	Geodimeter 8 (SGK)		70	6	6	1.0
4	WILD DI-50	+5.3	50	25	15	0.6
5	Geodimeter 8 (L+T 1976)		92	6	6	1.0
6	Geodimeter 8 (L+T 1977)		34	6	6	1.1
7	Tellurometer CA 1000	+4.7	6	20	25	1.2
8	Geodimeter 6BL		2	6	3	0.5
9	Geodimeter 6 (Op. MONTREUX)		2	6	7	1.1
Richtungen:			1018	3	3	1.0
Total						1.01

Tab.4 Ausgleichungsergebnisse des definitiven freien Netzes

Modelltest:

$$f = n - u = 838$$

Für $s = 95\%$: $\chi^2(f = 838) = 906$

$$\frac{m_0^2}{\sigma_0^2} < \left(\frac{\chi^2}{f} \right)_{0.95}$$

$$1.02 < 1.03 \quad \rightarrow \quad \text{Modellhypothese annehmen}$$

Fehlerellipsen der Neupunkte: siehe Anhang zum techn. Bericht.

4.6 Lagerung des Netzes

4.6.1 Zielsetzung, Randbedingungen

4.6.1.1 Allgemeines

Die Neutriangulation höherer Ord. soll aus ökonomischen Gründen nur dort durchgeführt werden, wo die Gewähr besteht, dass die Neuberechneten Koordinaten der TP auch als Anschlusspunkte der Triang. 4.Ord. und damit der Parzellarvermessung in absehbarer Zeit Verwendung finden.

Das Triangulationsnetz höherer Ord. des Kt. Waadt grenzt im Norden an das Netz des Kt. Neuenburg und hat im Norden und Osten eine lange gemeinsame Grenze mit dem Kanton Fribourg. Die Nahtzonen zu den Kantonen Genf und Wallis sind glücklicherweise nur wenige km lang.

Die Triangulationsnetze höherer Ord. der angrenzenden Kantone genügen nach Aussage der KVA z.Z. den an sie gestellten Anforderungen. Insbesondere das KVA FR ist an Koordinatenverbesserungen in seinem Netz nicht interessiert. Entlang der langen Grenzlinie mit Frankreich muss bezüglich Anschluss an bestehende TP keine Rücksicht genommen werden. Zu allen Nachbarkantonen sind die Anschlussbedingungen zu studieren und zu berücksichtigen.

In den Regionen Genf, Lausanne und Montreux bestehen darüber hinaus Randbedingungen bezüglich dem Anschluss an bestehende Parzellarvermessungen.

Die gleichmässige Verteilung grösserer Anschlusszwänge ist mit einer Ausgleichung nach kleinsten Quadraten nicht zu erreichen, weil sich die Zwänge bei dieser Methode in den schwächsten Netzteilen anhäufen. Um diesen Nachteil zu vermeiden wurde folgende dreistufige Lösung vorgeschlagen:

1. freie Netzausgleichung
mit willkürlicher Wahl eines Festpunktes und absoluter Orientierung des Netzes mit mehreren Laplace-Azimuten.
2. optimale Lagerung
des Netzes bezüglich den globalen Aspekten und den lokalen Randbedingungen durch Aehnlichkeitstransformation.
3. Anpassung durch Interpolation
der Koordinaten des gelagerten freien Netzes innerhalb begrenzter Übergangszonen entlang den Nahtzonen des Netzes.

4.6.1.2 Globale geodätische Aspekte

Von der SGK ausgeführte Kontrollmessungen mit EDM im schweizerischen Triangulationsnetz 1.Ord. haben gezeigt, dass die Massstabsübertragung im alten Richtungsnetz z.T. Massstabsabweichungen von 5 bis -16 ppm aufweist (4). So beträgt der Netzmassstab des alten Landesnetzes nach unseren Untersuchungen im Dreieck Suchet - Berra - Rochers de Naye ca +0.8 mm/km während er im nördlichen und südlichen

angrenzenden Netz -8.2 bzw -3.5 mm/km beträgt (Abb.9). Vergleiche der Netzorientierung mit den von der SGK gemessenen Laplace-Azimuten könnten auf ähnliche Weise auf Orientierungsinhomogenitäten an verschiedenen Stellen des Landesnetzes hinweisen.

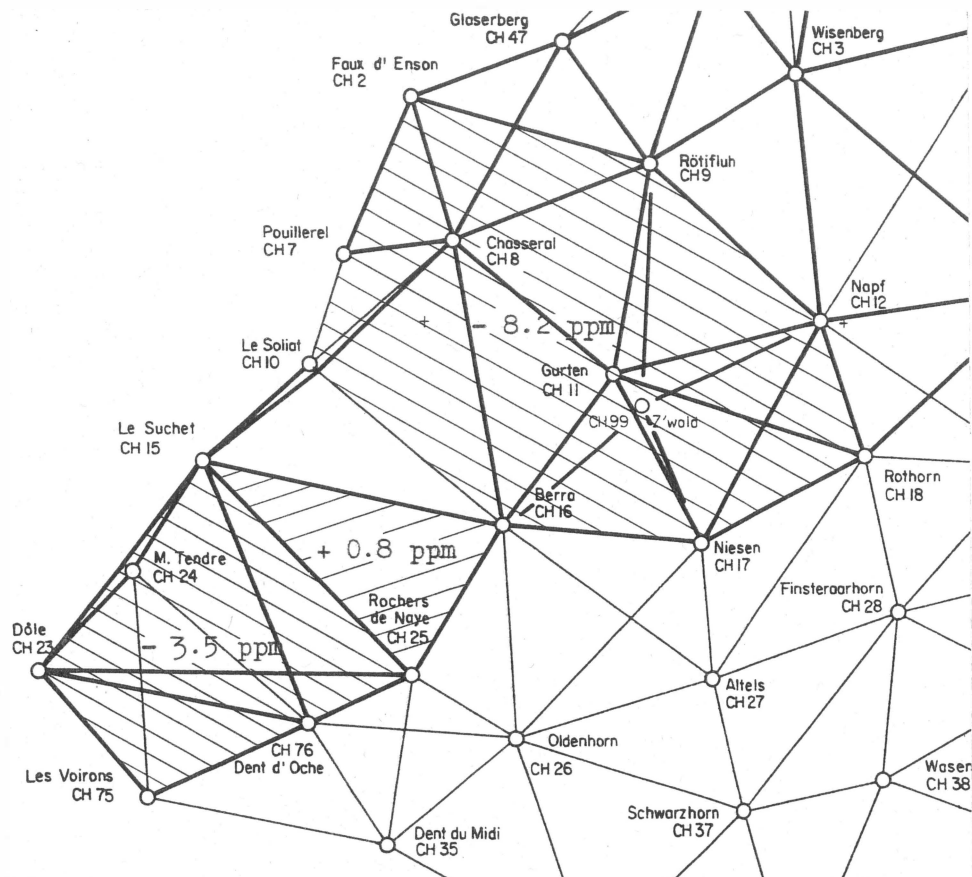


Abb.9 Massstabsinhomogenität im offiziellen Landesnetz 1.Ord.

Mit dem Vorgehen nach den folgenden Punkten soll die Triangulation der Südwestschweiz aus geodätischer Sicht nachhaltig verbessert werden:

1. Das Netz 1./2.Ord. soll als freies Netz ausgeglichen werden.
2. Der Netzmasstab des freien Netzes soll durch eine grosse Zahl von gleichmässig verteilten Geodimeter 8-Langdistanzen festgehalten werden.
3. Die Netzorientierung soll durch mehrere Laplace-Punkte gestützt werden.
4. Mit Hilfe einer Aehnlichkeitstransformation soll der Netzmasstab und die Netzorientierung dem Mittel des übrigen Landesnetzes angepasst werden. Die Translationsparameter sind dabei so zu wählen, dass in der Nahtzone zum übrigen Landesnetz keine Klappe entsteht.

Mit diesem Vorgehen entsteht ein bezüglich Netzmassstab und -orientierung optimal ans übrige Landesnetz angepasster neuer Netzteil. Eine spätere Fortsetzung der Netzerneuerung höherer Ord. im übrigen Mittelland wird dabei nicht verbaut.

4.6.1.3 Randbedingungen der Parzellarvermessung

Bei der Einführung neuer Koordinaten der TP im Kanton Waadt ist auf die Parzellarvermessung Rücksicht zu nehmen. Ueber grosse Gebiete des Kt. Waadt bestehen bis heute nur provisorisch anerkannte, alte graphische Parzellarvermessungen. Dort kann die Einführung mit der Neuvermessung ohne grosse Schwierigkeiten erfolgen. Wo Neuvermessungen in Arbeit oder bereits anerkannt sind, sind Anpassungen durch Transformation der Fixpunktkoordinaten oder der Punktkoordinaten ganzer numerischer Vermessungen vorzunehmen.

Besondere Anpassungsforderungen wurden von der DC VD für folgende Gebiete gestellt:

- Stadt Lausanne (Neues Fixpunktnetz und numerischer Kataster im Aufbau, z.T. bereits eingeführt.)
- Stadt Morges (z.T. numerische Neuvermessung bereits anerkannt.)
- Region Montreux (Neue Operate und Teiloperate der Triang. 4.Ord. bereits in Kraft.)

In der Stadt Yverdon besteht auch bereits eine numerische Vermessung, da aber die Zwänge in deren Umgebung sehr gross und unregelmässig sind, wurde auf eine Anpassung des Landesnetzes in dieser Region verzichtet.

4.6.2 Lokale Lagerung

4.6.2.1 Allgemeines

Mit Hilfe von Helmerttransformationen wurde versucht, das neue freie Netz auf das bestehende Landesnetz lokal einzupassen. Dabei wurde die Berücksichtigung aller Randbedingungen angestrebt. Als Passpunkte wurden verschiedene TP 1.Ord. nordöstlich der Linie Suchet - Rochers de Naye - Dent du Midi bei unterschiedlicher Gewichtung gewählt.

Alle Transformationen wurden auf dem Tischrechner HP 9810 mit einem Programm berechnet, das den Anforderungen nur z.T. genügte. Die zur Darstellung der Resultate nötigen Pläne mit den Koordinatenänderungen wurden von Hand erstellt. (Siehe Orig.Akte 12.)

4.6.2.2 Transformationsvarianten, Wahl der Passpunkte

(Siehe Tab.5 und Orig.Akte 12.)

Transformations d'Helmert

du réseau de 1^{er} et 2^{ème} ordre du 12.12.1977

(Berra fixe, orientation astronomique, échelle du géodimètre 8)

Variantes	1	2	3
<u>Points d'ajustage:</u>		<u>poids:</u>	
Altels	1	1	0
Berra	2	2	2
Dent du Midi	1	1	1
Gurten	2	2	1
Napf	2	2	0
Niesen	2	2	1
Oldenhorn	1	1	1
Rochers de Naye	2	2	2
Rötiflüh	2	2	0
Rothorn	2	2	0
Suchet	2	2	2
Vully	0	0	1
<u>Paramètres:</u>			
Echelle: (mm/km)	-4.8	0.0	-0.8
Rotation: (^{cc})	-3.1	0.0	-3.7
Translation: Y_0 :(m)	-0.261	-0.261	-0.036
(du centre de gravité) X_0 :(m)	-0.078	-0.078	-0.135

Tab.5 Varianten zur lokalen Lagerung

Bei den Varianten 1 und 2 wurden die Passpunkte wie folgt ausgewählt und gewichtet:

A) $p=2$: TP 1.Ord. im Anschlussgebiet, welche im neuen Netz mit Langdistanzen bestimmt sind (Ausnahme: Chasseral, Soliat).

B) $p=1$: Uebrige TP 1.Ord. (nur mit alten Richtungssätzen bestimmt).

Bei Variante 3 wurden nur die TP 1.Ord. in unmittelbarer Nähe der neuen Netze 3.Ord. stärker berücksichtigt:

A) $p=2$: Dreieck Suchet - Berra - Rochers de Naye

B) $p=1$: Angrenzende TP 1. und 2.Ord.

Die Passpunktgruppen B wurden zur besseren Bestimmung der Drehung miteinbezogen.

Bei Variante 1 und 3 wurden Helmerttransformationen berechnet. Trotz ähnlicher Passpunktwahl ergaben sich sehr unterschiedliche Massstabsunbekannten. Ursache dafür ist die starke Massstabsabweichung im Dreieck Suchet - Berra - Rochers de Naye des alten Landesnetzes (siehe Kap.4.6.1.2). Die transformierten Koordinaten der beiden Varianten unterscheiden sich in den vom Schwerpunkt der Passpunkte entfernten Zonen des Netzes (z.B. Region Genf: um ca 30 cm) stark.

Bei Variante 2 wurden nur Translationen dy , dx zugelassen. Massstab und Orientierung entsprechen dem freien Netz.

4.6.2.3 Kritik der lokalen Lagerung

Bei der Interpolation der Resultate der lokalen Lagerung (siehe Vektorplan, Orig.-Akte 12) zeigte sich, dass bei lokaler Einpassung des Netzes nach Variante 3 die Randbedingungen der Parzellarvermessung (kleine Koordinatenänderungen in den Regionen Lausanne und Montreux sowie entlang der fribourgischen Grenze) zu erfüllen wären. Dabei würde aber die unlängst aufgedeckte Schwäche im alten Netz 1.Ord. (Massstabsinhomogenität in einem Netzteil der noch aus dem Gradmessungsnetz der SGK von 1880 stammt) in den südwestlichen Teil des Landesnetzes extrapoliert und diese Lösung für die nächsten Jahrzehnte zementiert.

Eine, die globalen geodätischen Aspekte besser berücksichtigende Lösung, welche daneben auch die lokalen Randbedingungen berücksichtigt, wäre vorzuziehen.

4.6.3 'SUPER-LANDESNETZ 77' als Stütznetz

4.6.3.1 Konzept

Aus der ursprünglich geplanten 'Flickarbeit' in der Triangulation 3.Ord. des Kanton Waadt ist die Erneuerung der Triangulation der Südwestschweiz mit Neubestimmung einzelner TP 1.Ord. geworden. Die Lösung einer solch grossen Aufgabe verdient auch im grösseren Rahmen betrachtet zu werden.

Grundsätzlich stellt sich die Frage: Wie kann ein altes, mit Mängeln behaftetes Triangulationsnetz etappenweise verbessert werden?

Bei der etappenweisen Erneuerung begrenzter Netzteile besteht die Gefahr, dass schliesslich beim Zusammenfügen der einzelnen Teile neue Netzklaffen entstehen. Das ist mitunter ein Grund, warum für die operatsweise Neutriangulation 4.Ord. ein zuverlässiges Anschlussnetz höherer Ord. vorausgesetzt werden muss. In ähnlicher Weise muss für die etappenweise Erneuerung des Landesnetzes ein homogenes, übergeordnetes Stütznetz gefordert werden. Nur wenn alle Teilerneuerungen optimal aufs Stütznetz gelagert werden, kann das Ziel, die einzelnen Teilnetze schliesslich zu einem homogenen Ganzen zu vereinigen, erreicht werden.

In den letzten Jahrzehnten wurden im Rahmen des RETRIG umfangreiche Arbeiten im schweizerischen Triangulationsnetz 1.Ord. unternommen.

- Die alten Winkelmessungen wurden neu erfasst und durch strenge Stationsausgleichungen zu neuen Richtungssätzen vereinigt.
- Verschiedene TP 1.Ord. wurden durch die SGK als Laplace-Stationen bestimmt.
- Die Dreiecksseiten des ganzen Mittellandteils des Netzes 1.Ord. wurde von der SGK mit elektrooptischer Langdistanzmessung nachgemessen.
- Für einzelne TP 1.Ord. wurden die Lotabweichungen durch astronomische Messungen bestimmt. Für sämtliche übrigen TP 1.Ord. wurden sie interpoliert. Die Geoidundulation wurde für sämtliche TP 1.Ord. berechnet.
- Das ganze Landesnetz oder Teile davon wurden mit den neuen Messungen und mit Berücksichtigung der Lotabweichungseinflüsse in einem Guss neu ausgeglichen.

Für die Lösung des Lagerungsproblems von erneuerten Teilnetzen stehen Resultate von, gegenüber dem offiziellen Landesnetz weit verbesserten, Netzausgleichungen zur Verfügung. Es wäre schade, wenn diese Daten für die Erneuerung der schweizerischen Landes-triangulation nicht benützt würden.

4.6.3.2 Ausgleichung des 'SUPER-LANDESNETZ 77'

Die Herren Wunderlin und Fischer, wissenschaftliche Adjunkte am IGP-ETHZ haben uns bereitwillig beraten. Herr Wunderlin hat uns freundlicherweise sämtliche Daten des gewünschten Stütznetzes geliefert. Dazu waren folgende speziellen Berechnungen auf Grund des RETRIG-Datenmaterials, ergänzt durch die neusten Distanzmessungen, nötig (s. Ordner: Ausgleichungen im Netz 1.Ord. durch das IGP-ETHZ):

1. Ausgleichung Landesnetz:
Ellipsoidische Ausgleichung als freies Netz mit Helmert-Lagerung (nur Translation) auf Koordinaten RETRIG II 1977. Massstab gegeben durch Distanzmessungen, Orientierung durch Laplace-Azimute.
2. Umrechnung der ausgeglichenen Koordinaten ins schweizerische Projektionssystem (Verebnung)
3. Helmerttransformation ins offizielle Landesnetz
Passpunkte: Alle TP 1.Ord. (Ausnahme: Randpunkte des Netzes).
(Siehe Abb.11.)

Transformationsparameter:

Massstab: -6.14 ppm
Drehung: -4.03^{cc}
Translation: DY = 0.278 m, DX = 0.080 m

Die Resultate der verschiedenen dreistufigen Berechnung werden im folgenden kurz als Koordinaten des 'SUPER-LANDESNETZ 77' (Abk.'SLN 77'; s. Orig.Akte 13) bezeichnet.

Das 'SUPER-LANDESNETZ 77' (siehe Abb.10) liefert die z.Z. besten Stützpunktkoordinaten für die Verbesserung des Landesnetzes im Sinne einer Homogenisierung des Netzmassstabes und der Netzverdrehungen.

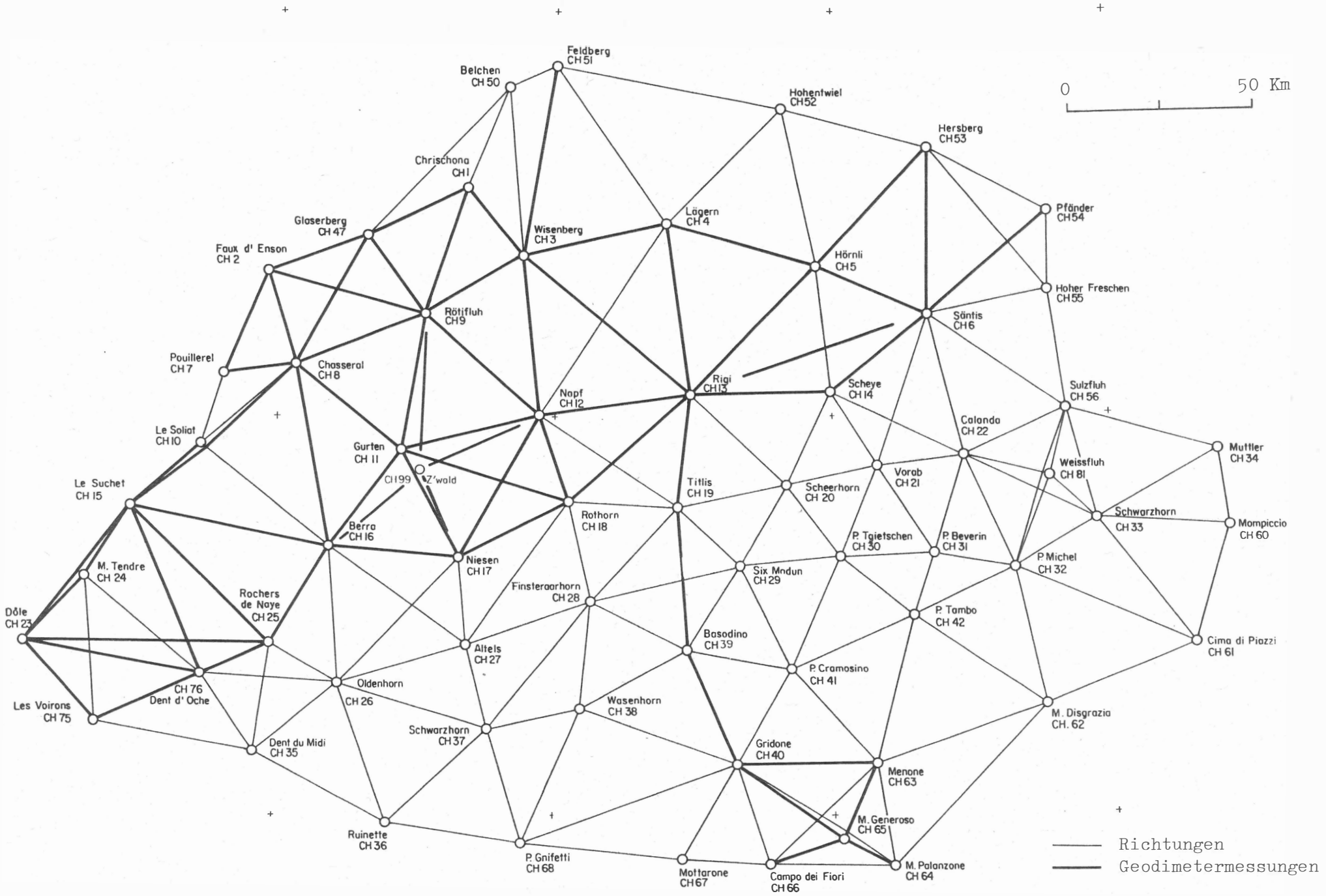


Abb.10 "Super-Landesnetz 1977"

4.6.4 Transformation des freien Netzes ins 'SUPER-LANDESNETZ 77'

Das SLN 77 enthält in der Südwestschweiz identische Beobachtungen wie das freie Netz. Die Ausgleichungen unterscheiden sich aber bezüglich funktionalem (Ellipsoid/Ebene) und stochastischem (andere Gewichtung) Modell. Zudem enthält das freie Netz zusätzliche Visuren 2. und 3. Ord. Es war deshalb besonders interessant die Resultate der unabhängig durchgeführten Berechnungen nach einer Helmerttransformation miteinander zu vergleichen.

Die Transformation ergab folgende Parameter:

- Massstab: -5.63 ppm
- Drehung: -2.28^{cc}
- Translation: DY = -0.342 m, DX = -0.224 m
(im Nullpunkt)

Die Restfehler der Helmerttransformation sind in Abb.12 als Vektoren dargestellt. Mit Ausnahme von TP Soliat, der im SLN 77 nur mit einer Distanz von Suchet schwach bestimmt ist, bleiben die Restfehler unter 4 cm. (Berechnung mit HP 9810, Kontrolle mit Progr. TRANS, RZ-L+T; s. Orig.Akte 14.)

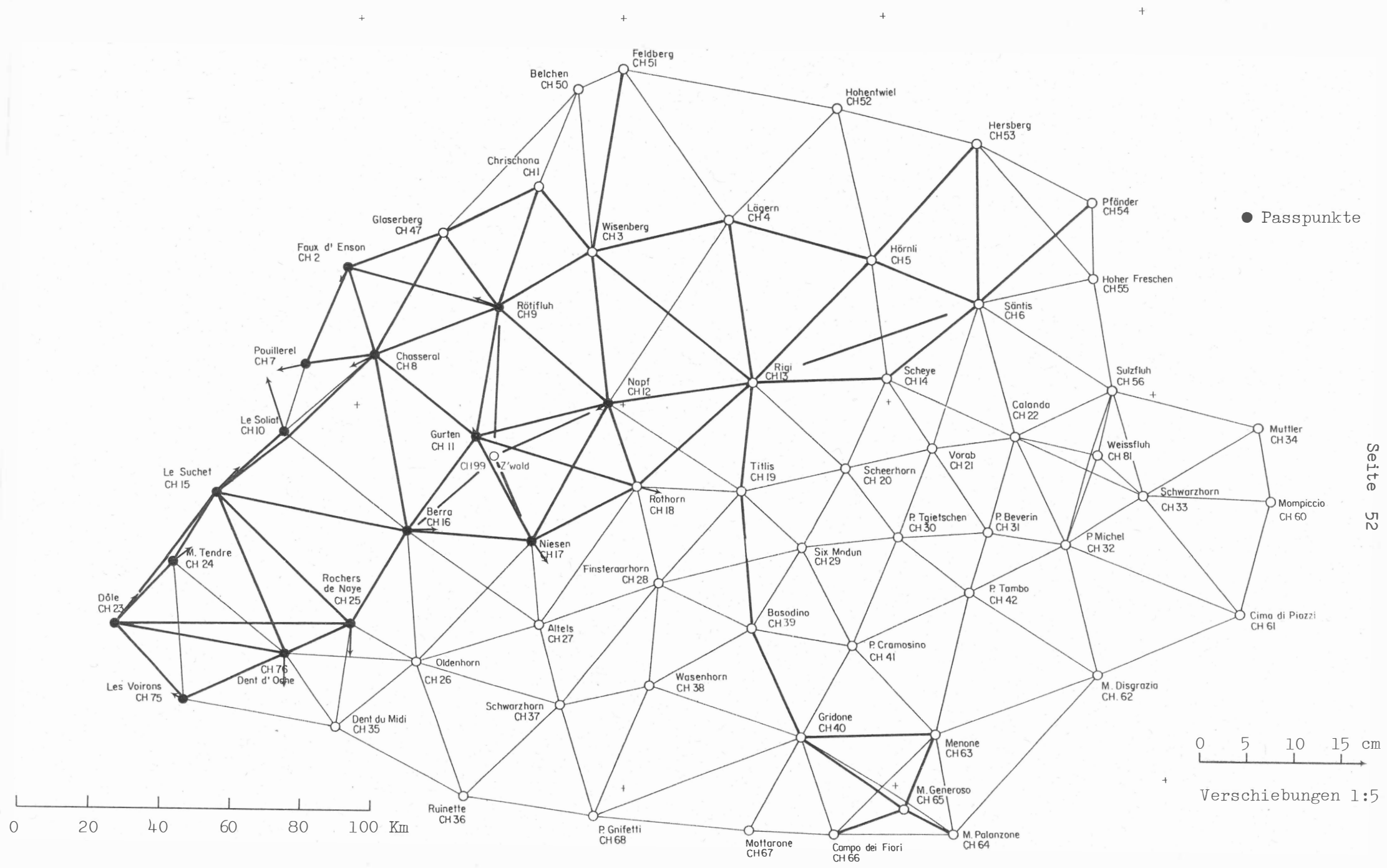


Abb.12 Restfehler der Helmerttransformation des freien Netzes ins "SUPER - LANDESNETZ 77"

4.6.5 Definitive Transformation

4.6.5.1 Konzept der modifizierten Transformation

Vom globalen geodätischen Standpunkt besehen, wäre mit der Helmerttransformation des freien Netzes ins SLN 77 die Ideallösung für die Erneuerung des südwestlichen Landesnetzes gefunden. Leider erfüllt diese Lösung aber die Randbedingungen der Parzellarvermessung nicht. Würden doch bei dieser Lösung in den Regionen Lausanne und Montreux Koordinatenänderungen an den TP 2.-3.Ord. von bis ca 30 cm entstehen.

In der Folge wurde versucht, die Transformation dahin zu modifizieren, dass an der nordöstlichen Randzone des Netzes eine bestmögliche Anpassung an das SLN 77 stattfinden, durch leichtes Variieren der Transformationsparameter aber gleichzeitig die Randbedingungen in den Regionen Lausanne und Montreux erfüllt werden. Die so gewonnene Lösung hat den Vorteil, dass bei einer späteren Fortsetzung der Netzerneuerung im nordöstlichen Mittelland keine Anschlussklaffen zu befürchten sind. Zudem sollte der erneuerte Netzteil bezüglich Netzmassstab und -orientierung trotzdem genügend gut zum übrigen Landesnetz passen. Durch Variation des Gewichtsansatzes der Passpunkte wurde eine Lösung gefunden, welche nur wenig von der Ideallagerung abwich. Die willkürliche Passpunktwahl lautet:

- A) Passpunkte mit globalen Koordinaten des SLN 77:
 die 6 nordöstl. TP 1.Ord.: Chasseral, Gurten, Niesen
 (alle mit $p = 1$) Rötifluh, Napf, Rothorn
- B) Passpunkte mit offiziellen Koordinaten des Landesnetzes:
 die 2 TP 1.Ord.: Rochers de Naye ($p = 2$)
 Suchet ($p = 1$)

4.6.5.2 Parameter der Transformation und Restfehler

Die modifizierte Transformation des 'freien Netzes' ins 'SLN 77' ergab folgende Parameter:

- Massstab: -4.12 ppm
- Drehung: -2.69^{CC}
- Translation: DY = -0.353 m, DX = -0.249 m
 (im Nullpunkt)

Damit weicht der Massstab nur um 1.5 ppm und die Orientierung nur um 0.4^{CC} von Idealwert (s. Kap.4.6.4) ab. Die Restfehler der Transformation sind in Abb.13 als Vektoren dargestellt. Die Abweichungen vom Idealnetz sind im Süden des Netzes, wo eine Weiterführung der Netzerneuerung unwahrscheinlich ist (Alpengebiet) recht gross. Im Nordosten wird die Grenze von 10 cm nicht überschritten. (Berechnung mit HP 9810, Kontrolle mit Prog. TRANS, RZ-L+T; siehe Orig.Akte 15.)

4.6.6 Beurteilung der gewählten Lagerung

4.6.6.1 Globale, geodätische Aspekte der Lösung

Leider ist es zur Zeit nicht möglich, eine ideale Lagerung des freien Netzes zu realisieren, welche als erster Schritt einer Erneuerung des Landesnetzes angesehen werden könnte. Die mit der Ideallagerung verbundenen Konsequenzen für die Parzellarvermessung und die Schwierigkeiten beim Zusammenschluss der Netze 3.Ord. an der fribourginischen Grenze wären zu gross.

Da das Netz 1./2.Ord. vollständig unverzwängt bleibt, besteht jedoch später jederzeit die Möglichkeit, dieses ohne grossen Aufwand neu zu lagern. Die gewählte Lösung ist der bestmögliche Kompromiss zwischen den geodätischen Forderungen und den Randbedingungen der Parzellarvermessung.

Die Abweichung des Netzmassstabes um 1.5 ppm und der Orientierung um 0.4^{cc} fallen im Vergleich mit der bestehenden Inhomogenität im übrigen Landesnetz (z.B. Massstabsabweichungen von +5 bis -16 ppm) kaum ins Gewicht.

4.6.6.2 Einhaltung der Randbedingungen der Parzellarvermessung

Die Änderungen der offiziellen Koordinaten der TP 1./2.Ord. infolge der modifizierten Transformation sind in einem Netzplan (Orig.-Akte 15) als Vektoren dargestellt. In der Region Lausanne-Montreux von TP Yens bis Rochers de Naye werden die Koordinatenänderungen die Grenze von 10cm kaum übersteigen. Durch Interpolation (s. Kap. 4.7) der Netze 3. und 4.Ord. sowie der Polygonnetze sollte eine Anpassung an unverändert zu belassende Parzellarvermessungen möglich sein.

Im nördlichen fribourginischen Grenzgebiet zwischen den TP Chaille, Middel und Mossel treten Koordinatenänderungen von über 20 cm auf. Der Zusammenschluss der Netze 3.Ord. muss dort durch Interpolation innerhalb einer 10-15 km breiten Uebergangszone erfolgen.

4.7 Anpassung in den Randzonen

4.7.1 Problemstellung

Die Neutriangulation des Kanton Waadt grenzt zum überwiegenden Teil an französisches Staatsgebiet. Dort entstehen keine Anschlussprobleme. Die gewählte Lagerung des Netzes hat entlang der fribourgischen und neuenburgerischen Grenze unterschiedlich grosse Anschlussklaffen von z.T. über 20 cm zur Folge. Da eine Erweiterung der Neutriangulation auf das Gebiet der Kantone Fribourg und Neuenburg auch mittelfristig nicht vorgesehen ist, soll die Einführung von Doppelkoordinaten für die TP 3.Ord. an der Kantonsgrenze im Hinblick auf die Probleme der Fixpunktnachführung vermieden werden. Die Verhandlungen mit den betroffenen kantonalen Amtsstellen führten zu der Entscheid, entlang der fribourgischen Kantonsgrenze eine mehrere Kilometer breite Uebergangszone zu schaffen, in welcher die Koordinaten der TP 3.Ord. interpoliert werden sollen. Die Uebergangszone soll grösstenteils auf waadtländischem Gebiet liegen, sodass die Koordinaten der TP des Kantons Fribourg möglichst unverändert belassen werden können. Eine Ausnahme bilden die in der Uebergangszone liegenden Exklaven des Kantons Fribourg. Allfällige grössere Zwänge zwischen den fribourgischen Anschlusspunkten sollen womöglich eliminiert werden (siehe auch Orig.Akte 1, 'Sitzungsprot.').

4.7.2 Uebergangszonen

Die Interpolation in der Uebergangszone kann nur im Rahmen der Neutriangulation 3.Ord. durchgeführt werden. Zur Ueberprüfung der Anschlusspunkte müssen die neuen Netze 3.Ord. um 1 bis 2 Maschenweiten ins Anschlussgebiet ausgedehnt werden. Die genaue Lage und Breite der Uebergangszone kann erst bei der Auswertung der Operate 3.Ord. festgelegt werden. Erst zu diesem Zeitpunkt ist die genaue Grösse der Klaffen bekannt. Grundsätzlich soll die Uebergangszone und damit der deformierte Netzteil so eng wie möglich begrenzt werden. Die durch die Interpolation entstehenden Netzdeformationen sollen aber die Arbeit in der Triangulation 4.Ord. nicht erschweren. Auch in der Uebergangszone soll eine, wenn auch minime Qualitätsverbesserung des Netzes 3.Ord. erreicht werden.

4.7.3 Interpolationsmethode

Es musste eine Methode gesucht werden, mit welcher die an die interpolierten Koordinaten gestellten Anforderungen erfüllt. Wo grössere Zwänge zwischen den Anschlusspunkten bestehen soll sie eine Verbesserung ihrer Koordinaten erlauben. Die Methode soll auch die Interpolation von Punkten alter Operate 4.Ord. ermöglichen.

Im Frühjahr 1979 wurde als erstes die Uebergangszone des Op. 3.Ord. BROYE interpoliert. Dabei wurde die Methode der Interpolation nach kleinsten Quadraten von Kraus (10) mit Erfolg angewendet. Wir verweisen auf den technischen Bericht zum Op. BROYE.

4.8 Bereitstellen der Versicherungsakten und Koordinatenverzeichnisse

4.8.1 Versicherungsakten

Sachbearbeiter: W. Wyss, H. Gilgen
 Datum: Winter 1978-79
 Original-Akten: Nr. 17

Sämtliche Versicherungsprotokolle 1. und 2.Ord. des Kantons Waadt wurden erneuert und die Originalprotokolle nachgeführt. Obwohl die Triangulationsakten des Kanton Waadt z.Z. umgearbeitet werden, wurden einheitlich alte Streifenprotokolle erstellt. Die Situationskizzen wurden anhand von Ergänzungsaufnahmen neu gezeichnet oder vervollständigt. Die Versicherungsprotokolle der begangenen TP 1./2.Ord. ausserhalb des Kantons Waadt wurden alle nachgeführt. Diese Versicherungsakten wurden am 27.4.79 an die DC VD abgegeben.

4.8.2 Koordinatenverzeichnis

Die neu berechneten Koordinaten der TP 1./2.Ord. wurden auf cm gerundet und nach den Namen in der Berechnung (CODE) alphabetisch sortiert in einem Verzeichnis zusammengestellt. Zusätzlich wurde die Liste durch die offiziellen Punktnamen ergänzt. Dieses Verzeichnis dient damit auch zur Definition der abgekürzten Namen in den Berechnungen.

Die später zu interpolierenden TP 2.Ord. Cuarny und Champtauroz sowie Chasseron und Soliat fehlen in der Liste. Sie sind den Koordinatenverzeichnissen der Op.3.Ord. BROYE und ORBE zu entnehmen.

4.9 Ergänzungen und Berichtigungen

(Siehe Orig.Akte 16)

- Berichtigung der Höhe von TP Mont-Pélerin:

Die Höhe von PELERI E wurde in der definitiven Berechnung des Netzes irrtümlich um 10 cm falsch angenommen.

Die Höhen lauten richtig:

	Gebrauchshöhe	ellipsoid. Höhe
PELERI E	1138.21	1137.24
PELERI W	1138.28	1137.31

Die Höhe wurde im Koordinatenverzeichnis berichtigt. Der Einfluss dieses Fehlers auf die Lagerechnung kann vernachlässigt werden.

- Berichtigung der Koordinaten von TP Pleiades:

In der definitiven Berechnung fehlt die Distanz zwischen PLEIAD und PLEIADSW. Die nachträgliche Einführung dieser Exzentrumsbeziehung hatte Koordinatenänderungen von je 1 cm zur Folge.

- Identität der Versicherung von TP Chasseral:

Der Pfeiler auf Chasseral war von 1956-76 schief. Der Pfeilerbolzen war während dieser Zeit um 2 cm exzentrisch. Das Azimut der Exzentrizität betrug ca 41^g. Obwohl Distanzmessungen der SGK aus der Epoche 1965-76 verwendet wurden, unterblieb die Berücksichtigung dieser Exzentrizität, da TP Chasseral nur zur Lagerung des Netzes eingeführt wurde und seine Koordinaten unverändert blieben.

5 Resultate der Neutriangulation

5.1 Koordinatenänderungen der TP 1. und 2.Ord.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen wurden im ganzen Gebiet der Kantone Waadt und Genf sowie im angrenzenden Ausland die Koordinaten der TP 1./2.Ord. des gelagerten freien Netzes (s. Kap.4.6.5) offiziell eingeführt. Die offiziellen gerundeten Werte sind im Koordinatenverzeichnis vom 27.4.79 (s. Berechnungsband, 5.Teil) zusammengestellt. In Abb.14 sind die Koordinatenänderungen als Vektor graphisch dargestellt.

Ausnahmen:

- Die TP 2.Ord. Champtauroz, Chasseron und Cuarny liegen in der Interpolationszone und werden im Rahmen der Op.3.Ord. BROYE und ORBE interpoliert.
- Im Pays d'Enhaut, östlich der Linie Moléson - Rochers de Naye wird die Triangulation nicht erneuert. Es werden keine Koordinatenänderungen eingeführt.
- Die DC GE verwendet für ihre Triangulationsarbeiten im Kanton Genf vorläufig die alten offiziellen Koordinaten der Anschlusspunkte 1./2.Ord. Die neuen offiziellen Werte werden hier erst mit der Parzellarvermessung eingeführt (s. 'Sitzungsprotokolle', Orig.Akte 1).
- Im Stadtgebiet von Lausanne werden die Koordinaten der Fixpunkte vorläufig nicht angepasst. Das VA verwendet für seine Arbeiten vorläufig die alten Koordinaten des TP 2.Ord. Ouchy.

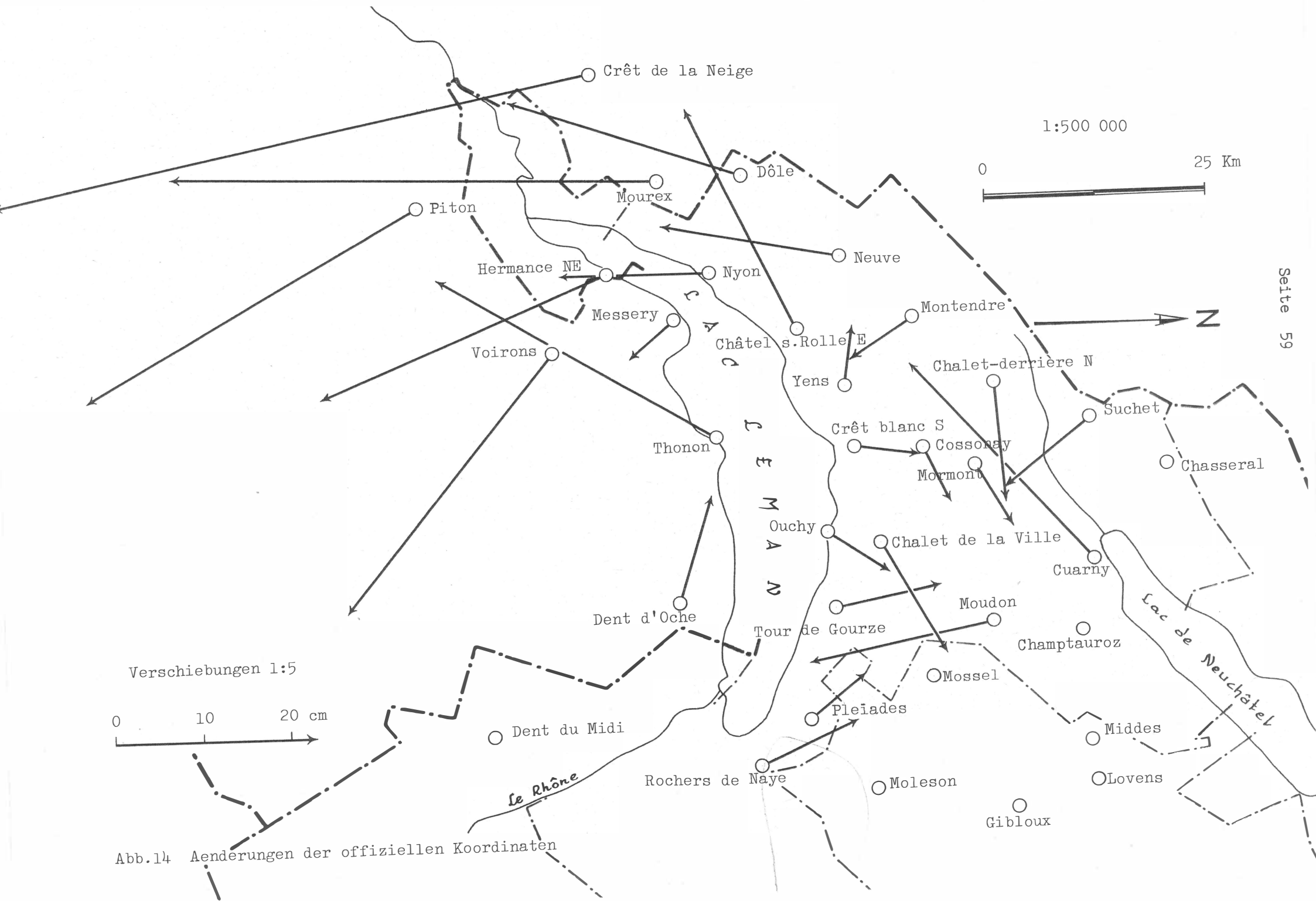


Abb.14 Aenderungen der offiziellen Koordinaten

5.2 Koordinatenänderungen in der Triangulation 3.Ord.

Die definitiv eingeführten Koordinaten der TP 3.Ord. werden nach Abschluss der Op.3.Ord. in eigenen Koordinatenverzeichnissen publiziert.

Um einen besseren Ueberblick zu ermöglichen, werden die Resultate in einem Gesamtverzeichnis zusammengestellt und die Koordinatenänderungen, dargestellt als Vektoren, in eine Karte 1:100'000 fortlaufend eingetragen (s. Orig.Akte 15).

5.3 Folgen für die Kantone

- Kanton Waadt:

Die L+T erneuert die Triangulation 3.Ord. im ganzen Kantonsgebiet (exkl. Vallée de Joux, Pays d'Enhaut), wobei die Wünsche der DC VD über die Reihenfolge der Durchführung in den einzelnen Gebieten soweit als möglich berücksichtigt werden.

Die DC VD erneuert sukzessive die Triangulation 4.Ord. Die Prioritäten werden dabei gemäss den Forderungen der Parzellarvermessung gesetzt. Bestehende numerische oder halbgraphische Parzellarvermessungen sind in der Folge zu transformieren bzw. anzupassen.

- Kanton Genf:

Die Triangulation 4.Ord., das Fixpunktnetz und die Parzellarvermessung werden vorläufig nicht angepasst. Die DC GE hat sich aber verpflichtet diese Anpassung mittelfristig durchzuführen.

- Kanton Fribourg:

Die Neutriangulation wird grundsätzlich nicht in das Gebiet des Kantons Fribourg ausgedehnt. Es sind nur Anpassungen und Transformationen der Triangulation 4.Ord., der Fixpunktnetze und bestehender Parzellarvermessungen in den Exklaven und in eng begrenzten Gebieten entlang der Kantonsgrenze notwendig.

- Kanton Neuenburg:

Die Neutriangulation wird grundsätzlich nicht in das Gebiet des Kantons ausgedehnt. Die Anschlussprobleme werden im Rahmen des Op.3.Ord. ORBE gelöst.

- Kanton Wallis:

Nicht betroffen.

6 Weiteres Vorgehen in der Triangulation 3.Ord.

Die L+T wird das Netz 3.Ord. der Kantone Waadt und Genf sukzessive erneuern. Die Arbeiten werden in abgeschlossenen Operaten nach den Anforderungen für die Triangulation 4.Ord. durchgeführt.

Bis zum Jahr 1980 sind folgende Operate vorgesehen:

Operat	Arbeitsbeginn	-ende
NYON	1975	1977
LEMAN	1978	1978
BROYE	1978	1979
ORBE	1979	1980
JORAT	1980	-

7 Pendenzen

- Karte 1:100'000 mit Darstellung der Aenderungen der offiziellen Koordinaten.
- Erstellen eines Beobachtungsfiles mit zentrierten Beobachtungen.
- Ueberarbeitung der alten Richtungsverzeichnisse des Kantons Waadt.

8 Liste der Akten und Pläne

8.1 Beilagen zum Technischen Bericht

8.1.1 Verzeichnis der Abb. und Tabellen

Abbildungen:

Nr.		Seite
1	Richtungssätze aus dem RETRIG-Netz	12
2	Richtungssätze aus dem Netz der SGK von 1880	13
3	Laplace-Azimute der SGK	14
4	Mikrowellen-Distanzmessungen der SGK	15
5	Elektrooptische Distanzmessungen der SGK	16
6	Zweite Geschwindigkeitskorrektion	22
7	Geometrische Beziehungen Geoid-Ellipsoid	24
8	Geoidundulationen nach W. Gurtner	26

9	Massstabsinhomogenität im offiziellen Landesnetze 1.Ord.	43
10	'SUPER-LANDESNETZ 1977'	49
11	Restfehler der Helmertrtransformation des 'SUPER-LANDESNETZ 77' ins offizielle Landesnetz	50
12	Restfehler der Helmertrtransformation des freien Netzes ins 'SUPER-LANDESNETZ 77'	52
13	Restfehler der definitiven Transformation	54
14	Aenderungen an den offiziellen Koordinaten	59

Tabellen:

Nr.		Seite
1	Instrumentenkorrektur der EDM-Geräte	20
2	Lotabweichungskorrekturen einiger kritischer Stationen	28
3	Studien von gezwängten Ausgleichungsvarianten	38
4	Ausgleichungsergebnisse des definitiven freien Netzes	40
5	Varianten zur lokalen Lagerung	45

8.1.2 Anhang

- Netzplan 1:200'000
- Netzverdrehungen ohne Laplace-Azimute
- Plan mit mittl. Fehlerellipsen 1:200'000
- Lageänderungen bei Distanzreduktion mit ellipsoidischen Höhen

8.1.3 Literaturhinweise

- (1) Elmiger, A. Erste Ergebnisse einer Geoidbestimmung für die Schweiz aus astronomischen und interpolierten Lotabweichungen, Bericht an die SGK, Zürich, 1975.
- (2) Fischer, W. Distanzmessungen mit WILD Distomat DI-50 und AGA Geodimeter 8 im schweiz. Triangulationsnetz 1. und 2.Ord., Prot. der 117 Sitzung der SGK, Kloten, 1972.
- (3) Fischer, W. Bericht über die elektronischen Distanzmessungen mit dem Geodimeter 8 in den Jahren 1973 und 1974, Prot. der 121. Sitzung der SGK, Kloten 1976.

- (4) Fischer, W. The scale of the Swiss first order triangulation net, Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie, Bericht Nr.30, Zürich, 1979.
- (5) Gubler, E. Elektronische Triangulationsberechnung, Programmbeschreibung (Prog.LANDTOP), L+T, Wabern, 1975.
- (6) Gurtner, W. Das Geoid in der Schweiz. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, vol.32, Bern, 1978.
- (7) Gurtner, W. Programmbeschreibung für die Interpolation von Geoidhöhen, ETHZ, 1978.
- (8) Höpke, W. Ueber die Bahnkrümmung elektromagnetischer Wellen und ihren Einfluss auf die Streckenmessungen, Zeitschrift für Vermessungswesen, 6/1964.
- (9) Jordan, Eggert, Kneissl Handbuch der Vermessungskunde, Band VI, Stuttgart, 1966.
- (10) Kraus, K. Interpolation nach kleinsten Quadraten in der Photogrammetrie, Zeitschrift für Vermessungswesen 9/1970.
- (11) Schneider, D. Raumnetz Thuisis, Zeitschrift 'Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik' 4-1978.
- (12) Wunderlin, N. Ausgleichung des Netzes 1.Ord. der schweiz. Landesvermessung, Prot. der 119. Sitzung der SGK, Kloten, 1974.
- (13) Zölly, H. Geschichte der geodätischen Grundlagen für Karten und Vermessungen in der Schweiz., Bundesamt für Landestopographie, Wabern, 1948.

8.1.4 Abkürzungen und Bezeichnungen im technischen Bericht

Abkürzungen:

DC VD	Direction du cadastre du canton de Vaud
DC GE	Direction du cadastre du canton de Genève
EDM	Elektronische Distanzmessung
Exz	Exzentrum
IGM-EPFL	Institut de Géodésie et Mensuration de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Lausanne
IGP-ETHZ	Institut für Geodäsie und und Photogrammetrie der ETH-Zürich
KVA	Kantonales Vermessungsamt
L+T	Bundesamt für Landestopographie

MED	Mesure électronique des distances
Ord.	Ordnung
Op.	Operat
RZ-EMD	Rechenzentrum des Eidg. Militärdepartements
RZ-L+T	Rechenzentrum der L+T
SGK	Schweiz. Geodätische Kommission
SLN 77	SUPER-LANDESNETZ 1977
TP	Triangulationspunkt
V+D	Eidg. Vermessungsdirektion

Bezeichnungen:

D	Distanz
Dy, Dx	Koordinatendifferenzen
f	Freiheitsgrad
M.F.	Mittlerer Fehler (i.A. a posteriori)
n	Anzahl der Messungen
p	Gewicht
R	Erdradius
s	Signifikanzniveau
u	Anzahl der Unbekannten
σ	mittlerer Fehler a priori
χ^2	Chi-Quadrat
η, ξ	Lotabweichungskomponenten

8.2 Inhalt des Berechnungsbandes

1. Technischer Bericht
2. Resultate der freien Netzausgleichung
3. Definitive Lagerung
4. Trigonometrische Höhenkontrolle
5. Definitives Koordinatenverzeichnis

6. Netzplan

8.3 Verzeichnis der Originalakten

1. Sitzungsprotokolle und Korrespondenz
2. Berichte der Versicherungsrevision
3. Einführung alter Richtungssätze
4. Messprotokolle EDM 76-78
5. Instrumentenkontrolle EDM 76-78
6. Zweite Geschwindigkeitsreduktion EDM 76-78
7. Korrekturen infolge Pyramidenexzentrizität
8. Reduktion der astronomischen Azimutbeobachtungen
9. Berechnung der Geoidhöhen
10. Höhenberechnungen
11. Historischer Nachweis der Punktversicherungen
12. Lokale Lagerung (Vektorplan: Koordinatenänderungen)
13. 'SUPER-LANDESNETZ 77' (Transformation und Koordinatenverzeichnis)
14. Transformation des freien Netzes ins 'SUPER-LANDESNETZ 77'
15. Definitive Lagerung (Vektorpläne: Koordinatenänderungen)
16. Ergänzungen und Berichtigungen
17. Versicherungsprotokolle

8.4 Im RZ-L+T gespeicherte Daten

- definitives freies Netz (Beobachtungen, Resultate)
- 'SUPER-LANDESNETZ 77' (Koordinaten)
- optimal gelagertes Netz (Koordinaten)
- definitive Lagerung (Koordinaten)
- offizielles Koordinatenverzeichnis

Wabern, im Juli 1979

BUNDESAMT FUER LANDESTOPOGRAPHIE
Sektion Triangulation
Sachbearbeiter:

D. Schneider

