

Gebäude wurden ebenso wie die Holzstapel der Sägewerke vom Wasser mitgerissen.

Im Becken von Valdivia weitet sich das Tal neuerlich und dementsprechend sank die Höhe der Flut auf 2,5 m über dem normalen Wasserstand ab. Die Oberflächen-Geschwindigkeit des Flusses erreichte beim Höchststand etwas mehr als 4 m pro sec, eine Geschwindigkeit, welche mir für einen Flußabschnitt, der schon im Bereich von Ebbe und Flut liegt, bemerkenswert erscheint.

Während der Hochwasserschaden sich in Valdivia auf Verschlammung der tieferen Stadtteile beschränkt, hat die Talstrecke weiter oberhalb schwere Verwüstungen erlitten. Der Eisenbahndamm und die Straße sind über große Strecken unterspült oder zerschnitten, ein Teil der Eisenbahnbrücke bei Antihue ist zusammengebrochen, die Ortschaften sind verödet und die landwirtschaftlichen Nutzflächen für 1 bis 2 Jahre unbrauchbar.

5. Die Vulkanausbrüche

Endlich ist noch über das Aufleben des Vulkanismus als Begleiterscheinung des Erdbebens zu berichten. Der einzige Vulkan, welcher in Tätigkeit trat, war der Puyehue. Wann der erste Ausbruch erfolgte, ist schwer zu sagen. Nachdem nämlich am Tage des Erdbebens und an dem darauf folgenden Montag noch heiteres Wetter ge-

herrschte hatte, verhüllte eine hochreichende Aufzugsbewölkung am Dienstag und Mittwoch die Kordillere. An einem dieser Tage muß die Eruption begonnen haben, da am Donnerstag, dem 26., die ersten Nachrichten über angeblich zahlreiche Vulkanausbrüche auftauchten. Am 27. habe ich beim Flug über Valdivia oberhalb einer Strato-cumulusdecke nur eine Eruptionswolke von ca. 4000 bis 5000 m Höhe beobachten können. Es blieb tatsächlich auch in den Folgetagen die einzige. Herrn Artur GÄDICKE, Nochaco, verdanke ich außer den beiden Bildern 13 und 14 auch die folgenden näheren Auskünfte: auf der Westflanke des Puyehue traten in Höhen von ungefähr 2000 m sieben verschiedene Nebenkrater in Aktion (s. Bild 13). Zahlreiche Lavaströme (s. Bild 14) flossen z. T. aus den Kratern, z. T. aus Spalten. Einige reichten bis in den Wald, der daraufhin in Brand geriet. Am 10. Juni waren nur noch drei Eruptionsstellen in Tätigkeit. Der vulkanische Staub breitete sich vorwiegend nach Osten aus. Auf der argentinischen Seite sollen ca. 14 cm gefallen sein. In den Ortschaften am Nordrand des Llanquihue-Sees bewirkte die Eruption nur einen hauchdünnen Staubbelag.

Ich möchte diesem Bericht den Charakter einer vorläufigen Information zumessen. Eine eingehendere Bearbeitung soll im Laufe des Sommers geschehen.

DAS ERDBEBEN VOM 22. MAI 1960 IN DER PROVINZ LLANQUIHUE IN SÜDCHILE

Bericht eines Augenzeugen

Mit 3 Abbildungen

PETER-PAUL VON BAUER

Summary: The Earth-Quakes in the Province of Llanquihue in Southern Chile of 22nd May 1960

In the neighbourhood of the "Waldhof" the following phenomena connected with the earthquakes were noticed:

1. Groundwater oscillation and emersion
2. Formation of crevices and funnels.

The Osorno volcano has no permanently flowing surface drainage system. Precipititional and melting waters seep away in the debris ("Arenales") at the mountain foot. They flow underground into the River Petrohue. Only when snow melts quickly or after heavy rainfalls the rills ("Canjones") carry down the surplus waters on the surface for a short time. After the quakes an important rise of the groundwater was noticed. The low lying land was flooded.

Apparently the waters stored up in the "Arenales" was pressed to the surface. The groundwater level was presumably put to oscillate. The covering dry layers were soaked, so that streams of wet loam and sand were pressed up. Areas of up to a hectare of arable land were covered. Fig. 3 shows the crevices and funnels. They are nearly all situated where the mountain foot borders on the swamps. Their orientation is NNE-SSW.

Concerning the buildings it could be noticed that solid wood structures on a concrete foundation, and with a nailed wooden shingle-roof, can stand up even against heavy earthquakes. Chimneys should be expediently constructed in one piece and made from concrete material. It is useful to have ones own electricity generator and water supply.

I. Einleitung

Der Verfasser lebt seit 12 Jahren in La Ensenada am Südostufer des Llanquihué-Sees (Südkhile) und betreibt dort eine Aufforstung, die den Namen „La Nueva Carintia“ führt. Das Zentrum dieser 300 ha großen Pflanzung mit Wohnhaus, Maschinenschuppen und Lagerhäuser ist der „Waldhof“, der vom See $3\frac{1}{2}$ km entfernt und nahe am Südfuß des Vulkans Osorno gelegen ist. Etwa 8 km südwestlich davon erhebt sich der Vulkan Calbuco, während das Becken von Ensenada nach Osten von einem Diorit-Massiv, dem Cerro Santo Domingo abgeschlossen ist. Das Becken ist erfüllt von einer Aufschüttung vulkanischer Lockermassen, die der Rio Petrohué, der Ausfluß des Todos Los Santos-Sees, in rezenter Zeit angeschwemmt hat und die in der Tiefenlinie zwischen Calbuco und Osorno versumpft ist. Die Regen- und Schmelzwasser des im Winter schneebedeckten Calbuco und des vergletscherten Vulkans Osorno dringen unterirdisch längs der Lavafelsen und unter den Sandschichten in das Becken von Ensenada ein, bilden dort einen Grundwasserspiegel oder treten in den erwähnten Versumpfungen zu Tage.

In den Jahren 1956/57 wurde vom Verfasser eine genaue standortkundliche Untersuchung des ganzen Beckens von Ensenada durchgeführt und 1958 in Bonn veröffentlicht (siehe Vorwort des Herausgebers). Die Beobachtungen während des Erdbebens beziehen sich daher auf ein Gebiet, dessen geographische Grundlagen erforscht und zugänglich sind — ein in der Provinz Llanquihue sicherlich einzigartiger Fall. Die Aufforstung liegt zudem in der Nähe einer Bruchlinie, die durch die lineare Anordnung einer Reihe von Vulkanen (Llaima, Villarrica, Shoshuenco, Puyehue, Puntagudo, Yate und Corcovado) gekennzeichnet ist. Bei der Beobachtung des Erdbebens hat mich Herr Erich BODENSTEIN, der meine Pflanzung betreut, durch sofortige schriftliche Festlegung und genaue Zeitangaben der einzelnen Phänomene sowie bei der Erkundung und Behebung der Schäden an den Gebäuden und Verkehrswegen wesentlich unterstützt; ihm sei an dieser Stelle mein aufrichtiger Dank ausgesprochen.

II. Die Bebenstätigkeit seit 1948¹⁾

Seit 1948 wurde erstmals im Jahre 1953, während einer Auslandsreise des Verfassers ein mittelschweres Beben im Waldhof festgestellt, aber im Betriebstagebuch nicht vermerkt. Am 26. Juli 1954 um 16²⁰ h hat es im Waldhof stark gebebt, um

¹⁾ Die Uhrzeiten im folgenden sind in offizieller chilenischer Zeit ausgedrückt, das heißt, wenn es in Greenwich Mitternacht ist, haben wir in ganz Chile 8 Uhr abends.

23⁰⁰ h desselben Tages leichtes Nachbeben. Ich befand mich damals im Forstgarten und beobachtete folgendes: Bei den Bewässerungströgen spritzte 2 Minuten lang das Wasser über die Trogränder, wobei ein Viertel des Wassers verlorenging. Im Wasserturm (14 m hoch) geriet das Wasser in heftige Bewegung, der Wasserstandsanzeiger stieß minutenlang schnell auf und ab, aus dem Überlaufrohr des Hochtanks spritzte Wasser heraus. Die Erdbewegung kam von Nordwesten. Im Wohnhaus, am Wasserturm und an den sonstigen Gebäuden traten zunächst keine sichtbaren Schäden auf. Erst später stellte sich heraus, daß der aus Zementblocks hergestellte Schornstein der Heizung Schaden gelitten hatte.

Am 28. Juli 1955 entstand am Südufer des Ranco-Sees, etwa 120 km nördlich des Waldhofs, ein neuer Vulkan, der Carán, worauf am 29. Juli in Ensenada ein trockener Aschenregen niederging. Am 5. August wurden im Waldhof bei Südwind dicke Rauchsäulen östlich des Vulkans Osorno beobachtet, die von der Eruption des Carán herkommen mußten. Ein leichtes Beben wurde am 31. Mai 1959 um 01⁵⁴ h bemerkt, der verbleibende Teil des Jahres 1959 blieb jedoch völlig ruhig.

Ein mittelschweres Beben 1953, ein starkes Beben 1954, ein Vulkan-Ausbruch 1955 und ein leichtes Beben 1959 bedeutet bei einer Beobachtungszeit von 12 Jahren keine starke Erdbewegung, schien vielmehr die Ansicht vieler Bewohner der Zone zu bestätigen, daß der Süden Chiles weniger erdbebengefährdet sei als Mittelchile und Santiago. Die Ereignisse der letzten Maiwoche 1960 sollten uns eines Besseren belehren.

III. Der Verlauf des Bebens

und der Nachbeben vom 21. Mai bis 25. Juni 1960

Samstag, den 21. Mai 1960, war ein chilenischer Nationalfeiertag. Tags zuvor hatte es stark geregnet; um 14⁰⁰ h des genannten Tages hatten wir die Niederschlagsmenge der letzten 24 Stunden mit 49,2 mm gemessen. Um 06⁰⁰ h spürten wir ein mittelstarkes Beben, zunächst ein Rütteln, das in wiederholte Schwingungen überging. Diese Serie von Stößen hörte um 06¹⁰ h auf. Um 07⁰⁰ h leichtes Beben als Schaukelbewegung empfunden. Das Beben um 06⁰⁰ h ließ das Wasser des am Vortag mit 2 cbm Wasser gefüllten Wasserturms aus dem Überlaufrohr treten. Das aus Holz gebaute Wohnhaus machte die Erdbewegungen elastisch mit. Um 06⁰⁴ h wurde aus nördlicher Richtung kommend ein breites Rauschen gehört, wie von einem fehlerhaften Blasebalg, das auf- und ab-schwellend während des ganzen ersten Bebens anhält. Unwillkürlich sahen wir auf den Osorno; er war jedoch völlig in Wolken gehüllt. Aber um

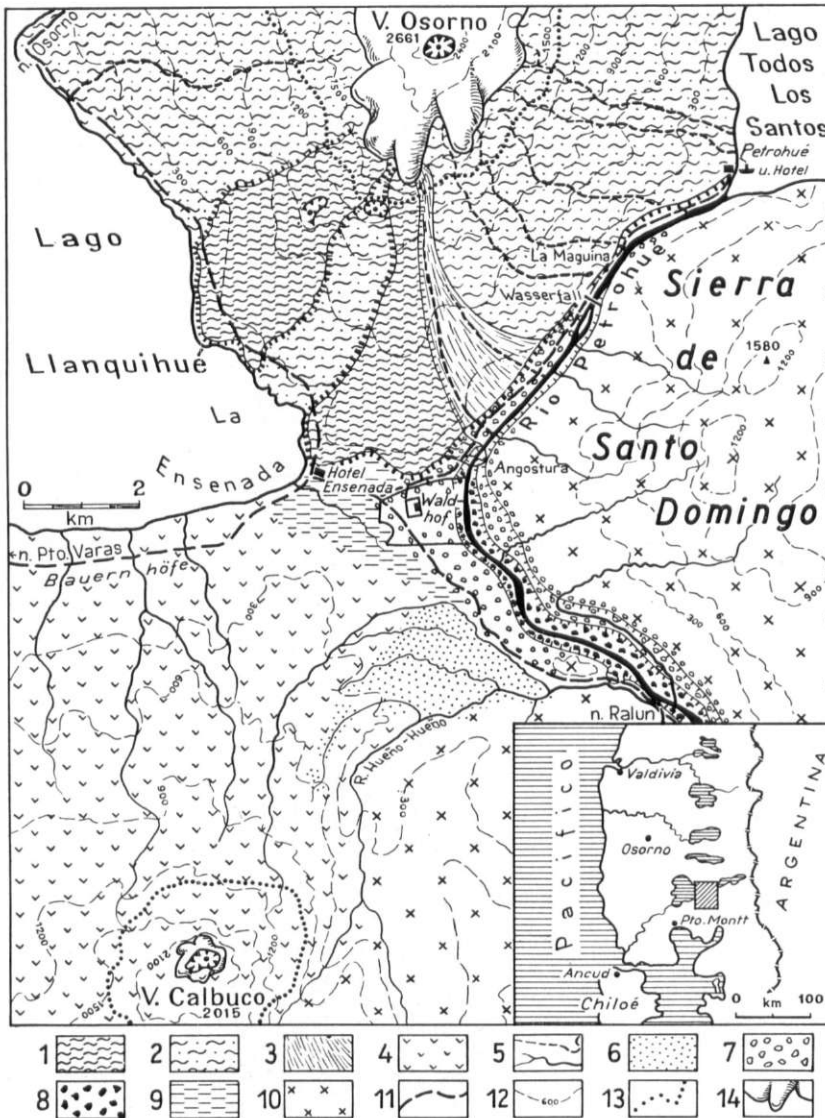


Abb. 1: Kartenskizze des Beckens von Ensenada

1. Junge Laven des Vulkans Osorno mit spärlicher Vegetationsdecke;
2. Ältere Laven, Tuffe und Aschen des Vulkans Osorno, großenteils mit Waldvegetation bedeckt;
3. Großer vulkanischer Schlammstrom (zanjón) des Vulkans Osorno mit einzelner Pioniervegetation;
4. Laven, Tuffe und Aschen des Vulkans Calbuco;
5. Bäche oder Schlammströme an den Vulkanen (zanjones);
6. Großer Schwemmkegel des Calbuco (arenales);
7. Umgelagerte Aschen und Schotterfeld des Río Petrohué;
8. Jüngere Terrassenschotter des Río Petrohué;
9. Sumpf (hualve grande) im Überschneidungsbereich der Aschen des Calbuco und Osorno (ehemaliger Abfluß des Lago Llanquihúe);
10. Andine Tiefengesteine der Zentralanden (Diorite, Granite);
11. Hauptwege;
12. Isohypsen von 300 zu 300 m
13. Schneegrenze im Winter;
14. Grenze des ewigen Schnees.

11⁰⁰ h lichteten sich die Wolken und der Vulkan zeigte dann eine gleichmäßig geschlossene Schneedecke, die von den Niederschlägen des 20. Mai ausgebreitet worden war. Von dort stammte das Geräusch nicht; ich glaube vielmehr, daß die Bäume des nahen Naturwaldes durch die Erdbebewegung gegeneinanderschlugen und das Rauschen verursacht haben. Um übrigen blieb es ab 07⁰⁰ h des 21. ruhig; auch in der Nacht vom Samstag auf den Sonntag, ebenso wie am Vormittag des Sonntags war kein Beben zu beobachten. Zwischen durch erfuhren wir im Telegraphenamnt von Ensenada, daß in Concepcion, Luftlinie etwa 500 km vom Waldhof entfernt, ein katastrophales Erdbeben stattgefunden hatte.

Sonntag, den 22. Mai, hatte ich mich nach Tisch zur gewohnten sonntäglichen Siesta niedergelegt. Um 15⁰⁰ h bebte es deutlich, wenn auch leicht. Böses ahnend stand ich sofort auf und zog mich an; dazu habe ich vielleicht 6 Minuten gebraucht. Als ich vollständig angezogen aus dem Zimmer trat, fing das stärkste Beben an, das ich je erlebt habe. Ich hatte, um das Freie zu erreichen, einen 12 m langen Gang zu passieren; dabei wurde ich buchstäblich von einer Wand zur anderen geworfen, die Balkontür war offen, mit einem Sprung erreichte ich die Außentreppe, lief sie stolpernd hinunter und wurde unten von einem meiner Arbeiter in Empfang genommen, der mich nach der Mitte des Hofes zog. Mit der Blickrichtung auf den Santo Domingo, den wir gut sehen konnten, da die Sonne schien, standen wir da aneinandergeklammert und hatten die größte Mühe, uns auf den Beinen zu halten. Infolge der rüttelnden und schwingenden Erdbewegung machte das Wohnhaus einen fürchterlichen Lärm, wie 100 Osterratschen, dazu dumpfe Schläge der abbrechenden und zu Boden fallenden Schornsteine. Während ich die Treppe hinunterlief, flog ein schwerer Zementschornstein über meinem Kopf im hohen Bogen und ohne den Balkon zu berühren auf die Erde, andere fielen auf das dreifache Schindeldach, wurden von diesem hochgeschleudert und landeten im Bogen ein paar Meter neben der Ostwand des Wohnhauses. Die Kraft der Erdbewegung muß enorm gewesen sein, denn das abgebrochene Stück des Kamins wog, wie wir später festgestellt haben, 240 kg! Von meinem Standort mitten auf dem Hof konnte ich den Wasserturm im Auge behalten, dessen Hochtank am Freitag gefüllt worden war und 18 000 Liter Wasser enthielt. Der aus armierten Beton gebaute Turm bewegte sich nicht sehr stark, aber er krachte in allen Fugen. Das Wasser schoß im dicken Strahl aus dem Überlaufrohr, das Mannloch, ein schwerer Zementdeckel, flog auf, blieb aber auf dem Tankdach liegen — woraus zu schließen ist, daß sich

der gut fundierte Turm viel schwächer bewegte als das Wohnhaus, das sich aller seiner Schornsteine entledigt hatte. — Wasser drang aus dem Mannloch und der Wasserstandanzeiger riß ab, aber der Turm blieb stehen!

Während wir den Wasserturm beobachteten, hörten wir ein helles Rollen am Osorno und am Santo Domingo: in den Schluchten des Osorno waren große Felsmassen abgerutscht und über der Schlucht stand eine große Staubwolke. Auch am Santo Domingo war gleichzeitig aus großer Höhe eine Felspartie abgebrochen und mehrere hundert Meter tief heruntergerollt; auch dort erhob sich eine Staubwolke. Wenige Augenblicke später, bei immer noch stark schwankendem Boden, rutschte an der uns zugekehrten Seite des Santo Domingo zunächst eine bewaldete Rachel mit lautem Donner zu Tal; unmittelbar darauf löste sich am Steilhang ein mindestens 50 ha großes Waldstück und rollte, ein Chaos von Erde und Bäumen, gegen den Petrohué-Fluß zu und hinterließ am Hang eine große Narbe, in welcher an verschiedenen Stellen der nackte Felsen hell herausleuchtete. Noch Stunden, ja Tage nachher, hörten wir das Donnern der Bergrutsche am Santo Domingo, konnten aber vielfach nichts sehen, da diese „derrumbes“ sich auf dem von uns aus unsichtbaren Nordhang abgespielt haben müssen.

Wie lange das starke Beben angehalten hat, kann ich nicht sagen, unsere Schätzungen schwanken zwischen 3 und 6 Minuten. Unter starken Beben verstehe ich die Zeit, während welcher wir uns nur mit Mühe auf den Beinen halten konnten. Niemand war verletzt worden, das Beben hatte in Nueva Carintia zwar erheblichen Sachschaden angerichtet, aber kein Menschenleben gefordert. Schließlich um 15³⁰ h war die Erde ruhiger geworden, wir fingen an, uns den Schaden zu besehen: an der Nordseite des Wohnhauses fanden wir zwei etwa 15 cm breite und 12 m lange Erdrisse; aus dem östlichen Riß drangen graue Schlammmassen mit Wasser gemischt aus; der Schlamm setzte sich ab — wir haben später von dort 8 m³ Schlamm abgefahren —, das Wasser floß jedoch durch die westliche Erdspalte wieder ab. Dieser Schlamm Austritt dauerte bis knapp von 17⁰⁰ h und hörte um diese Zeit scheinbar auch bei den übrigen Erdspalten auf, denn tags darauf waren alle Erdspalten trocken. Wie sich später herausstellte, wurden die Hausfundamente an der Nordecke unterspült. In der Nähe dieser Erdspalte brach eine in der Erde verlegte 1¹/₂zöllige Wasserleitung. Auf der gegenüberliegenden Seite des Hofes war die Rohrleitung ebenfalls gebrochen. Auch der Abwasserkanal des Wohnhauses war von der Schlammquelle zum Teil freigelegt und die Zementrohre an zwei Stellen zerbrochen. Im Wohnhaus sah es

wüst aus. Das Haus muß sich verzogen haben, denn die meisten Türen klemmten. In meiner Bibliothek waren 80% der Bücher aus den Regalen gefallen, die Möbel durcheinandergeworfen. Im Keller war durch die Zementwand Schlammwasser eingedrungen aber glücklicherweise nur einige wenige Weinflaschen zu Bruch gegangen. Der Inhalt der offenen Regale der Vorratskammer lag am Boden, hingegen blieb das in versperrten Schränken verschlossene Geschirr- und Glasservice vollständig heil.

Die erste Nacht nach dem Beben verlief verhältnismäßig ruhig, der Himmel war bewölkt, ohne Regen, die Temperatur milde. Das Beben hielt jedoch bis Mitternacht an, ohne Schaden zu verursachen. Während der frühen Morgenstunden drei stärkere Stöße. Um Mitternacht wurde der Grundwasserstand gemessen: er war von 3,20 m vor dem Beben (Entfernung von der Erdober-

fläche bis zum Wasserspiegel) auf 2,40 m gestiegen, um 2 Uhr früh auf 2,50 m gefallen, um 3 Uhr stand das Wasser auf 2,60 m und bei Morgenrauen stabilisierte sich das Wasserniveau auf 2,70 m und behielt diese Höhe bis zum 26. Mai bei.

Inzwischen hatten sich während der Nacht Flüchtlinge vom östlichen Ufer des Petrohué-Flusses im Waldhof eingefunden. Sie erzählten, daß das Vieh unmittelbar vor dem Beben in den Stall geflüchtet war und mit keinem Mittel ins Freie hinausgetrieben werden konnte. Der erste Berg-rutsch traf den Stall und erschlug das ganze Vieh. Die Viehhirten hatten sich mit ihren Familien am östlichen Flußufer flußabwärts bis zu einer Furt vorgearbeitet, hatten den Fluß mit einem Ruderboot übersetzt und auf guten Wegen den Waldhof erreicht. Glücklicherweise hatten die derrumbes den Fluß nicht erreicht, ihn daher auch nicht aufgestaut.

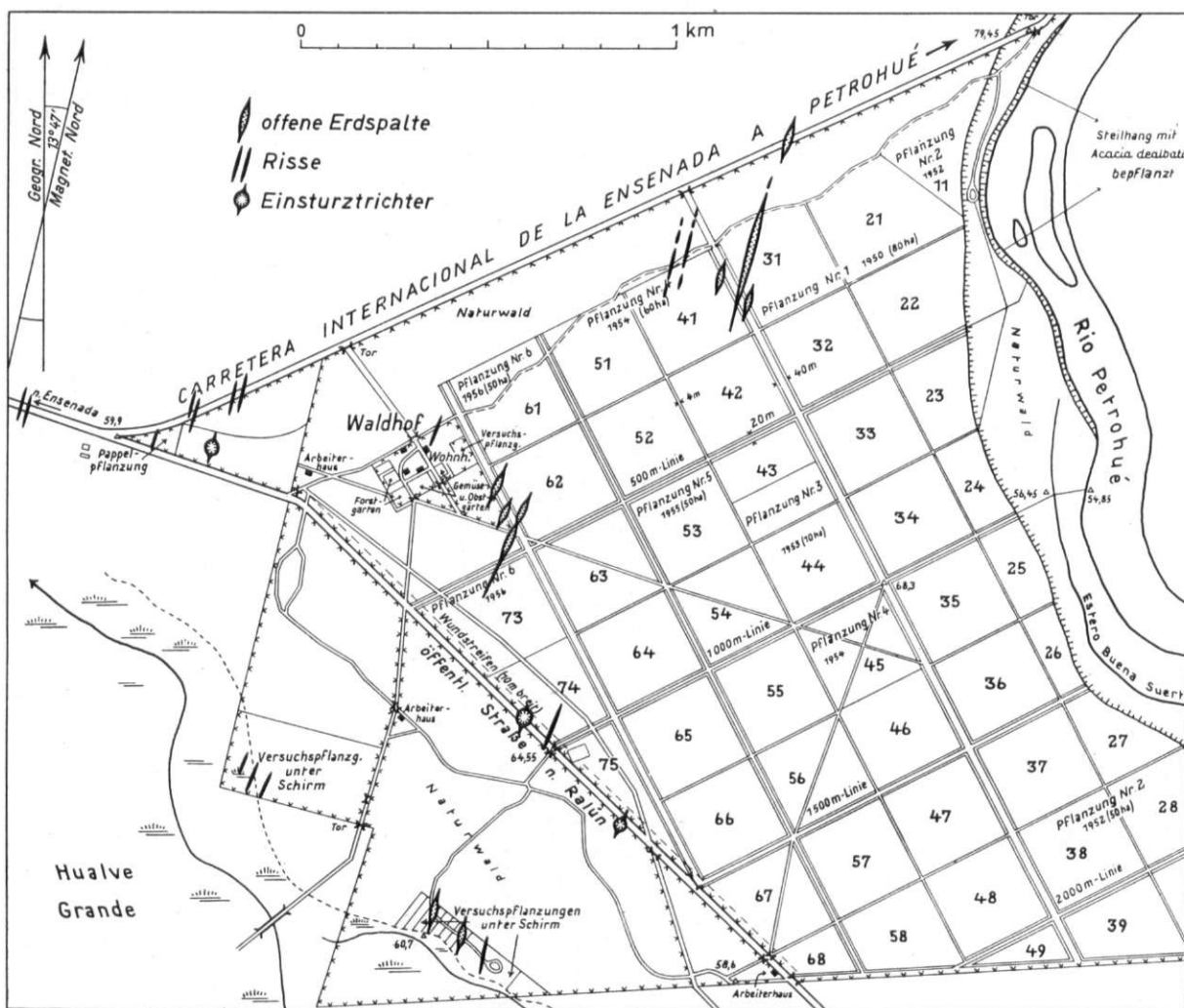


Abb. 2: Schäden auf der „Nueva Carintia“

Meine erste Sorge war nun, festzustellen, ob der Vulkan Osorno in Tätigkeit getreten war oder nicht. Zu sehen war nichts, da am 23. vormittags die Berge in tiefe Wolken gehüllt waren. Ich beauftragte daher den Verwalter, mit 2 Mann zum Fluß Petrohué zu fahren und den Zustand des Flusses zu überprüfen. Sie meldeten, daß der direkte Weg zum Fluß durch Erdspalten und Schlammaustritte unpassierbar geworden war; sie hätten aber den Fluß auf Umwegen erreicht und festgestellt, daß er Normalwasserstand hätte und daß das Wasser klar und wie immer grün gefärbt war. Vom Osorno war also kein Schmelzwasser abgeflossen, der Vulkan also anscheinend nicht in Tätigkeit. Ganz sicher konnten wir freilich nicht sein, denn es hätte sich ja auf der unsichtbaren Nordseite ein Hilfskrater bilden und das Schmelzwasser nicht in den Petrohué, sondern nach Norden zum Llanquihue-See abfließen können.

Ich fuhr mit dem Lkw in Richtung auf Ensenada zur Erkundung der Straße bis zum Hotel, eine Strecke von 3½ km. Zunächst beobachteten wir nach dem ersten Kilometer ein Dutzend paralleler Erdrisse, aus denen Wasser und etwas Schlamm ausgetreten war, sie waren jetzt trocken, kreuzten den Straßenkörper in nord-südlicher Richtung, hinderten aber nicht die Durchfahrt. Weiterhin überschreitet die Straße nach Ensenada einen Sumpfarm. Sei es nun, daß sich die Straße tiefer in den Sumpf hineingerüttelt hatte, sei es, daß der Sumpf durch die Erdspalten neuen Zulauf bekommen hat, jedenfalls war mehr als ein Kilometer der Straße unter Wasser. Sehr langsam fahrend kamen wir jedoch durch und erreichten das Hotel, dessen Hof ebenfalls ganz unter Wasser stand, was sonst nur nach einer besonders niederschlagsreichen, langandauernden Regenperiode vorkommt.

Am Ufer des Llanquihue-See sah man, daß der See ein Seebeben mitgemacht hatte, die Flutwellen waren 15 Meter tief ins Land gedrungen, der Seespiegel jetzt aber, am Morgen nach dem Beben, wieder normal.

Dienstag, den 24. Mai, nachmittags 16⁰⁰ h, hörten wir ein Grollen und donnerndes Rollen aus Richtung NNO. Um 18⁰⁰ h roch es zeitweilig nach Schwefel. Ab 20¹⁵ h sternklarer Himmel und Mondschein, der Vulkan Osorno weiter unverändert. Um 03⁰⁰ h sah man in nordwestlicher Richtung einen breiten gelblichen Lichtschein, tief am Horizont, wir konnten jedoch nicht entscheiden, ob es Wetterleuchten war oder der Widerschein von Vulkaneruptionen weit hinter dem Osorno. Später stellte es sich heraus, daß es tatsächlich Wetterleuchten war, denn ein verlässlicher Beobachter am Westufer des Llanquihue-Sees erzählte mir, daß in jener Nacht schwere Gewitter

die ganze Andenkette bedeckt hätten. Dies schloß jedoch keineswegs einen Vulkanausbruch aus, der ja meist von Gewittern begleitet ist.

Während der Nacht vom 24. auf den 25. Mai wurden folgende Erdstöße beobachtet: 02³⁵ h kurzer Stoß, 03¹⁵ h kurzer Stoß, 03²⁰ h langer Stoß, 03⁴⁰ h Vibrieren, 04²⁰ h rüttelnder Stoß, 05⁰⁰ h schwingender Stoß, 08⁵⁰ h und 09²⁰ h kurzer harter Stoß.

Am Abend des 25. Mai funktionierte zum ersten Male die Telegraphenverbindung nach Varas. Zwei Telegramme, die ich damals aufgegeben hatte, kamen erst nach 10 Tagen in Santiago an!

Die Nacht auf den 26. verlief schon viel ruhiger: 22⁰⁵ h ein schwacher Stoß, ab 23⁵⁰ h vibriert die Erde 25 Minuten lang und um 04⁴⁵ h ein kurzer schwacher Stoß. Der 26. Mai begann mit starkem Regen, richtig gearbeitet wurde noch nicht. Um 21³⁵ h gab es einen kurzen, aber ziemlich heftigen Erdstoß, sonst verlief die Nacht ruhig.

Die Nacht auf den 28. Mai war sternenklar. Um 21²⁸ h schwacher, schwingender Stoß, um 23⁰⁷ h und um 23⁰⁸ h je ein kurzer Stoß. Von 02⁰⁰ h bis 03⁰⁰ h hört man aus nördlicher Richtung kommend, schwach und aus der Ferne, ein periodisches Glucken, wie ferne Granatwerferabschüsse. Zeitweise wird dieses eigenartige Geräusch vom Donnern und Rollen am Santo Domingo abruttschender Erdmassen übertönt. Die starken Regenfälle haben also weitere Rutschbahnen für Bergstürze geschaffen. Das gluckende Geräusch kommt wohl vom Ausbruch des Puyehue. Tags darauf war es wohl je nach der Windrichtung auch von 12⁰⁰ h bis 13⁰⁰ h zu hören.

28. Mai 1960: 06⁴⁵ kurzer Stoß, 07¹⁵ h Morgenrot, kalt. Ich fahre vormittags die Großpflanzung ab, um die Schäden an den Verkehrswegen festzustellen. Ca. 100 m vom Waldhof hatte sich eine 1 bis 2 m breite Erdspalte geöffnet, dabei hat sich die westliche Scholle gegenüber der östlichen um 30 cm gesenkt. Es muß viel Wasser ausgetreten sein, denn fast 1 ha Land des dort befindlichen Pferdeauslaufs ist mit Feinsand und Schlamm (Farnboden) bedeckt. Die Erdspalte läßt sich nach SSW 250 m weit verfolgen; sie unterbricht den Fahrweg vom Waldhof zur Pflanzung, kann aber durch einen Umgehungsweg überwunden werden. Bemerkenswert ist, daß im Heideboden Feinsand, im Farnboden Schlamm ausgetreten ist. In den Spalten erscheinen 1 bis 2 m tiefe, ausgespülte Löcher, so daß zu vermuten ist, daß sich unterirdische Hohlräume gebildet haben. Der Feinsand wird bald hart und trocken, der Schlamm bleibt aber lange Zeit breiig, Eigenschaften, die wir bei der Untersuchung der Böden im „Waldbau“²⁾ be-

²⁾ P.-P. VON BAUER, „Waldbau in Südhile; Standortkundliche Untersuchungen und Erfahrungen bei der Durchführung einer Aufforstung in LA ENSENADA, Prov.

reits festgestellt haben. Der Weg nach dem Fluß (innerhalb der Pflanzung) ist ebenfalls an drei Stellen durch Erdspalten unterbrochen, aber auch diese Stellen können umfahren werden. Alle Spalten haben dieselbe Richtung und zwar von NNO nach SSW, nicht alle sind gleich breit, manche nur 5 cm, manche breiter als ein Straßengraben. Später haben wir auch kreisrunde Einbruchstrichter gefunden.

In der Nacht vom 28. auf 29. Mai um 03⁰⁰ h wieder ein leichter Erdstoß. In diesem Bericht hat es den Anschein, als hätten die Nachbeben nur nachts stattgefunden; dies ist jedoch nicht der Fall gewesen, auch am Tag hat die Erde gebebt, nur fiel uns dies während der Nachtruhe durch Knacken und Knistern der Holzkonstruktion des Hauses deutlicher auf, als im Freien und während der Arbeit.

Am 30. Mai um 09⁰⁰ h fiel ein ganz feiner, trockener Aschenregen von hellgrauer Farbe, der bis nachts anhielt und morgens eine Decke von etwa 3 mm Dicke gebildet hatte. Dies bestätigte die Mitteilung eines Fliegeroffiziers, daß der Puyehue in heftiger Tätigkeit sei und unter Donner, unterirdischen Rollen und periodischen Explosionen Asche, Lapilli, Bomben und ungeheure Rauchmassen ausstoße. Infolge der Rauch- und Aschenwolken, die die Sicht behinderten, sei die Lokalisierung und die Bestimmung der Identität des Vulkans zunächst unmöglich gewesen. Nunmehr stünde aber einwandfrei fest, daß nur der Puyehue und kein anderer Vulkan in Eruption getreten sei. Auch die Bildung eines oder mehrerer neuer Vulkane hatte sich nicht bewahrheitet. Zum Glück sei die Umgebung des Puyehué sehr dünn bevölkert oder unbewohnt.

Der Ascheregen hatte auch Pto Montt und Pto Varas erreicht; die Asche reizte die Schleimhäute der Nase und des Rachens und die Augen brannten durch den feinen vulkanischen Staub, der auch bei geschlossenen Fenstern in alle Wohnräume eindrang. Die Berge um den Waldhof waren vom Aschenflug tief verschleiert. Um 22⁴² h leichter, aber lang anhaltender Erdstoß. Nachts NO-Sturm.

Nach starkem Regen gingen am 3. Juni von mittags bis 23⁰⁰ h am Santo Domingo 9 Bergrutsche ab, das Donnern war beunruhigend, aber eine Gefahr des Aufstauens des Petrohué-Flusses bestand nicht, denn die Erdmassen blieben am Bergfuß liegen ohne den Fluß zu erreichen.

Nachbeben: Vom 1. Juni 1960 an wurden folgende Erdbewegungen und besondere Ereignisse notiert:

1. Juni: 06⁰⁰ h und 07⁰⁰ h kurze Erdstöße;
2. Juni: 03⁰⁰ h mittelstarker Stoß, 20²⁵ h zwei leichte Stöße;

Llanquihue, Chile.“ S. 72 ff. Bonner Geographische Abhandlungen, Heft 23, Bonn 1958.

3. Juni: ruhige Nacht, nur feines Erdzittern, 16¹⁰ h schwacher Stoß;
5. Juni: 18⁰⁰ h starker Bergsturz am Santo Domingo, in den frühen Morgenstunden zwei schwache Erdstöße, 06⁵⁰ h mäßig starker Erdstoß;
6. Juni: 19³⁰ h Gewitter mit 5 Minuten Graupeln;
8. Juni: 20⁰⁴ h leichter Erdstoß;
10. Juni: Nachtfrost;
11. Juni: 07⁰⁰ h leichter Stoß, 14²⁰ h sanfter Stoß;
12. Juni: 01³⁰ h schwacher Stoß;
15. Juni: 17⁵⁰ h Gewitter und Graupeln;
16. Juni: Keine Stöße, sondern kaum merkliches Schaukeln und Vibrieren;
17. Juni: Keine Stöße, sondern kaum merkliches Schaukeln und Vibrieren;
18. Juni: 21²⁰ h mittelstarker Erdstoß, 23⁴³ h schwingender Stoß;
19. Juni: 06³⁰ h schwingender Erdstoß;
20. Juni: 09⁰⁵ starkes schwingendes Beben, ohne Rütteln, aber das stärkste Beben nach dem 22. Mai: der Wasserturm gerät wieder in Schwingungen, ächzt und kracht, bleibt aber stehen;
21. Juni: während des Tages mehrere leichte Erdstöße, von Mitternacht bis 03¹⁵ h pulsierendes Vibrieren der Erde, dessen einzelne Schwingungen nur an dem Knacken der Holzkonstruktion festgestellt werden konnten; dieses Knacken erfolgte von 23³⁰ h bis 24⁰⁰ h in folgenden Zeitabschnitten: (Sekunden) 33, 20, 12, 15, 21, 60, 27, 60, 60, 77, 48, 45, 51, 9, 30, 17, 22, 56, 10, 21, 7 und 25, also im Mittel alle 33 Sekunden. Um 03¹⁵ h leichter Erdstoß und von da ab hörte das Knacken auf.
22. Juni: 03¹⁵ h starker Stoß;
24. Juni: 02³⁰ h schwache wellige Erdbewegung, ebenso um 05⁰⁰ h, 14⁰⁰ h leichter Stoß von unten, 16⁴⁰ h leichter welliger Stoß;
25. Juni: 03²⁰ h welliger Stoß, 03³² h kurze schwache Bewegung, auch während der 4. und 5. Morgenstunde.

Seit 1. Juni war kaum eine der hier registrierten Erdbewegungen geeignet, Schaden anzurichten, mit einziger Ausnahme des Bebens vom 20. Juni um 09⁰⁵ h. Am 25. Juni haben wir mit dem Notieren der Erdstöße aufgehört; immerhin ist es bemerkenswert, daß es 5 Wochen nach dem 22. Mai immer noch ein- bis zweimal am Tag bebt. Je stärker das Hauptbeben, desto länger halten wohl die Nachbeben an.

Am 9. Juni besuchte uns der Chef des Instituto Seismologico de Chile (Santiago), der Geologe Dr. K. H. KLOHN. Von ihm erfuhren wir Einzelhei-

ten über die Zerstörung der drei Süd-Provinzen durch Erd- und Seebeben. Er hatte das ganze Erdbebengebiet mit Auto bereist und vom Flugzeug aus die Vulkane beobachtet. Auch er bestätigt, daß nur der Vulkan Puyehué in Eruption begriffen sei. Leider konnten wir über die Art des Ausbruches weder durch ihn, noch durch die Zeitungen etwas erfahren. Seit dem Aschenregen vom 30. Mai, der 12 Stunden angehalten und hier eine 3 mm starke Aschendecke hinterlassen hatte, fiel bis Ende Juni keine Asche mehr. Auch Gasgeruch haben wir nicht mehr beobachtet, ebensowenig unterirdische Geräusche oder Feuerschein.

Bis zum Wochenende, am 11. Juni, hatten wir im Walhof alle Erdbebenschäden behoben, mit alleiniger Ausnahme der Schäden am Wasserturm, die nur von Fachleuten repariert werden können.

IV. Die Auswirkungen des Bebens

Aus dem Erlebten und Beobachteten lassen sich zusammenfassend folgende Schlüsse ziehen:

1. Gebäudeschäden: Ein auf gutem Betonfundament stehendes, solid gebautes Holzhaus mit genageltem Schindeldach hält auch sehr starke Beben aus. Mit Dachpfannen oder Dachziegel gedeckte Häuser werden durch Erdbeben unbewohnbar, weil das Ziegeldach abrutscht und zu Bruch geht. Beim Waldhof war die Konstruktion der Schornsteine fehlerhaft: statt aus aufeinander gemörtelten Zementblocks hätten die Kamine in einem Stück aus Eisenbeton gegossen werden sollen. Die auf diese Art gebauten Schornsteine des

Hotels Enseneda sind daher auch nicht abgebrochen. Beim Wasserturm wäre es vorteilhafter gewesen, den senkrechten Mittelbau durch Schrägstützen auf einem breiteren Fundament ruhen zu lassen. Auch fehlte eine Vorrichtung, um die Wassermenge des Hochtanks, dessen Schwingungen die Wirkung der Erdbewegung noch verstärkte, schlagartig auslaufen lassen zu können. Der Besitz einer eigenen elektrischen Lichtanlage hat sich sehr bewährt. Die öffentliche Stromversorgung versagt bei Erdbeben infolge weitgehender Beschädigung der Überlandleitung und dies selbst dann, wenn das Kraftwerk selbst unbeschädigt bleibt. In den zerstörten Städten Süd-Chiles hat sich dieses Versagen der Stromversorgung sehr unangenehm ausgewirkt: das Ausfallen der Straßenbeleuchtung verführte zu Diebstählen und Plünderungen zerstörter oder verlassener Häuser, Telefon und Radio fielen aus, und manche Industrien konnten nicht wieder in Gang gesetzt werden, weil sie elektrischen Antrieb hatten. Es muß aber anerkannt werden, daß die Elektrizitätsgesellschaft die Stromversorgung in erstaunlich kurzer Zeit in Gang bringen konnte.

2. Grundwasserschwankungen und Grundwasseraustritte: Aus beiliegendem Diagramm ist die Bewegung des Grundwassers vor und nach dem Erdbeben zu sehen. Auffallend ist der steile Anstieg des Grundwasserspiegels unmittelbar nach dem Erdbeben. Diese Erscheinung hat sich auch in dem Anschwellen der Sümpfe und in der Überschwemmung der die Sümpfe kreuzenden Straßen gezeigt.

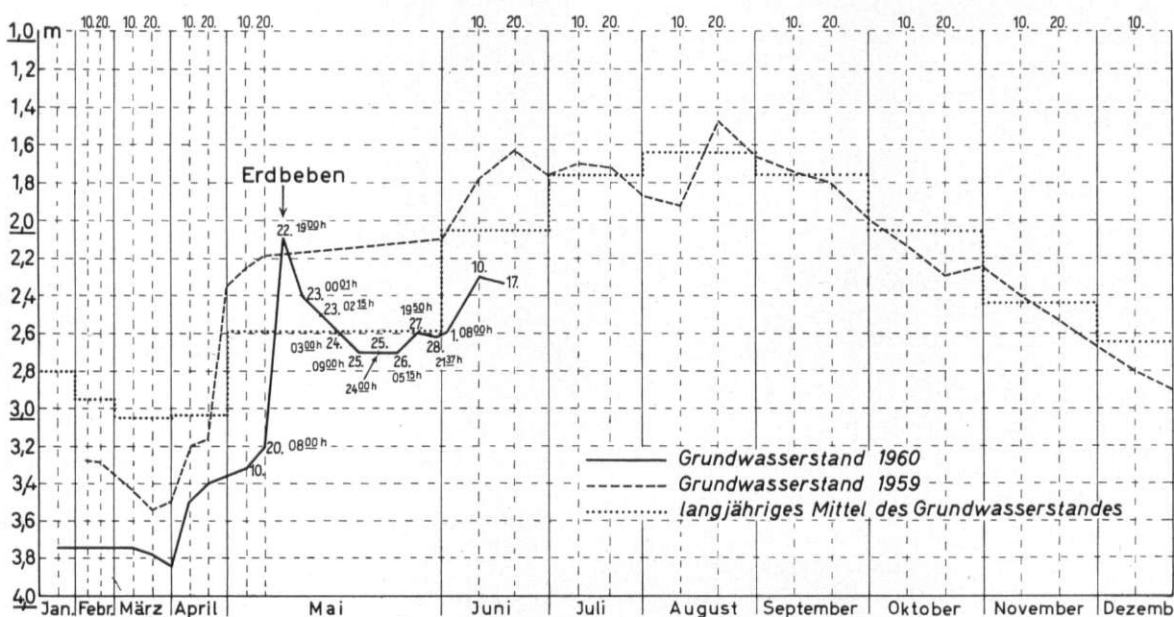


Abb. 3

Zur Erklärung müssen wir uns daran erinnern, wie das Grundwasser im Becken von Ensenada zustande kommt. Der Osorno hat, zum Unterschied von Calbuco, keine ständig fließenden Oberflächengewässer, die die Regen- und Schmelzwasser des gletschergepanzten Vulkans zu Tal leiten. Vielmehr versickern diese Gewässer in den Schutt- und Lockermassen (Arenales), die den Bergfuß des Osorno bilden. Nur bei ungewöhnlich starken Regenfällen oder bei Temperaturinversionen, die plötzliche Schneeschmelze hervorrufen, führen die Ablaufrinnen (Zanjones) Wasser. Wir haben sie daher in einer früheren Arbeit Torrente genannt. Nun ist es eine Tatsache, daß diese Torrenten vor und nach dem Erdbeben völlig trocken waren. Da es aber im April und unmittelbar vor dem Beben stark geregnet hatte, müssen die Arenales des Osorno ziemlich wassergesättigt gewesen sein. Normalerweise sickert dieses in den Arenales aufgespeicherte Wasser langsam, aber stetig entweder zum Petrohué-Fluß, der diese Arenales im Osten angeschnitten hat, oder es dringt unterirdisch in die Lockermassen ein, die vom Petrohué-Fluß angeschwemmt, die Boden- decke des Beckens von Ensenada bilden. In der Tiefe dieser Alluvionen muß es wasserundurchlässige Schichten geben, die man mit großer Wahrscheinlichkeit als jene Oberfläche des Beckens ansprechen kann, die vor der Aufschüttung bestanden hat. Entlang dieser Schichten zieht nun das Grundwasser allmählich in Richtung auf den Llanquihue-See oder tritt schon vorher an den versumpften Rändern des Alluvialfächers zutage. Wenn dem so ist, kann ich mir das plötzliche Anschwellen des Grundwassers nur so erklären, daß das Rütteln des Erdbebens dem in den Arenales aufgespeicherten Wasser neue Wege — wenn auch unter der Erde — geöffnet hat, auf welchem das Wasser die Ebene schneller erreichte als bisher.

Unter normalen Verhältnissen erreicht der Grundwasserspiegel im Monat August seinen höchsten Stand, aber das in den Sümpfen und Straßengräben zutage tretende Wasser hat viel mehr Zeit in den Llanquihue-See abzufließen, überschwemmt daher die Landstraße nur nach einer ungewöhnlich regenreichen Schlechtwetterperiode. Daß sich durch das Beben neue Grundwasserbahnen gebildet haben, ist auch daraus zu ersehen, daß die Überschwemmung der Straße nach Regen sehr rasch steigt; hat doch ein starker Regen die Straße für Motorfahrzeuge unpassierbar gemacht, obzwar die Straße schon 14 Tage nach den Beben für Fußgänger gangbar war. Sicherlich ist auch ein Teil der Landstraße in den Sumpf eingesunken, so daß das Niveau der Straße jetzt niedriger liegt als vor dem Erdbeben. Für uns war jedenfalls die Passierbarkeit der Straße

nach Ensenada lebenswichtig, denn sie stellte für den Waldhof die einzige Verbindung mit der Außenwelt dar.

Eine weitere ungewöhnliche Erscheinung war die Aufspaltung der Erdoberfläche und der Austritt von Wasser, Feinsand oder Schlamm aus diesen Spalten. Das Grundwasser steht, wie wir gesehen haben, in einer wasserführenden Sand- und Schotterschicht unbekannter Mächtigkeit. Zweifellos ist diese Grundwassermasse im Becken von Ensenada durch die starke Bewegung der Erde während des Bebens ebenfalls in Schwingungen geraten und hat Erdschichten durchtränkt, die sonst oberhalb des normalen Grundwasserspiegels lagen. Der Heideboden enthält ausgedehnte Feinsandlinsen, der Farnboden nahe an der Oberfläche 30 bis 80 cm dicke Tuffsedimente von zusammen geschwemmter vulkanischer Asche und Flußtrübe³⁾. Wassergesättigter Feinsand wird flüssig, wassergesättigter Tuff zerfällt zu Brei. Die Wassersättigung erfolgt durch das Hochschwingen des Grundwassers und die offenen Erdspalten dienen dem unter Schwingungsdruck stehenden Wasser als bequemen Weg zur Erdoberfläche und zum Druckausgleich. Je nach dem Untergrund förderte das austretende Wasser Feinsand oder Schlamm zutage. Dazu kommt, daß sich beim Aufspalten der Erde ganze Schollen gesenkt haben müssen — die Lockermassen der Aufschüttung verdichteten sich, weil sie durch das Beben zusammengerüttelt wurden —, auch diese Schollen müssen auf das Grundwasser einen Druck ausgeübt haben. An der Nordecke des Wohnhauses dauerte der Wasser- austritt nur bis 17⁰⁰ h, hörte also auf, als sich die Erde schon weitgehend beruhigt hatte und ist auch später nicht mehr in Erscheinung getreten. Die Schlammquellen stehen also mit dem Beben im engsten Zusammenhang.

Erdspalten: Die beiliegende Kartenskizze der Großpflanzung zeigt die Anordnung der Erdspalten innerhalb des Besitzes. Es sind dies einerseits grabenförmige offene Spalten von erheblicher Ausdehnung und Breite, runde Einsturztrichter und Scharen von Erdrissen. In allen Spalten und Rissen trat zur Zeit des starken Bebens Grundwasser in Form von Feinsand- oder Schlammquellen zutage. Die herausgeschwemmten Sand- und Schlammmassen bedecken das Land in der Größenordnung von einigen Quadratmetern bis zu einem Hektar und mehr. Mit Ausnahme der großen Spalte im Quartier 31, gruppieren sich die übrigen Spalten und Risse in der Randzone zwischen der Aufschüttung und dem Sumpf, also in grundwassernahen Böden. Im südöstlichen Teil der Pflanzung konnten weder Spalten noch Risse festgestellt werden. Wie tief Schollen abgesunken

³⁾ Vgl. P. P. VON BAUER, „Waldbau in Südhile“, a. a. O.

sind, ist ohne genaue Nivellierung kaum anzugeben. An der großen Erdspalte zwischen den Quartieren 62 und 73 ist bei der Wegkreuzung eine etwa 30 cm hohe Stufe deutlich zu erkennen. Des weiteren wurde bei den Rissen, die beim Buchstaben E des Wortes CARRETERA angegeben sind, eine muldenförmige Einsenkung der Straße beobachtet. Eigenartig sind die Einsturztrichter, wie solche an der Westspitze des fundo und an der Straße nach Ralun, bei den Quartieren 74 und 75, vorgekommen sind; es handelt sich um kreisrunde Gebilde von 1½ bis 2 m im Durchmesser und bis zu 2½ m Tiefe. Im ersterem steht heute, Ende Juni, Grundwasser, der letztere hatte zwar während des Bebens etwas Wasser ausgestoßen, wurde aber gleich nach dem Beben trocken.

Allen diesen Verletzungen der Erdoberfläche ist die Richtung gemeinsam, sie sind zueinander parallel, ihre Orientierung entspricht fast genau der magnetischen Nord-Süd-Richtung. Natürlich sind diese Erdspalten nicht auf den fundo Nueva Carintia beschränkt, sie sind auch im Nachbarfundo von Carlos Heim vorhanden und haben dort dieselbe Himmelsrichtung.

Berggrutsche: Wenn wir von Seebeben absehen, dem ganze Fischerdörfer und Ortschaften an der Küste mit vielen ihrer Bewohner zum Opfer gefallen sind, haben doch die Bergstürze und Erdrutsche, besonders in den gebirgigen Teilen der betroffenen Provinzen, die größten Verluste an Menschenleben verursacht. Wir haben schon bei der Beschreibung des Erdbebens erwähnt, daß wenige Kilometer vom Waldhof, am Westhang des Santo Domingo, eine Anzahl Kühe durch einen Berggrutsch vernichtet worden sind. Zu derselben Zeit sind 9 Personen einer Gruppe von Ausflüglern und Skifahrern, die sich in einer Schutzhütte am Osorno aufgehalten hatten, von einstürzenden Sandmassen verschüttet, ums Leben gekommen. Im fundo Puntiaquido hatte man die Arbeitersiedlung in einem engen Tal aufgebaut, beide Steilwände dieses Tales stürzten ein und begruben die ganze Siedlung, wobei mehrere Arbeiterfamilien getötet worden sind. In Puerto Montt wurde ein am Rande eines Steilhanges gebautes Haus von der Gewalt des Bebens den Hang hinuntergeworfen, zwei alte Damen, die Besitzerinnen des Hauses, starben, und das Haus ging als Trümmerhaufen am Hangfuß in Flammen auf. Radionachrichten zufolge verursachte auch das

starke Nachbeben vom 20. Juni in der Gegend von Los Lagos einen Bergsturz, der 18 Menschenleben gefordert haben soll. Diese Fälle seien nur als Beispiele genannt.

Selbst die wilden Tiere flohen von den Bergen in die Ebene, wo sie vor Steinschlag und Erdrutschen sicher waren. So wurden in der Pflanzung bald nach dem 22. Mai an mehreren Stellen die Trittsiegel des Puma (*Felix concolor* L.) gesehen. An sich wäre dies nichts außergewöhnliches, denn die Berglöwen kommen jeden Winter ins Tal, aber jahreszeitlich so früh, Mai-Juni, hatten wir noch nie Pumaspuren gesehen. Unserem Nachbarn, der durch den Erdrutsch am Santo Domingo seine Kühe verloren hatte, wurden 14 Tage nach dem Erdbeben auch noch 8 Schafe vom Puma gerissen.

Dieses Abtragen der Gebirge durch Abgleiten des Verwitterungsmantels nach schweren Regenfällen hat m. Wissens Karl SAPPER für die Tropen als erster beschrieben. Die bis zum Untergrund einsickernden Niederschläge bilden auf wasserdurchlässigen Schichten oder auf den Felsen eine geschmierte Gleitfläche, auf welcher die Verwitterungsdecke zu Tal rutscht. Aber hier in Chile trat zu der Wirkung starker Niederschläge auch noch die rüttelnde Bewegung des Bebens, so daß Erde und der darauf wachsende Wald solange abstürzten bis der nackte Felsen zum Vorschein kam. Auch Felsbildungen, die im Winter unter Schnee liegen und durch Frostspalten aufgelockert waren, sind mit lautem Donnern abgestürzt. Ich muß gestehen, daß das Phänomen der Felsstürze und der Erdlawinen, die ich nicht nur hören, sondern auch auf relativ kurze Entfernung sehen konnte, mich auf das tiefste beeindruckt hat. Eine weitere Wirkung dieser „derrumbes“ im Gebirge war das Aufstauen einer ganzen Seengruppe durch die Zuschüttung der Schlucht, durch die der Rio San Pedro diese Seengruppe entwässert (vgl. Bericht W. WEISCHET!).

Im Vorhergehenden habe ich nur das beschrieben, was sich in Nueva Carintia abgespielt hat und was ich selbst gesehen und beobachtet habe. Eine zusammenfassende Beschreibung des Erdbebens und seiner Wirkung auf Städte, wie Concepcion und die Provinzen Valdivia, Osorno und Pto Montt, muß ich den Herren KLOHN und WEISCHET überlassen, die das ganze Gebiet bereist und studiert haben.

La Ensenada, den 1. Juli 1960