

ÜBER BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEN MASSENHAUSHALTEN DER
GLETSCHER UND DER ALLGEMEINEN ZIRKULATION

D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung der Doktorwürde
an der
Philosophischen Fakultät
der
Leopold-Franzens-Universität
Innsbruck

Diese Disseration wurde begutachtet von Prof. *Heinke*
und Prof. *Fliri*

eingereicht von

WALTER SCHNEIDER

Juni 1967



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Zusammenfassung	
Einleitung	1
1. Vergleich der Massenhaushalte mit der Witterung in den Ablationsperioden	6
1.1. Hintereisferner	6
1.2. Storglaciären	25
1.3. Blue Glacier und South Cascade Glacier	34
2. Das Kartenmaterial; Auswahl und Beurteilung	46
2.1. Die langjährigen Mittel	46
2.2. Die aktuellen Mittel	47
2.3. Zur Konstruktion der Abweichungskarten: Die Abweichungen der relativen Topographie 500/1000 mb	48
2.4. Die Abweichungen der absoluten Topographie 500 mb	51
2.5. Ein Vergleich der Abweichungen des Boden- drucks, relativer und absoluter Topogra- phie	52
2.6. Zusammenfassende Kritik und allgemeine Bemerkungen zur äußeren Form der kon- struierten Karten	56
3. Die Interpretation der allgemeinen Zirkulation der Sommerhalbjahre 1958-65 im Hinblick auf die Gletschermassenhaushalte	59
Literaturverzeichnis	85
Verzeichnis der Tabellen im Text	90
Verzeichnis der Abbildungen im Text	92

Tabellen im Anhang: Schnittpunktwerte der Abweichungen von absoluter und relativer Topographie 500 und 500/1000 mb
Abbildungen im Anhang: Abweichungen der absoluten und relativen Topographie 500 und 500/1000 mb

Nachwort

Z U S A M M E N F A S S U N G

Im ersten Teil werden für den Hintereisferner (Ötztaler Alpen) und für den Storglaciären (Schwedisch Lappland) die Massenhaushalte 1952/53 bis 1965/66 mit den Temperaturen im 500mb-Niveau während der Ablationsperiode verglichen. Es wird gezeigt, daß bei Mittelwerten die Änderung der Temperatur im 500 mb etwa so groß ist wie die Änderung der Mitteltemperatur der Schicht 500/1000 mb. Die troposphärische Temperatur erweist sich als ein praktisches und brauchbares Maß zur Beschreibung der mittleren Ablationsbedingungen. In laufend übergreifenden Korrelationsrechnungen werden die Massenhaushalte mit den troposphärischen Temperaturen kürzerer Zeitspannen innerhalb der Ablationsperiode verglichen, um einen Hinweis auf besonders wichtige Zeitabschnitte zu erhalten. Für den Hintereisferner stellt sich heraus, daß seine Bilanzen vorzugsweise von der Hochsommerwitterung (Juli, August) abhängig sind, während beim Storglaciären der wichtigste Zeitabschnitt mehr gegen den Frühsommer verschoben erscheint. Da für den Blue Glacier und für den South Cascade Glacier (Washington State, U.S.A.) nur die Ergebnisse der acht Haushaltsjahre 1957/58 bis 1964/65 zur Verfügung standen und die Bilanzen der beiden Gletscher trotz ihrer Nachbarschaft zuweilen erhebliche Diskrepanzen aufwiesen, werden neben der Betrachtung der 500mb-Temperaturen Klimadaten der beiden Stationen Tatoosh Island und Seattle-Tacoma verwertet. Anhand dieser Untersuchungen kann die hervorragende Bedeutung der Frühlingwitterung (Mai, Juni) für die Massenhaushalte dieser beiden Gletscher demonstriert werden.

Im zweiten Teil werden die ausgewählten Kartengrundlagen und das erstellte Kartenmaterial diskutiert.

Im dritten Teil werden die Kriterien der allgemeinen Zirkulation mit ihrer Auswirkung auf die Massenbilanzen besprochen und gezeigt, daß eine schwache nordhemisphärische Zirkulation sich im Mittel ungünstig auf die Gletscher auswirkt, daß dagegen eine intensive Zonalzirkulation oft hohe positive Bilanzwerte zur Folge hat.

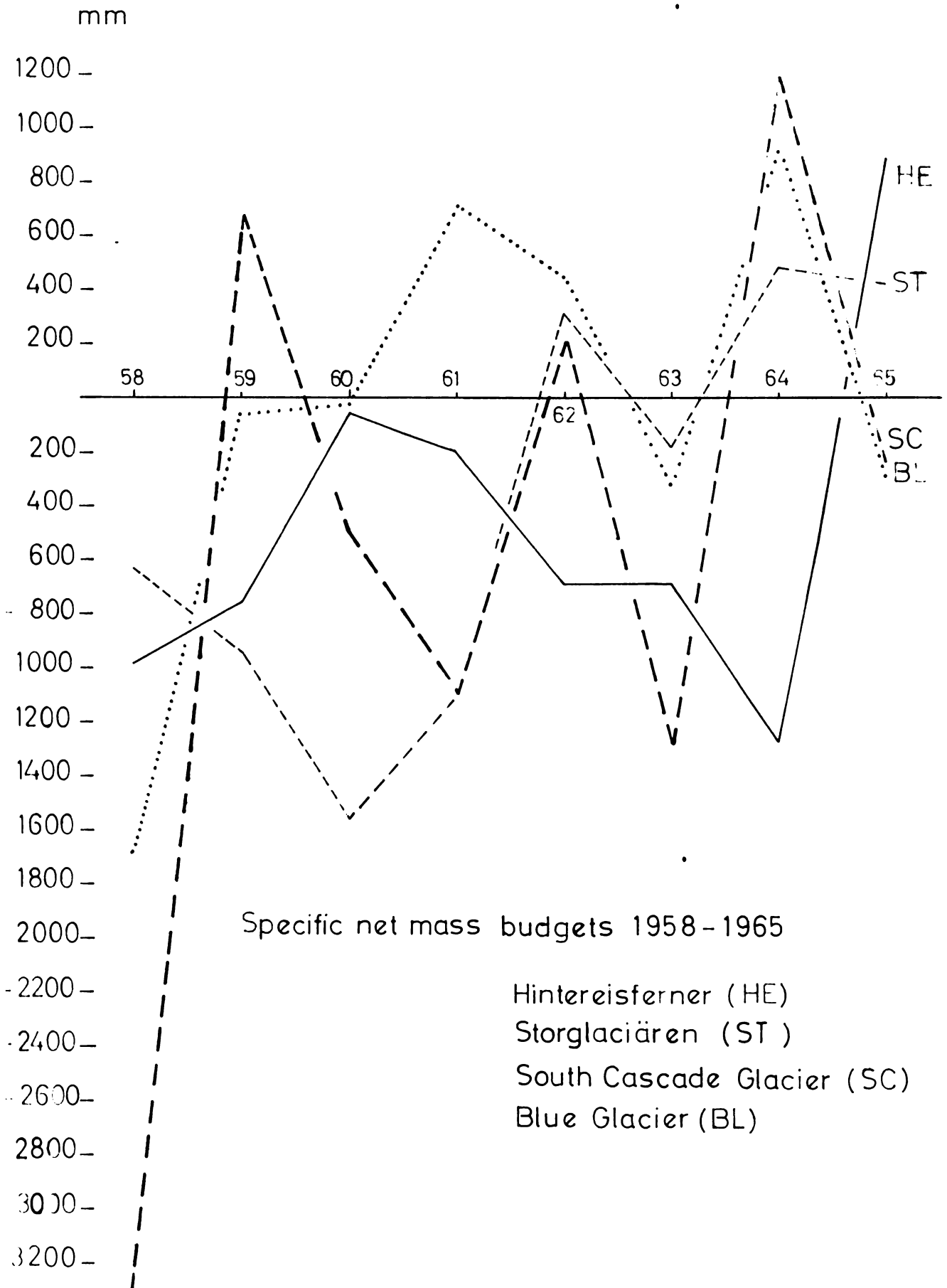
E I N L E I T U N G

Es ist seit langem bekannt, daß eine enge qualitative Beziehung zwischen Klima und Gebirgs- oder Inlandvereisung besteht; der Mechanismus dieser Beziehung ist dagegen quantitativ noch nicht befriedigend durchschaubar. Infolge einer Klimaänderung weichen in den letzten Jahrzehnten die Gebirgsgletscher fast überall auf der Erde zurück, und trotz dieser globalen Gleichzeitigkeit scheinen sich die heutigen großen Inlandeismassen, die Antarktis und Grönland, an diesem Trend nicht zu beteiligen (Loewe 1966). Die sehr unterschiedliche Länge der Reaktionszeit bei einer Änderung der Akkumulationsverhältnisse in den Firnbecken verschiedener Gletscher (Nye 1960) ist nur ein erschwerendes Faktum, wenn man einen Gletschervorstoß oder -rückgang mit einer Klimaschwankung in Verbindung bringen will. Viel komplexer wird der Zusammenhang in den konkreten Fällen, da eine Summe von klimatischen Elementen langperiodischen Änderungen unterworfen ist. Anhand langjähriger Temperaturreihen wurde schon frühzeitig die große Bedeutung der sommerlichen Witterung für das Verhalten der Gletscher gesehen, so von Lang (1885) in seiner Arbeit über den "säkularen Verlauf der Witterung als Ursache der Gletscherschwankungen in den Alpen" mit Hilfe der Sommertemperaturen von München und Mailand. Ebenso ist ein solcher Zusammenhang mit der Sommertemperatur von Genf (Forel 1908) und mit der Temperatur von Juli-August am Hohenpeißenberg und auf der Zugspitze (Holzapfel 1959) demonstriert worden. Die Erniedrigung der Sommertemperaturen ist von verschiedenen Autoren als entscheidender für einen Gletschervorstoß angesehen worden als eine Erhöhung des Niederschlags (Billwiller 1930; Hess 1941; Morawetz 1941). Die Einfüh-

ung von Massenhaushaltstudien in die Glaziologie ermöglichte eine neue Betrachtungsweise dieses Problemkreises, indem nun nicht mehr die Längenänderung der Gletscher mit dem Klima verglichen werden mußte, sondern der Mechanismus des Massenumsatzes beobachtet und mit der Witterung korreliert werden konnte. Dabei wurde die hervorragende Bedeutung der kurzwelligen Strahlung für den Ablationsprozeß (und damit letzten Endes für den Haushalt) festgestellt und quantitativ angegeben: Auf alpinen Gletschern beträgt selbst bei ungünstigen Bedingungen für die Strahlungsabsorption (steile Nordexposition, niedriger Sonnenstand Anfang September) der Strahlungsanteil der Ablation noch 53% (Hoinkes 1953), auf horizontalen Flächen (3000 m, Ende August) 81% (Hoinkes und Untersteiner 1952). Selbst auf tiefen Gletscherzungen werden trotz kürzeren Tagbogens noch 58-65% der Gesamtablation aus der Strahlung gedeckt (Hoinkes 1955). In einer Studie des Wärmehaushaltes wurde beobachtet, daß 68% der Gesamtschmelzung im Firngebiet der Strahlung zuzuschreiben sind (Ambach und Hoinkes 1963). Der Strahlungsanteil an der Gesamtschmelzung einer ganzen Ablationsperiode und für ein ganzes Gletschergebiet ist von Wendler (1964) berechnet worden, und zwar ermittelte er für 1958 den Wert 64%. Angesichts des großen Strahlungsanteils an der Ablation kommt der Albedo des Gletschers eine erhebliche Bedeutung zu. Staubablagerungen, wie sie am Hintereisferner 1962 im Gefolge einer Südströmung (Hoinkes 1964) und am Gilman Glacier (Northern Ellesmere Island) bei einem Blizzard (Hattersley-Smith 1961) auftraten oder sommerliche Schneefälle (Richter 1888, Trenov 1962) können die Strahlungsabsorption in manchmal entscheidender Weise beeinflussen (Hoinkes 1964). Das ist ein Hinweis darauf, wie komplex das Problem der Bilanzveränderungen aus glazial-meteorologischer Sicht ist. Eine Mesbezügliche Untersuchung von Hoinkes und Rudolph

(1962 a) führt an, daß nicht jede Klimaänderung eine Auswirkung auf die Gletschergröße hat, sondern daß eine Änderung der Summenwirkung verschiedenster Klimaelemente eintreten muß, die man am besten mit dem Begriff "Witterungscharakter" umschreibt, ein Begriff, der die Verbindung zum Großwetter und zur allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre schafft. So konnte Hoinkes (1966) zeigen, daß eine bemerkenswerte Abnahme monsunaler Großwetterlagen zugunsten einer entsprechenden Zunahme von Hochdrucklagen seit 1930 stattgefunden hat. Gemäß den Erkenntnissen über die Bedeutsamkeit der Strahlung für den Ablationsprozeß und damit auch für den Massenhaushalt muß dies als die wohl wichtigste Ursache für den starken Rückgang der alpinen Vergletscherung in den letzten Jahrzehnten angesehen werden. Die Intensität der allgemeinen Zirkulation über Mitteleuropa weist jedoch nach Hoinkes (1966) keine deutliche Beziehung zu den Massenhaushalten des Hintereisferners auf, obwohl hier ein Zusammenhang mit der Häufigkeit antizyklonaler Wetterlagen zu erwarten gewesen wäre. Eine bessere Übereinstimmung besteht dagegen zwischen den Bilanzen des Hintereisferners und der Höhe der 500mb-Fläche über München und Payerne (Hoinkes 1966). Von besonderem Interesse sind die Auswirkungen von Zirkulationsanomalien auf die Bilanzen verschiedener Gletscher. So wurden bereits die für das gegensätzliche und parallele Verhalten der Massenhaushalte des Storglaciären in Nordschweden und des Hintereisferners in den Ötztaler Alpen verantwortlichen Zirkulationsabweichungen in 500 mb von 1960 und 62 (Hoinkes 1964), sowie 1964 und 65 (Hoinkes 1966) dargestellt und interpretiert. Dies war der Anstoß zur vorliegenden Arbeit, in der versucht wurde, mit Hilfe von Daten und Darstellungen der allgemeinen Zirkulation charakteristische Abweichungen zu finden, mit den Haushaltsdaten

zu vergleichen und eventuell Zirkulationskriterien letzteren zuzuordnen. Es wurden die Massenhaushaltswerte der Gletscher Hintereisferner, Storglaciären sowie Blue Glacier und South Cascade Glacier (Washington State, U.S.A.) in den Jahren 1958 bis 1965 betrachtet (Abb 1).



1. VERGLEICH DER MASSENHAUSHALTE MIT DER WITTERUNG IN DEN ABLATIONSZEITEN

1.1. Hintereisferner

Der Hintereisferner ist ein etwa 10 km² großer Talgletscher in den Ötztaler Alpen, der seine langgezogene Zunge flach nach Nordosten exponiert und sich ungefähr von 3700 bis 2400 m Meereshöhe erstreckt. Haushaltsbestimmungen werden an diesem durch zahlreiche glaziologische Arbeiten bekannt gewordenen Gletscher seit 1952/53 durchgeführt. Im IGY 1957/58 sowie IGC 1958/59 wurden die glazial-meteorologischen Arbeiten durch Erweiterung des Pegelnetzes, Hinzunahme des benachbarten Kesselwandferners und Haushaltsbestimmungen mittels der hydrologischen Methode intensiviert (Hoinkes 1959, Hoinkes und Lang 1962), Hoinkes und Rudolph 1962 b). Der Hintereisferner befindet sich ebenso wie viele andere alpine Talgletscher nicht im Gleichgewicht mit seinen klimatischen Umweltbedingungen (Hoinkes 1962). Das drückt sich in seinem ständigen Zurückweichen wie in den jährlichen Bilanzen aus (Tab. 1.11). Von 1952/53 bis 1960/61 beträgt das "mean specific net budget" (Meier 1962) -358 mm (Hoinkes und Rudolph 1962 b), von 1952/53 bis 65/66 -330 mm.

TABELLE 1.11

Haushaltswerte des Hintereisferners von 1952/53 bis 65/66

1952/53	-540 mm	(Hoinkes und Rudolph 1962 a,b)
53/54	-290 "	"
54/55	+ 80 "	"
55/56	-280 "	"
56/57	-190 "	"

1957/58	- 980 mm	(Hoinkes u. Rudolph 1962 a,b)
58/59	- 760 "	"
59/60	- 60 "	"
60/61	- 210 "	"
61/62	- 690 "	(unveröffentlicht)
62/63	- 690 "	"
63/64	-1280 "	"
64/65	+ 910 "	"
65/66	+ 340 "	"

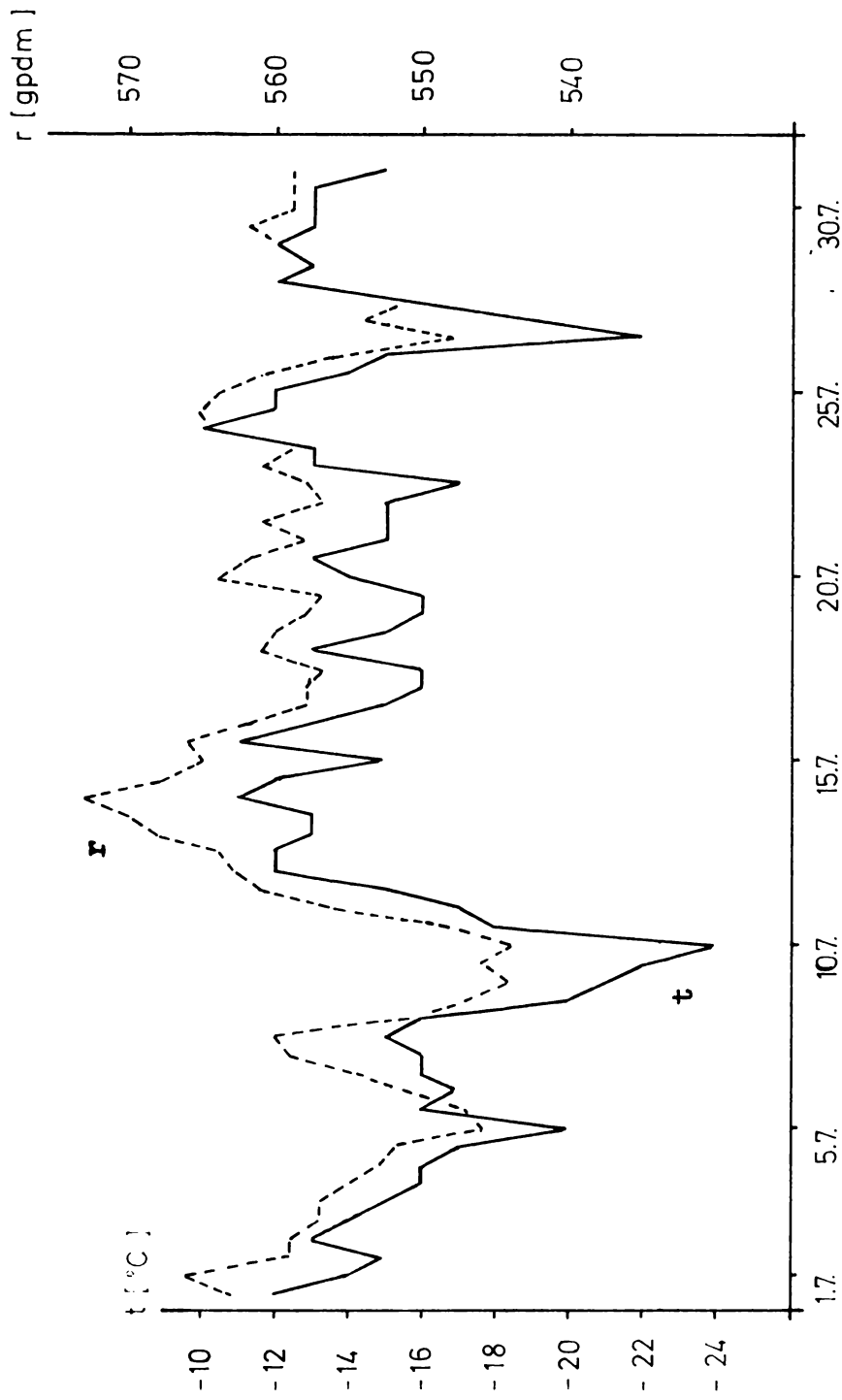
Nach einer langen Reihe von Jahren mit negativen Bilanzen wurden die Haushalte 1964/65 und 1965/66 positiv. Nur der Haushalt 1955 ergab noch ein schwach positives Ergebnis, ist aber unter Einkalkulierung des größtmöglichen Fehlers von $\pm 0.54 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Hoinkes/Rudolph 1962 a), also ungefähr $\pm 54 \text{ mm}$ ebenso wie der Haushalt 1960 eher als nahezu ausgeglichen zu bezeichnen.

Ein erster Vergleich der Bilanzen mit den Abweichungskarten ist nicht sehr überzeugend: Zwar haben die extremen Haushaltsjahre charakteristische Druckabweichungen - der negative Massenhaushalt 1963/64 ist mit erheblichem Druck- und Wärmeüberschuß, der positive von 1964/65 mit ähnlichen Beträgen negativen Vorzeichens gekoppelt -, doch sieht man bei der Gesamtbetrachtung nur, welchen Trend die weniger extremen Bilanzen annehmen, während die wünschenswerte gegenseitige Abstufung nicht möglich ist. Das ist wohl zu einem großen Teil auf einen Kompensationseffekt zurückzuführen, der in der Mittelung über drei Monate enthalten ist und daher den Witterungscharakter nicht in allen Fällen in befriedigender Weise beschreibt. Von besonderem Interesse sind aber folgende Fragen:

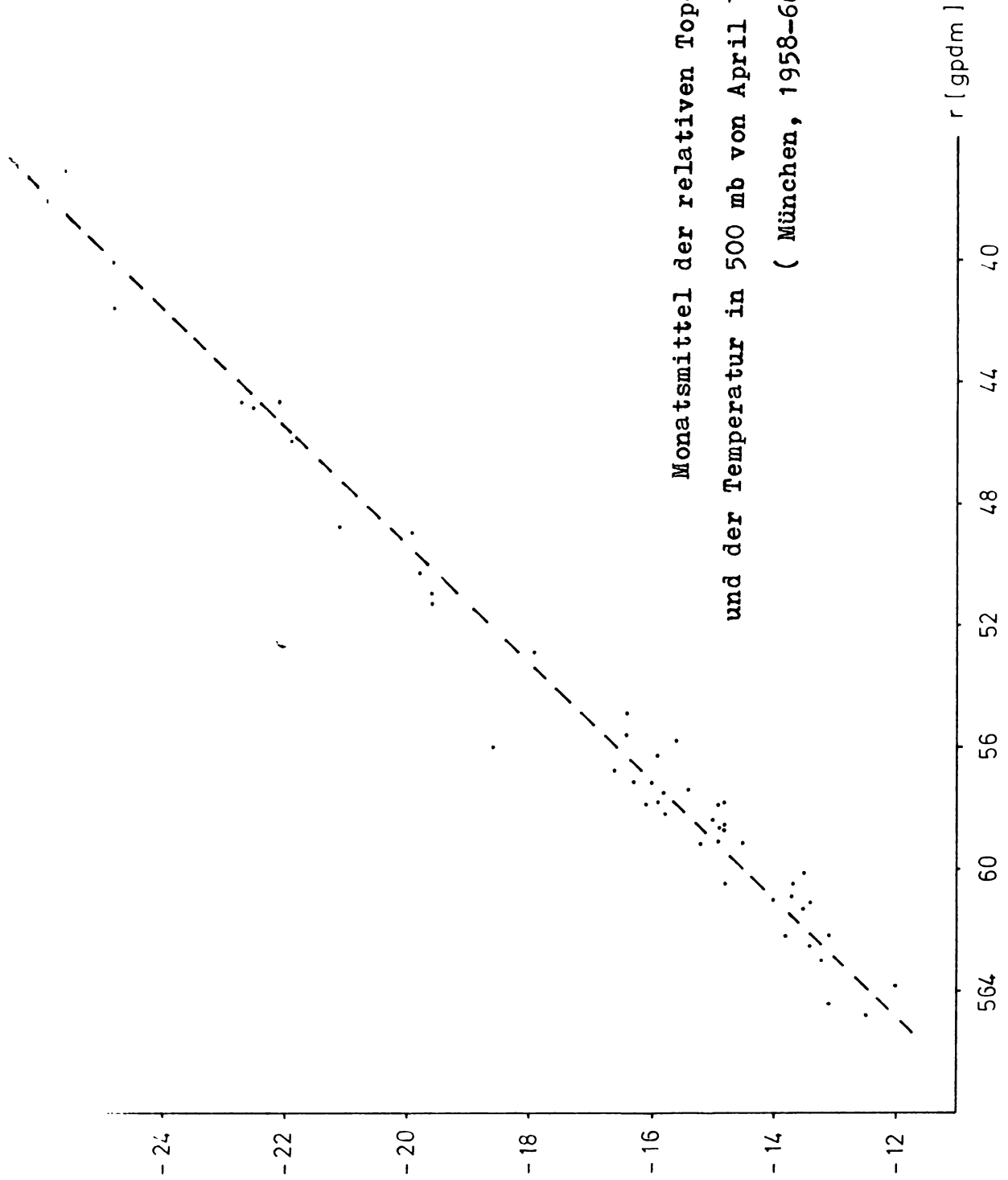
- a) Gibt es innerhalb der Ablationsperiode Zeitabschnitte, deren Witterung im Hinblick auf die Massenbilanz besondere Beachtung verdient?

- b) Gibt es für Jahre mit ähnlichen Haushaltsergebnissen gemeinsame Charakteristiken in Witterung und Zirkulation?
- c) Inwieweit können bei einem Zirkulationsvergleich verschiedener Gletschergebiete identische Zeiträume zugrundegelegt werden?

Für diese detaillierteren Betrachtungen werde als vergleichbares Zirkulationselement die Temperatur an der 500mb-Fläche herangezogen, die für die drei Gletschergebiete (des Hintereisferners, Storglaciären, Blue Glacier und South Cascade Glacier) aus den täglichen Höhenkarten des deutschen Wetterdienstes bequem zu entnehmen ist. Die Bearbeitung von Tageswerten der relativen Topographie 500/1000 mb wäre vielleicht näherliegend gewesen, hätte aber für die westamerikanischen Gletscher eigens eine Berechnung der Schichtdicken erfordert. Zudem ist der Gang von relativer Topographie 500/1000mb und 500 mb - Temperatur befriedigend gut parallel (Abb. 1.11). Die maximale Schwankungsbreite der 500 mb -Temperatur beträgt in dem willkürlich gewählten Beispiel (Juli 1965) 14°C und entspricht derjenigen der relativen Topographie 500/1000 mb ($29\text{ gpdm} \hat{=} 14.5^{\circ}\text{C}$ Mitteltemperatur der Schicht 500/1000 mb). Auch die Veränderlichkeit beider Elemente von 12 zu 12 Stunden ist von ähnlicher Größe (1.6°C bzw. 3.0 gpdm). In Abb. (1.12) wurden die Monatsmittel der relativen Topographie 500/1000 mb gegen die 500 mb - Temperaturen der Jahre 1958 - 66 für die Monate April bis September aufgetragen. Mit einer Ausnahme (Mai 1964) liegen die Punkte nahe der Ausgleichsgeraden. Einer Temperaturänderung um 1°C entspricht eine Änderung der Schichtdicke von etwa 2 gpdm, die mittleren Temperaturen an der 500 mb - Fläche verhalten sich also nahezu wie die Mitteltemperaturen der Schicht 500/1000 mb.



Relative Topographie 500/1000 mb und Temperatur in 500 mb
(München, Juli 1965, Termine 0^h und 12^h GMT)



In der Wetterlagenkunde von Tirol (Fliri 1962) sind in einem "dynamischen Klimadiagramm des Sonnblick" (3106 m) für den Sommer die Anomalie der Tagestemperatur, die Niederschlagsbereitschaft und die Linien gleicher Bewölkung für die von Lauscher gekennzeichneten Wetterlagen (Lauscher 1958) aufgezeichnet. Danach kann man die Wetterlagen in vier Gruppen teilen.

- a) H, HF, HE, Hz, SW (Hoher Luftdruck, Hoch Fennoskandien, (Hoch im Osten, zonale Hochdruckbrücke, Südwestlage) mit weniger als 7/10 Bewölkung und $\geq +2^{\circ}$ Temperaturabweichung,
- b) TB, TR, TSW (Tief brit. Inseln, Tiefdruckrinne, Tief im Südwesten) mit 7.5 bis 9/10 Bewölkung und $\geq +1^{\circ}$ Temperaturabweichung,
- c) TwM, h, W (Tief, westliches Mittelmeer, Zwischenhoch, Westlage) mit normaler Temperatur und 7.5 bis 8.5/10 Bewölkung,
- d) HNW, N, NW, TS, TM, Vb (Hoch im Nordwesten, Nordlage, NW-lage, Tief im Süden, Tief Mitteleuropa, Vb-lage) mit mehr als 9/10 Bewölkung und $\Delta t \leq -1^{\circ}$.

In dieser Einteilung decken sich die Temperatur- und Bewölkungsgruppen soweit, daß man relativ bewölkungsarme und warme wie bewölkungsreiche und kalte Gruppen unterscheiden kann. Das deckt sich mit der Aussage von Tollner (1953), nach der auf dem Sonnblick die Schwankungen der Sonnenscheindauer mit den Temperaturschwankungen im Sommer parallel laufen. Nach einer Häufigkeitsstatistik umfassen auf dem Sonnblick die kalt-feuchten Lagen 27%, die warm-trockenen und warm-feuchten Lagen zusammen etwa 71%, die kalt-trockenen Wetterlagen aber nur 1% aller Sommertage des Zeitraums 1948 - 57 (Fliri 1962). Als warm-feuchte Wetterlagen sind zum großen Teil labile Situationen mit einem Tagesgang starker Konvektionsbewölkung, mit hoher Luftfeuchte, Gewittern oder Schauer

zu bezeichnen. Es handelt sich also um ablationsfördernde Witterungstypen. Für den Sonnblick wurden die Temperatur um 06^h GMT und die Niederschlagsmenge der vergangenen 24 Stunden für Mai bis September 1965 parallel dargestellt (Abb. 1.13). Damit soll gezeigt werden, daß ein Großteil der Niederschläge bei niedrigen Temperaturen bzw. in zyklonal-kühlen Perioden, bei Kaltfront- oder Trogdurchgängen fallen. Das sieht man in vielen Einzelfällen von Mai bis September 1965 bestätigt. Die Korrelationen der 24-stündigen Niederschlagsmengen mit der Temperaturen um 06^h GMT am Sonnblick ergaben folgende Werte:

Mai	r = -0.62	August	r = -0.51
Juni	r = -0.57	September	r = -0.52
Juli	r = -0.26		

Die Korrelationen sind alle negativ und liegen - bis auf den Juli - nahe der Signifikanzgrenze $r = \pm 0.60$ (als Bedingung für die Signifikanz soll der von Pearson angegebene wahrscheinliche Fehler dienen:

$$F = \frac{\pm 0.6745 \cdot \sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-1}}$$

Darin bedeuten r den Korrelationskoeffizienten und n die Anzahl der Wertepaare. Im allgemeinen gilt $r = \pm 6F$ als Grenze einer brauchbaren Korrelation. Die höchsten Temperaturen treten bei niederschlagsfreiem Wetter im Gefolge troposphärischer Absinkvorgänge in hochreichenden Antizyklonen auf. Fliri hat betont, daß die Verhältnisse am Sonnblick nicht zur Gänze auf die Ötztaler Alpen übertragbar sind. Dort bewirkt die bessere Abschirmung durch Nord- und Südalpen einen erheblich geringeren Gesamtniederschlag, und es entsteht im Vergleich zum Sonnblick ein anderes Bild von Niederschlagsbereitschaft, Niederschlagsdichte und Bewölkung in Abhängigkeit von den Wetterlagen.

So treten z.B. ergiebige Niederschläge (≥ 30 mm pro Tag) in den Ötztaler Alpen im Sommer bevorzugt bei Südstau, in den Tauern eher bei Nordstau auf, und Wetterlagen mit südlicher oder südwestlicher Luftmassenadvektion besitzen in den Ötztaler Alpen einen höheren Anteil am Gesamtniederschlag als am Sonnblick (Fliri 1962). Fliri weist darauf hin, daß so den Schauerniederschlägen und Gewittern in den Ötztaler Alpen im Sommer eine erhöhte Bedeutung zukommt. Ob jedoch im Vergleich zum Sonnblick ein größerer Anteil der als kalt-trocken bezeichneten Sommertage in den Ötztaler Alpen gegeben ist, muß dahingestellt bleiben, weil eine Höhenstation über 3000 m dort nicht existiert und die Täler viel stärker unter Leewirkung stehen als die Gipfelregion (das drückt sich z.B. in der Zunahme des Niederschlags mit der Höhe aus, die nach Fliri im inneralpinen Gebiet des Oberinntales erst oberhalb 1700 m nennenswerte Beträge erreicht).

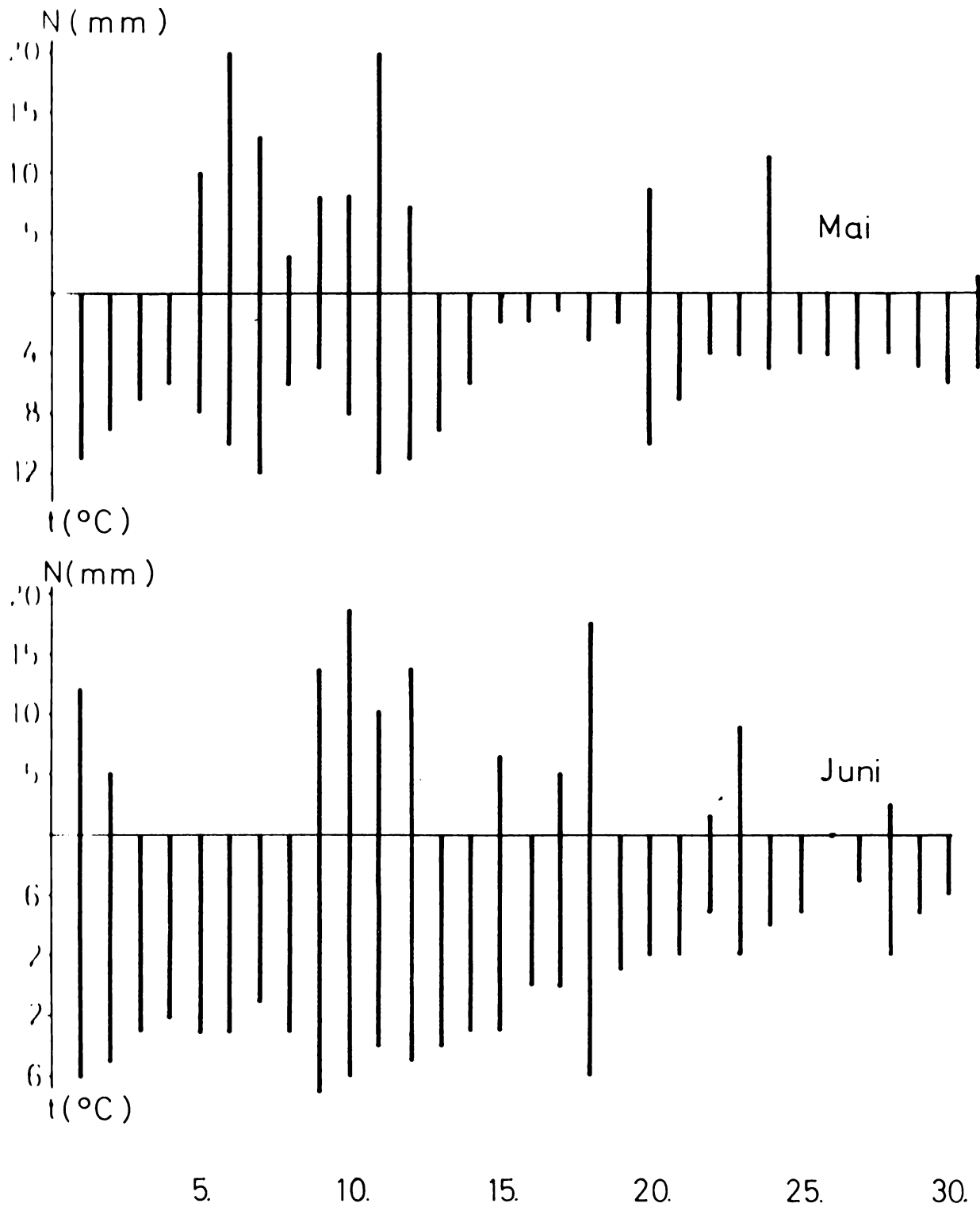
Die Temperatur an der 500mb-Fläche (oder die relative Topographie 500/1000 mb) kann demnach als grobes Maß zur Beschreibung der Witterung im Hochgebirge aufgefaßt werden.

Die täglichen Einzelwerte der 500mb-Temperatur wurden den Wetterkarten des deutschen Wetterdienstes entnommen und zwischen München und Mailand gemittelt (bei ungeraden Temperaturdifferenzen wurde zugunsten Mailands entschieden) oder in den seltenen Fällen fehlender Angaben zwischen benachbarten Stationen (Udine, Payerne, Stuttgart, Wien, Zagreb) interpoliert. Tabelle 1.12 enthält die Dekaden- und Monatsmittel der Temperatur für die Jahre 1953 bis 1966 und für die Monate April bis September.

SONNBLICK:

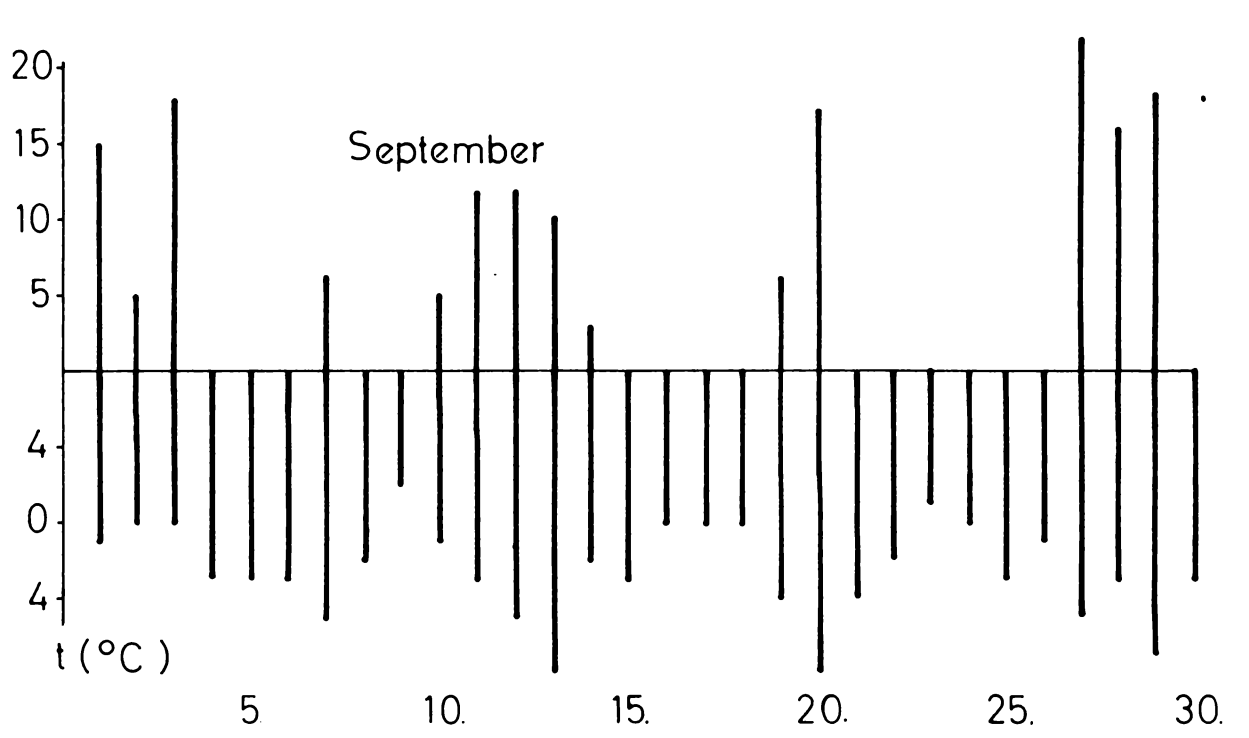
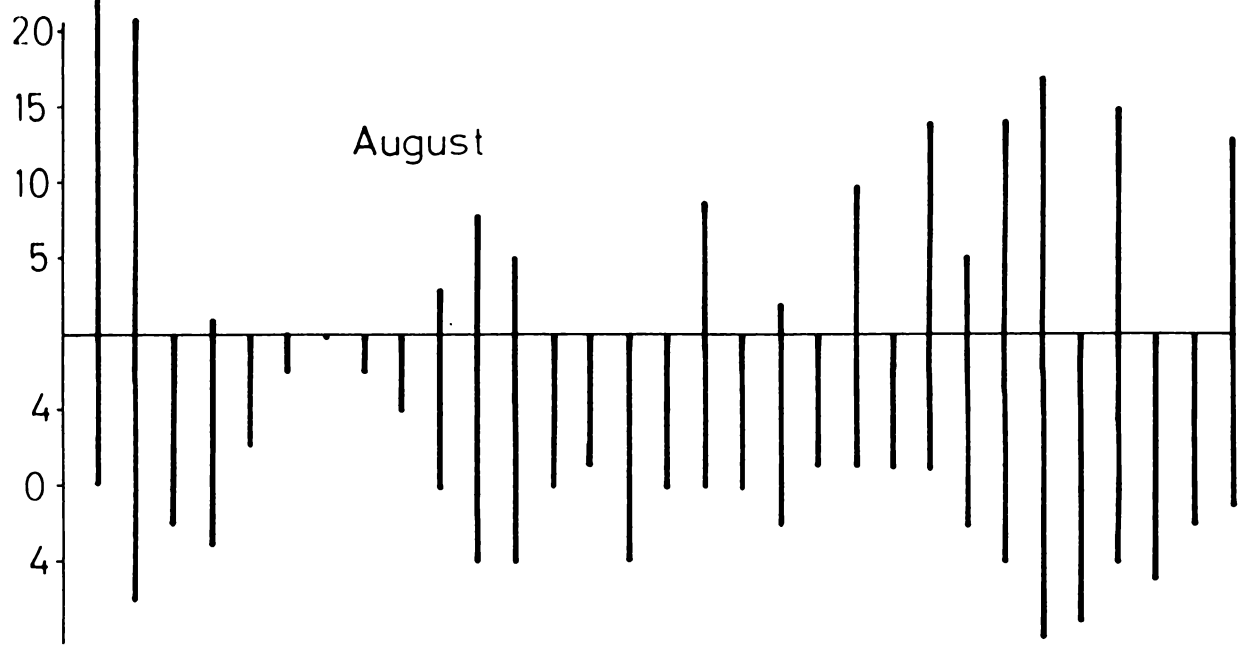
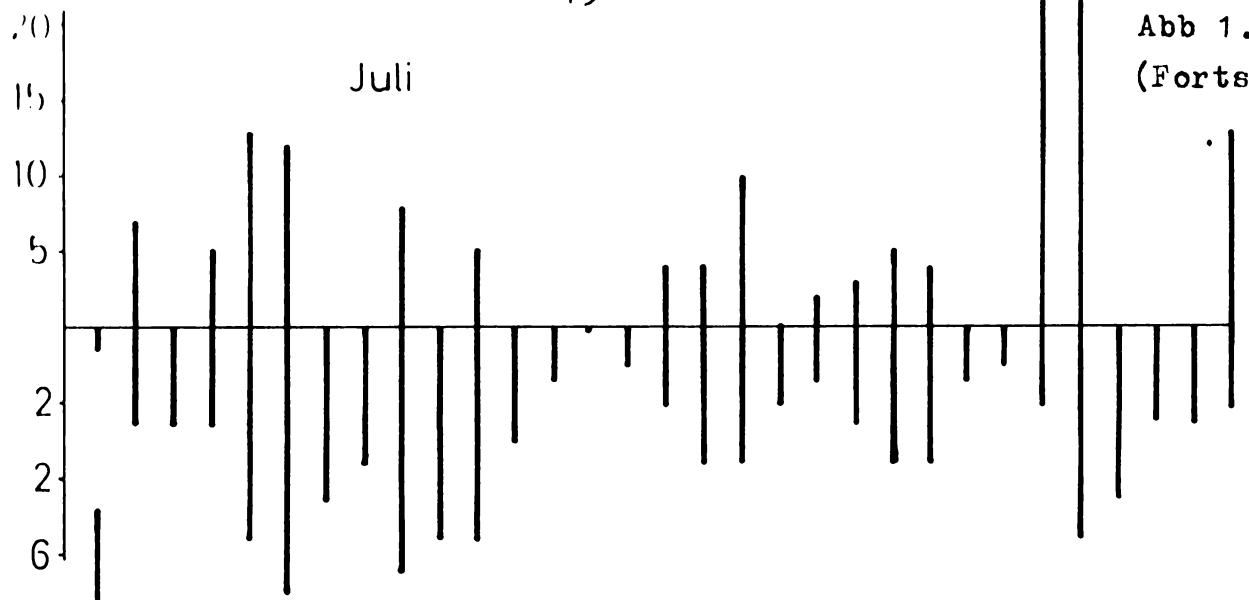
Niederschlag und Temperatur 06^h GMT,

Mai bis September 1965



N (mm)

Abb 1.13
(Forts.)



t (°C)

5 10. 15. 20. 25. 30.

TABELLE 1.12

Dekaden- und Monatsmittel der Temperatur in 500 mb über dem Gebiet der Ötztaler Alpen (interpoliert)

	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
1. Dekade	-22.0	-21.6	-23.9	-27.9	-24.2	-27.0	-20.9
2. "	-23.1	-27.8	-26.9	-23.9	-24.5	-26.7	-20.7
3. "	-21.5	-25.9	-22.1	-23.7	-21.6	-21.5	-23.6
April	-22.2	-25.1	-24.3	-25.2	-23.2	-25.1	-21.4
1. Dekade	-21.1	-21.9	-18.1	-21.7	-24.9	-18.6	-19.6
2. "	-17.9	-19.2	-20.3	-20.8	-19.7	-15.5	-20.2
3. "	-15.6	-19.9	-20.8	-16.9	-19.3	-15.4	-18.0
Mai	-18.2	-20.3	-19.7	-19.8	-21.3 [*]	-16.5	-19.3
1. Dekade	-20.0	-17.6	-17.9	-18.5	-17.8	-15.7	-16.8
2. "	-15.4	-15.9	-16.1	-17.5	-13.5	-16.0	-16.3
3. "	-14.2	-12.5	-14.9	-18.5	-13.8	-14.3	-14.6
Juni	-16.5	-15.3	-16.3	-18.2 [*]	-15.1	-15.3	-15.9
1. Dekade	-12.7	-16.9	-14.9	-11.5	-10.8	-14.6	-12.1
2. "	-14.1	-14.3	-12.5	-14.6	-14.9	-11.0	-12.0
3. "	-10.6	-11.8	-14.0	-12.6	-15.2	-12.4	-12.8
Juli	-12.5	-14.3	-13.8	-12.9	-13.5	-12.7	-12.3
1. Dekade	-13.9	-11.9	-16.7	-13.6	-11.0	-11.0	-13.6
2. "	-11.8	-14.9	-15.5	-12.6	-14.0	-11.9	-13.7
3. "	-15.2	-17.0	-14.1	-13.9	-15.4	-13.2	-12.3
August	-13.6	-14.6	-15.4 [*]	-13.4	-13.5	-12.0	-13.2
1. Dekade	-11.4	-13.0	-14.0	-14.1	-14.4	-12.8	-16.0
2. "	-14.2	-12.9	-17.4	-12.5	-16.3	-12.5	-13.5
3. "	-14.8	-18.3	-17.0	-13.7	-13.8	-14.2	-13.3
September	-13.5	-14.7	-16.1	-13.4	-14.8	-13.2	-14.3
Mittel							
Apr.-Sept	-16.1	-17.4	-17.6	-17.1	-16.9	-15.8	-16.1
Mittel							
Juni-August	-14.2	-14.7	-15.2 [*]	-14.8	-14.1	-13.3	-13.8

Vortsetzung von Tabelle 1.12

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
1. Dekade	-22.4	-21.2	-26.0	-25.3	-22.4	-22.0	-23.7
2. "	-22.1	-21.0	-24.2	-20.9	-21.0	-25.1	-22.7
3. "	-27.7	-21.2	-20.5	-20.1	-23.0	-29.2	-19.5
April	-24.1	-21.1	-23.6	-22.1	-22.1	-25.8*	-22.0
1. Dekade	-23.2	-19.9	-21.1	-20.3	-19.7	-23.0	-20.7
2. "	-16.0	-23.2	-21.9	-20.5	-16.9	-19.1	-18.0
3. "	-18.8	-20.3	-18.3	-17.3	-18.1	-20.3	-18.4
Mai	-19.3	-21.1	-20.4	-19.5	-18.2	-20.8	-19.0
1. Dekade	-15.8	-17.5	-21.5	-18.7	-14.4	-19.8	-16.3
2. "	-13.3	-14.6	-14.8	-15.7	-13.0	-15.9	-13.5
3. "	-14.0	-13.7	-13.9	-11.5	-14.3	-12.1	-15.9
Juni	-14.5	-15.3	-16.7	-15.2	-13.9	-15.9	-15.4
1. Dekade	-16.2	-14.0	-17.5	-14.2	-14.0	-15.4	-15.2
2. "	-13.4	-16.7	-14.7	-12.0	-13.1	-14.3	-14.2
3. "	-15.0	-14.6	-11.6	-11.5	-11.5	-13.3	-14.9
Juli	-14.9	-15.1*	-14.6	-12.6	-12.7	-14.3	-14.8
1. Dekade	-15.4	-11.2	-10.2	-11.3	-12.2	-13.6	-14.0
2. "	-14.5	-15.9	-10.1	-13.2	-15.1	-14.5	-12.0
3. "	-12.4	-12.9	-11.4	-13.9	-12.5	-15.1	-15.8
August	-14.1	-13.3	-10.6	-13.0	-13.3	-14.4	-13.9
1. Dekade	-16.0	-13.9	-12.2	-15.0	-14.6	-15.8	-12.5
2. "	-15.0	-11.1	-15.3	-13.6	-13.4	-15.9	-13.2
3. "	-18.2	-13.4	-16.3	-14.7	-15.2	-17.4	-14.2
September	-16.4*	-12.8	-14.6	-14.4	-14.4	-16.4*	-13.3
Mittel							
Apr.-Sept.	-17.2	-16.4	-16.7	-16.1	-15.8	-17.9*	-16.4
Mittel							
Juni-Aug.	-14.5	-14.6	-14.0	-13.6	-13.3	-14.9	-14.7

Zunächst wurden die Mitteltemperaturen verschiedener Monate und Monatskombinationen mit den Massenhaushalten korreliert. Die einzelnen Monate korrelieren in folgender Weise mit den Massenhaushalten des Dintereisferners:

April:	r = -0.36	Juli :	r = -0.61
Mai :	r = -0.53	Aug.:	r = -0.58
Juni :	r = -0.19	Sept. :	r = -0.44

Die beste Korrelation wird erwartungsgemäß im Hochsommer erreicht. Die schwache Korrelation des Juni kann nicht bedeuten, daß die Witterung dieses Monats für den Massenhaushalt von nur geringer Auswirkung ist. Eher kommt hier die in Mitteleuropa gelegentlich zu beobachtende Erscheinung zum Ausdruck, daß die Witterung des Hochsommers nicht der den Monats Juni entspricht. In den Jahren 1953 und 1962 folgte einem kühlen Juni ein warmer Hochsommer, der die Massenhaushalte negativ werden ließ, 1960 und 1966 wurde dagegen der Hochsommer nach einem zu warmen Juni kühl, die Bilanz wurde 1960 ausgeglichen, 1966 sogar positiv.

Sehr gut fiel die Korrelation mit dem Temperaturmittel der sechs Monate (April bis September) aus, mit dem $r = -0.78$ erreicht wurde (die entsprechende Berechnung mit der Tagesmitteltemperatur der unweit des Hintereisferners gelegenen Station Vent ergibt nur $r = -0.60$). Ferner korrelieren folgende Monatskombinationen von 500mb-Mitteltemperatur gut mit den Massenhaushalten:

$$V + VI + VII + VIII + IX \quad r = -0.81$$

$$VI + VII + VIII \quad r = -0.83$$

In Abb. 1.14 wurden die Temperaturmittel in 500 mb von April bis September und von Juni bis August parallel zu den Massenhaushalten des Hintereisferners graphisch dargestellt. Die Übereinstimmung ist im allgemeinen nicht schlecht. Als gut erwiesen sich auch jene Korrelationen, in denen die beiden Hochsommermonate Juli und August mit doppeltem Gewicht belegt wurden. So wurde mit

$$VI + 2 \times VII + 2 \times VIII + IX : r = -0.84$$

$$IV + V + VI + 2 \times VII + 2 \times VIII + IX : r = -0.85$$

die besten Ergebnisse erzielt.

**Kassenhaushalte des Eistezeisener
und Temperaturmittel in 500 mb (1953-66)**

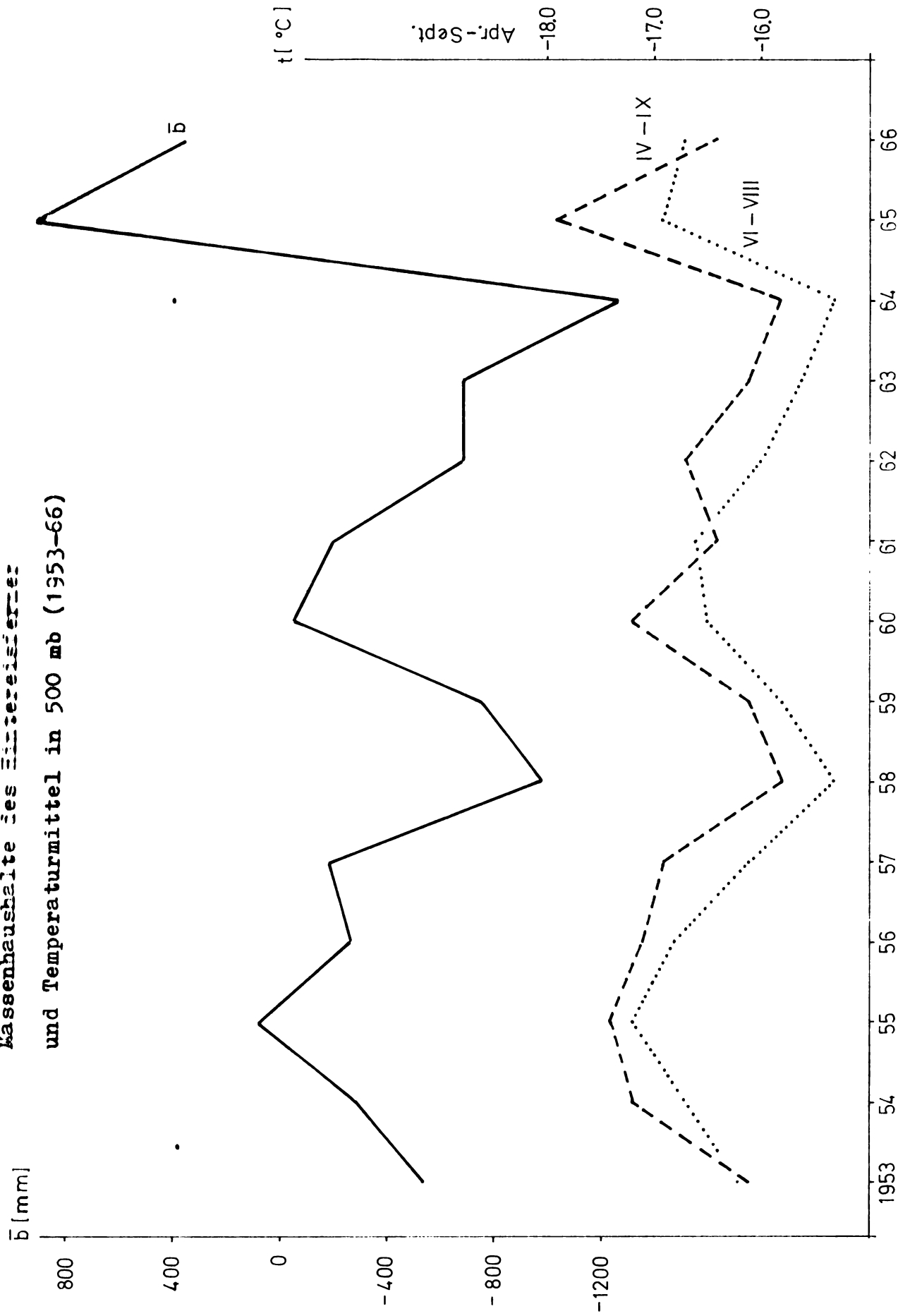


Abb 1

Zum Zwecke einer differenzierten Betrachtung wurden sodann die Temperaturmittel von jeweils sechs Dekaden von April bis September laufend und übergreifend korreliert.

TABELLE 1.13

Korrelationen zwischen Temperaturmitteln in 500 mb und den Massenhaushalten des Hintereisferners 1953-1966 (graphische Darstellung in Abb. 1.15)

1. Apr.-31. Mai	r = -0.65	1. Juni-31. Juli	r = -0.61
11. " -10. Juni	r = -0.67	11. " -10. Aug.	r = -0.68
21. " -20. "	r = -0.62	21. " -20. "	r = -0.64
1. Mai -30. "	r = -0.50	1. Juli-31. "	r = <u>-0.78</u>
11. " -10. Juli	r = -0.44*	11. " -10. Sept.	r = -0.72
21. " -20. "	r = -0.56	21. " -20. "	r = -0.67
		1. Aug.-30. "	r = -0.60

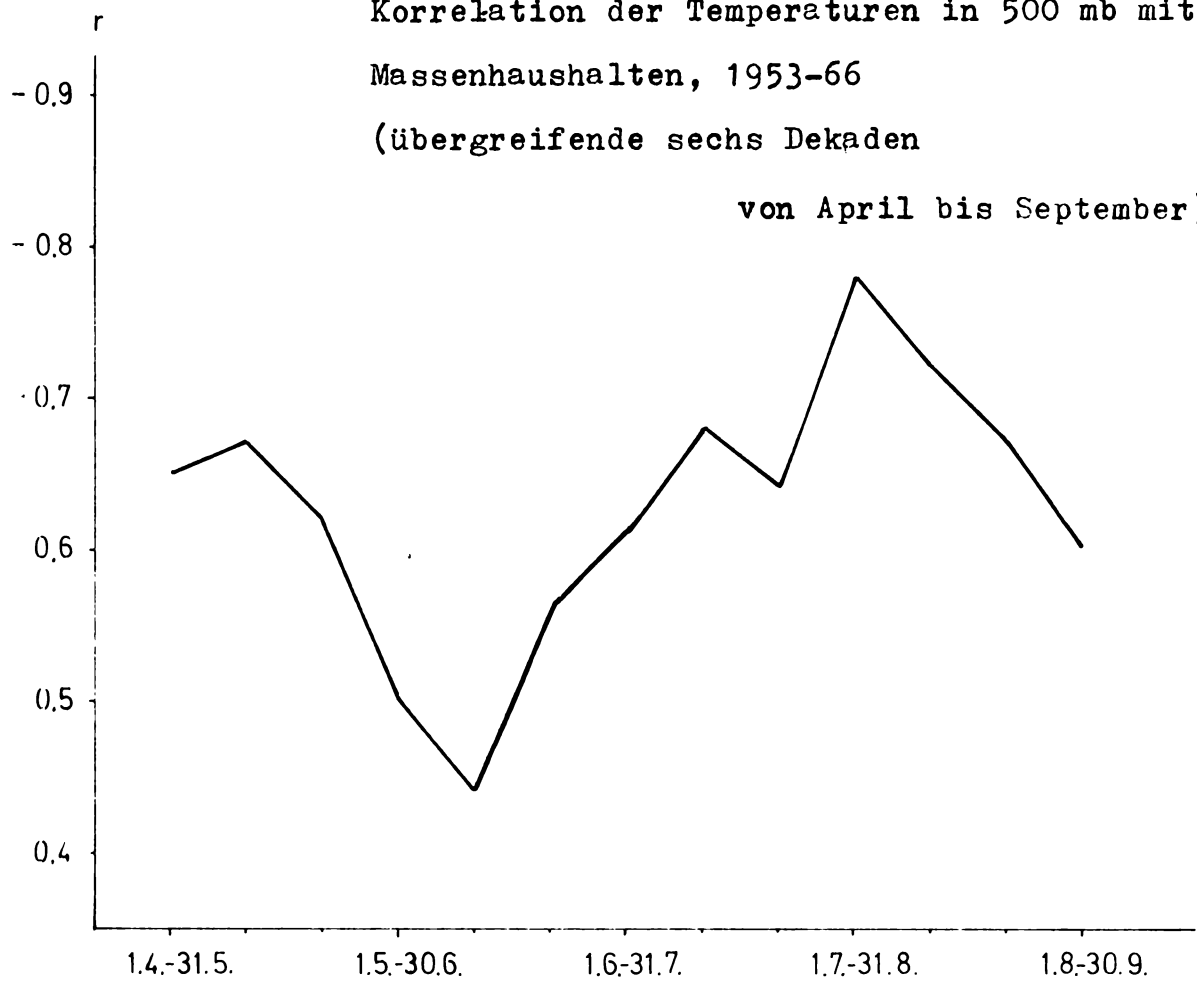
Die schlechte Übereinstimmung der Juni-Temperaturen mit den Haushalten wird auch hier wieder in einem Abfall der Korrelation im Frühsommer sichtbar. Die optimale Korrelation fällt genau auf die Hochsommermonate Juli und August und überschreitet sogar knapp die Signifikanzgrenze von $r = +0.76$. Die verhältnismäßig gute Korrelation des Frühlings ist vornehmlich den Jahren mit "extremen" Haushaltswerten (1958, 64, 65) zuzuschreiben, dem ungewöhnlich warmen Mai 1958, Mai und Juni 1964 und den erheblich zu kalten Monaten April und Mai 1965. Hoinkes (1966) hat darauf hingewiesen, daß die intensive Ablation auf den Alpengletschern in der zweiten Hälfte der vierziger Jahre mit einer starken Erwärmung der Frühjahrsmonate einhergegangen ist und dadurch der Beginn der Ablationssaison vorverlegt wurde. Um den Einfluß der Ablationsdauer dieser vierzehn Jahre qualitativ abschätzen zu können, wurden die Temperaturabweichungen von den Mitteln der vierzehn Jahre für jeweils sechs übergreifende Dekaden berechnet, fünf

Hintereisferner:

Korrelation der Temperaturen in 500 mb mit den
Massenhaushalten, 1953-66

(übergreifende sechs Dekaden

von April bis September)



Die Gruppen gebildet, normiert und graphisch dargestellt. Die Aufspaltung in fünf Gruppen geschah nach folgendem Schema:

1. Stark positives Haushaltsjahr (1965)
2. Schwach-mäßig positive Haushaltsjahre (1955, 66)
3. Schwach negative Haushaltsjahre (1954, 56, 57, 60, 61)
4. Mäßig negative Haushaltsjahre (1953, 59, 62, 63)
5. Stark negative Haushaltsjahre (1958, 64)

In Tabelle 1.14 werden die Abweichungen vom Temperaturmittel der vierzehn Jahre in Zehntelgraden angegeben. In dieser Aufstellung sind besonders die Jahre 1966, 55, 54 nicht sehr gut einzuordnen. Die Temperaturabweichungen von 1966 ließen eher einen leicht negativen Haushalt - etwa wie 1961 - erwarten, während die Temperaturen der Jahre 1954 und 55 besser zu einem positiven Massenhaushalt passen würden. Die Temperaturabweichungen von 1958 sind in der zweiten Hälfte der Ablationsperiode erheblich stärker positiv als in dem Jahr mit schlechterer Bilanz 1964. Eine genaue Übereinstimmung kann jedoch auch nicht erwartet werden, weil mit der 500mb-Temperatur oder auch der relativen Topographie 500/1000 mb der allgemeine Charakter der Witterung und darin insbesondere der Niederschlagsfaktor nur in grober Annäherung erfaßt werden kann. Der Sommer 1966 war z.B. außerordentlich niederschlagsreich, im Juli und August fielen in Vent 327 mm Niederschlag, 1955 dagegen nur 135 mm. Die große Sommerakkumulation im Firngebiet des Hintereisferners hat 1966 das Zustandekommen des positiven Haushaltes nicht unwesentlich begünstigt. Der Winter 1963/64 und des Frühjahr 64 waren sehr schnee-arm, die Niederschlagsmenge von April bis Juni betrug in Vent 138 mm, im Vergleichsjahr 1958 187 mm. Somit ist der schlechtere Haushalt 1964 wohl als Folge des früheren Beginns der Eisablation (im Vergleich zu 1958) zu verstehen.

TABELLE 1.14

Untereisferner; Temperaturabweichungen in 500 mb vom Mittel 1953 - 1966 in Zehntelgraden. Die Jahre sind nach den Bilanzen geordnet, beginnend mit dem positivsten Haushalt.

	1965	66	55	60	57	61	56	54	53	62	63	59	58	64
1.4.-31.5.	-18	+ 9	- 5	- 2	- 9	+ 3	-10	-12	+12	- 5	+ 6	+11	+ 6	+13
11.4.-10.6.	-23	+12	- 5	- 2	- 8	0	- 3	-15	+ 7	- 7	+ 8	+ 7	+17	+17
1.4.-20.6.	-21	+12	- 1	- 1	- 4	- 4	- 8	- 9	+ 6	- 6	+ 2	+ 1	+19	+16
1.5.-30.6.	- 7	+ 4	- 4	+ 7	- 6	- 6	-14	- 2	+ 2	- 9	+ 2	0	+17	+15
11.5.-10.7.	- 7	+ 2	-10	+ 7	+ 7	- 7	- 8	- 5	+ 5	-15	+ 2	+ 2	+13	+13
1.5.-20.7.	- 7	- 1	- 6	+ 2	+ 6	- 6	- 6	- 6	+ 2	-12	+ 5	+ 6	+11	+11
1.6.-31.7.	- 4	- 4	- 4	0	+ 3	- 5	- 9	- 1	+ 1	-10	+ 7	+ 5	+ 6	+13
11.6.-10.8.	- 3	- 8	-10	- 3	+ 7	- 3	- 8	0	+ 3	0	+10	+ 3	+ 7	+ 8
1.6.-20.8.	- 3	- 8	-12	-12	+ 3	- 8	- 3	- 1	+ 7	+ 6	+12	+ 4	+10	+ 2
1.7.-31.8.	- 8	- 8	-10	- 9	0	- 6	+ 4	- 9	+ 5	+ 9	+ 7	+ 8	+12	+ 5
11.7.-10.9.	- 9	- 4	-10	- 9	- 6	- 7	- 7	- 3	+ 7	+18	+ 6	+10	+14	+ 3
1.7.-20.9.	-11	- 2	-17	-11	- 8	+ 3	+ 3	0	+ 7	+18	+ 4	- 1	+13	+ 3
1.8.-30.9.	-14	+ 3	-18	-13	- 2	+ 9	+ 5	- 7	+ 4	+13	+ 2	+ 2	+13	+ 1

Die Zusammenfassung von Jahresgruppen (Abb. 1.16) ging von der Voraussetzung aus, daß Jahre mit ähnlichen Haushalts-ergebnissen irgendwelche gemeinsamen Charakteristiken im Temperaturablauf besitzen. Die beiden Jahre mit stark negativem Haushalt (1958 und 1964) sind durch einen starken Wärmeüberschuß in der ersten Hälfte der Ablationsperiode gekennzeichnet. In der zweiten Hälfte des Sommers ist die-
 ne Gruppe nur unwesentlich wärmer als diejenige der Jahre mit mäßig negativem Haushalt (1953, 59, 62, 63). Letztere Gruppe unterscheidet sich von den Jahren mit schwach negativem Haushalt (1954, 56, 57, 60, 61) vornehmlich in der Wärme des Hochsommers. Das ist auch in den Jahren mit schwach positivem Haushalt der Fall (1955, 66), die im Hochsommer (Juli und August) besonders kühl sind. Der Frühling 1955 ist nur wenig zu kühl in 500 mb, 1966 sogar zu warm. Das stark positive Haushaltsjahr 1965 ist im Hochsommer vorübergehend wärmer als die schwach positiven

Hintereisferner:
Temperaturabweichungen in 500 mb vom Mittel 1953-66
(für Jahresgruppen normiert)

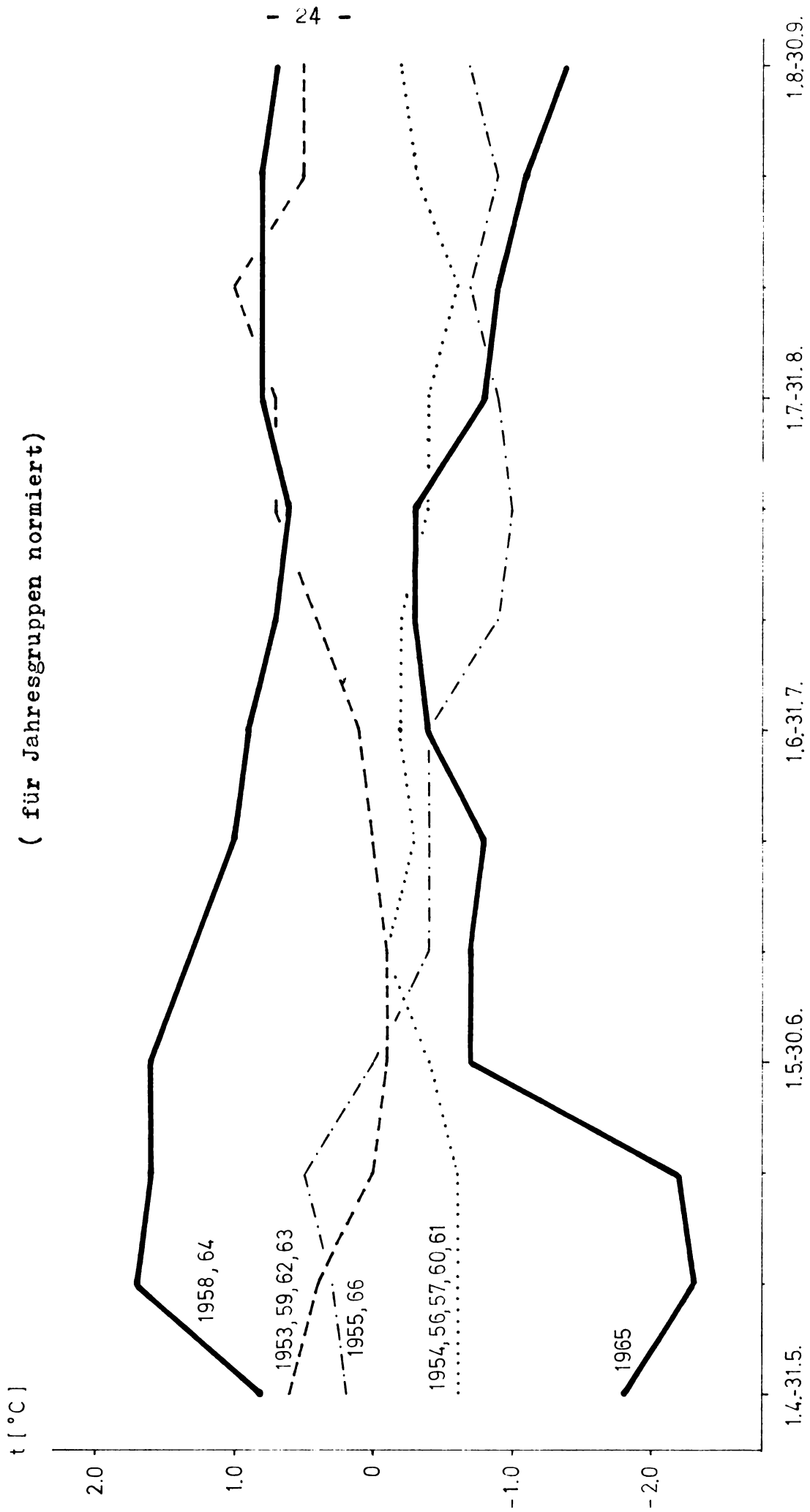


Abb 1.16

Jahre, besonders auffällig ist aber sein großes Wärme-
defizit im Frühling (April und Mai).

Man kann daraus schließen, daß zum Verständnis der
Massenbilanzen mäßiger Größenordnung die Betrachtung der
Witterung des Sommers oder schon allein des Hochsommers
ausreicht, daß bei stark positiven oder negativen Haus-
halten jedoch die Frühlingwitterung nicht zu vernachlässi-
gen ist.

1.2. Der Storglaciären

Der Storglaciären liegt auf etwa 68° N, 19° E und
ist wie die meisten Gletscher Skandinaviens ostseitig
exponiert. Kontinuierliche Haushaltsbestimmungen werden
schon seit 1946 durchgeführt und die Ergebnisse unter dem
Titel "Notes on glaciological activities in Kebnekajse,
Sweden" in den "Geografiska Annaler" von V. Schytt ver-
öffentlicht.

TABELLE 1.21

Haushaltsdaten des Storglaciären von 1952/53 bis 64/65

	I	II	III	IV	
1953	6.0	8.5	-2.5	-780	(Schytt 1959)
1954	3.5	6.5	-3.0	-940	"
1955	5.0	5.5	-0.5	-160	"
1956	4.0	5.5	-1.5	-480	"
1957	5.0	6.0	-1.0	-320	"
1958	4.5	6.5	-2.0	-630	G.A. 1959 Vol. XLI
1959	2.9	6.0	-3.0	-940	Schytt 1962
1960	2.1	7.1	-5.0	-1560	G.A. Vol. XLII 1960
1961	2.5	5.9	-3.4	-1100	G.A. Vol. XLIII 1961
1962	3.4	2.4	+1.0	+320	G.A. Vol. XLIV 1962
1963	4.5	5.1	-0.6	-190	G.A. Vol. XLV 1963
1964	4.9	3.4	+1.5	+490	G.A. Vol. 47 A 1965
1965	4.5	3.2	+1.3	+430	G.A. Vol. 48 A 1966
1966			-1.6	-540	schriftl. Mitt.

Spalte I : Total accumulation (nach Meier (1962) apparent
accumulation $\int_S c^* dS$)

Spalte II: Total ablation ("apparent ablation" $\int a^* dS$)

Spalte III: Balance ("net budget total" in $10^6 \frac{m^3}{m^2}$)

Spalte IV: Balance ("mean specific net budget" in mm)

Von 1945/46 bis 1960/61 betrug die mittlere total accumulation nach Schytt (1962) $4.0 \times 10^6 m^3$ und die mittlere total ablation 6.2×10^6 , die mittlere jährliche Bilanz somit $-2.2 \times 10^6 m^3$. Über die Gesamtfläche des etwa $3 km^2$ großen Talgletschers gemittelt resultiert ein mittleres jährliches "mean specific net budget" von $-700 mm$, wobei von den 16 Haushaltsjahren 14 defizitär, eines ausgeglichen und eines positiv waren (Schytt 1962). Seit 1910 befindet sich der Storglaciären wie die meisten skandinavischen Gletscher im Rückgang (Schytt 1959)

Wallén (1949) führte den Gletscherschwund in Nordskandinavien, der seit 1920 besonders stark ist, auf die Erhöhung der Sommertemperaturen, die erhöhte Luftfeuchtigkeit im Sommer, auf die Verlängerung der Ablationsperiode und eine wahrscheinlich stärkere südwest- bis südöstliche Windkomponente zurück. Die sommerliche Erwärmung begann in Nordschweden früher als in Süd- und Mittelschweden. Während im Norden schon um 1910 ein kräftiger Temperaturanstieg einsetzte, zeigen die übergreifenden Dezennienmittel der Sommertemperatur in Mittel- und Südschweden diesen Trend erst ab etwa 1930 (Liljequist 1949). Ein Vergleich der Jahresmittel des Luftdrucks von 1900-1919 und 1920-39 bestätigt Walléns Annahme einer verstärkten südlichen Windkomponente über Skandinavien ebenso, wie die geographische Verteilung der Häufigkeiten vorkommender Tiefdruckzentren, die über Nordosteuropa im Zeitraum 1920 - 39 um 63 geringer war als 1900-19 und in dem Gebiet zwischen Grönland und Nordskandinavien um 70 zugenommen hat (Petterssen 1949). Den Unterschieden der Dezennienmittel des Luftdrucks im Juli von 1900-09 und 1920-29 (Lamb und Johnson 1961) kann man entnehmen, daß die Tendenz häufigerer südlicher

Luftmassenadvektion über Skandinavien nicht nur im Jahresmittel, sondern besonders im Sommer ausgeprägt war. Temperatur- und Feuchtezunahme sind wohl Effekte dieser Zirkulationsänderung über Skandinavien. Die Größenordnung der sommerlichen Temperaturerhöhung (Juni - Aug.) seit der Jahrhundertwende gibt Schytt (1962) mit $+2^{\circ}$ an. Fühlbare und latente Wärme sind beide wichtige Ablationsfaktoren. So sind an der Gesamtablation beteiligt (die Angaben gelten für den benachbarten Kårsa-Gletscher, nach Wallén 1959):

- a) die fühlbare Wärme zu 25% im Frühjahr bis 45% im Spätsommer,
- b) die latente Wärme zu 5% im Frühjahr, zu 20% im Hochsommer, dann wieder abnehmend
- c) die Strahlung zu 60-75% im Frühling, auf 37% im Spätsommer zurückgehend.

Es ist also schon im Hochsommer der Anteil der latenten und fühlbaren Wärme an der Ablation höher als der der Strahlung. Das Klima dieses vom Kebnekajse etwa 30-40 km nordwärts befindlichen Torne-Träsk-Gebietes ist nach Wallén (1959) durch die enge Nachbarschaft des kontinentalen Klimatyps Schwedens und des sehr maritimen Norwegens ausgezeichnet. Die Gletscher sind einer großen Schwankungsbreite der klimatischen Elemente ausgesetzt. Das drückt sich zum Beispiel in den Bilanzwerten aus, und auch die troposphärische Temperatur hat im Sommer eine größere Amplitude als vergleichsweise jene des Hintereisferners. Die kontinentalen Witterungsabschnitte des Sommers sind durch Advektion trocken-warmer Luft aus SE oder E oder durch großräumiges Absinken innerhalb dynamischer Antizyklonen gekennzeichnet. Bei maritimer Beeinflussung mit zyklonaler Aktivität, Bewölkungs- und Niederschlagsreichtum ist es von entscheidender Bedeutung, ob die Warm- oder Kaltluftadvektion überwiegt. Während nämlich die an latenter und fühlbarer Wärme reiche Süd- bis

Widwestströmung ablationsfördernd ist (Wallén 1949),
trotzen ähnlich wie in den Alpen in den höheren Lagen der
Gebirge sommerliche Schneefälle auf (Schytt 1965), die
durch Erhöhung der Albedo des Gletschers die Ablation
hemmen (Hoinkes 1955) und im Spätsommer, wenn große Eis-
flächen aper sind, besonders wirksam werden können (Tronov
1962).

Es wurde auch hier versucht, mit Hilfe der Tempera-
turen in 500 mb eine Relation zwischen dem Bilanzverhalten
und der sommerlichen Witterung zu finden. Diese Methode er-
wies sich von neuem als brauchbar. Die beste Korrelation
erbrachte die Kombination der Monate (VI+2VII+VIII) mit
 $r = -0.81$. In der folgenden Tabelle 1.22 werden die
Dekaden- und Monatsmittel der Temperatur in 500 mb auf-
geführt (es handelt sich um interpolierte Werte der
Stationen Tromsø, Isfjord Radio, Östersund aus dem
"Täglichen Wetterbericht" des deutschen Wetterdienstes).
Angesichts der hohen geographischen Breite des Gletschers
blieb der Monat April hier unberücksichtigt.

Die Temperaturen wurden wie beim Hintereisferner für
übergreifende sechs Dekaden mit den Haushalten korreliert,
um die Witterungsabhängigkeit der Bilanzen dieser 14 Jahre
zeitlich fixieren zu können.

TABELLE 1.22

Storglaciären: Dekaden- und Monatsmittel der Temperatur
in 500 mb

	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
1. Dekade	-24.4	-26.7	-32.2	-27.7	-31.3	-29.6	-25.5
2. "	-27.3	-26.6	-30.4	-24.8	-25.5	-28.2	-26.1
3. "	-29.3	-20.6	-27.2	-25.1	-25.7	-24.0	-26.1
Mai	-27.0	-24.6	-29.9*	-25.9	-27.5	-27.3	-25.9
1. Dekade	-20.2	-29.0	-26.0	-21.7	-27.0	-26.0	-20.6
2. "	-15.9	-22.9	-28.3	-17.9	-23.5	-24.3	-24.1
3. "	-15.0	-19.7	-23.2	-23.9	-25.7	-19.2	-22.2
Juni	-17.0	-23.9	-25.8*	-21.2	-25.4	-23.3	-22.3
1. Dekade	-22.0	-17.9	-18.3	-17.4	-22.2	-18.7	-22.5
2. "	-18.7	-15.6	-17.3	-16.7	-15.3	-24.1	-18.3
3. "	-17.7	-17.4	-13.3	-17.4	-12.9	-17.6	-19.0
Juli	-19.5	-17.0	-16.3	-17.2	-16.8	-20.1	-19.9
1. Dekade	-20.5	-16.9	-21.0	-21.6	-20.1	-19.4	-20.1
2. "	-15.9	-19.7	-15.2	-22.0	-18.9	-16.4	-15.2
3. "	-20.4	-18.7	-17.9	-22.2	-21.6	-15.8	-20.3
August	-19.0	-19.4	-18.0	-21.0*	-20.2	-17.2	-18.5
1. Dekade	-25.0	-21.9	-19.0	-22.2	-22.3	-16.9	-19.9
2. "	-22.5	-24.8	-21.8	-22.9	-22.7	-19.9	-24.3
3. "	-21.8	-27.8	-22.0	-21.7	-27.3	-22.8	-24.8
September	-23.1	-24.8	-20.9	-22.3	-24.1	-19.9	-23.0
Mittel							
Mai - Sept	-21.1	-21.7	-22.2	-21.7	-22.8	-21.5	-21.9
Mittel							
Juni-Aug.	-18.5	-19.8	-20.0	-20.1	-20.8	-20.2	-20.2
	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
1. Dekade	-26.6	-27.1	-27.0	-25.3	-26.9	-25.8	-31.2
2. "	-25.4	-24.4	-27.4	-22.3	-27.3	-32.2	-22.9
3. "	-25.1	-27.0	-25.9	-22.9	-24.0	-28.6	-27.7
Mai	-25.7	-26.2	-26.8	-23.5	-26.1	-28.9	-27.3
1. Dekade	-23.0	-18.0	-28.2	-21.3	-24.7	-22.3	-23.1
2. "	-21.3	-22.4	-25.2	-26.2	-21.7	-22.9	-15.6
3. "	-17.7	-23.8	-22.5	-20.3	-19.3	-22.1	-20.9
Juni	-20.7	-21.4	-25.3	-22.6	-21.9	-22.4	-19.9
1. Dekade	-15.4	-20.6	-20.0	-21.1	-24.5	-23.3	-21.8
2. "	-16.4	-15.6	-22.2	-21.6	-19.9	-21.2	-17.7
3. "	-16.3	-18.3	-22.5	-18.5	-18.4	-19.5	-14.9
Juli	-16.0	-18.2	-21.6*	-20.4	-20.9	-21.3	-18.1
1. Dekade	-15.4	-19.0	-20.9	-15.3	-17.1	-21.6	-18.9
2. "	-17.1	-22.6	-21.9	-19.7	-22.8	-19.6	-23.3
3. "	-19.3	-19.9	-21.6	-20.0	-20.7	-18.9	-19.6
August	-17.3	-20.5	-21.5	-18.3	-20.2	-20.0	-20.6
1. Dekade	-22.5	-22.8	-23.4	-18.5	-21.4	-17.4	-21.4
2. "	-17.2	-20.0	-24.5	-25.3	-26.8	-22.7	-24.4
3. "	-21.6	-18.3	-19.0	-19.3	-25.9	-22.1	-29.5
Sept.	-20.4	-20.4	-22.3	-21.0	-24.7	-20.7	-25.1*

Fortsetzung von Tabelle 1.22

Mittel							
Mai - Sept.	-20.0	-21.3	-23.5	-21.2	-22.8	-22.7	-22.2
Mittel							
Juni - Aug.	-18.0	-20.0	-22.8	-20.4	-21.0	-21.2	-19.5

TABELLE 1.23

Korrelationen der Temperaturen in 500 mb mit den Massen-
haushalten des Storglaciären 1953 - 1966

1.5. - 30.6.: r = -0.45	21.6. - 20.8.: r = -0.72
11.5. - 10.7.: r = -0.67	1.7. - 1.8.: r = -0.69
21.5. - 20.7.: r = -0.73	11.7. - 10.9.: r = -0.48
1.6. - 31.7.: r = -0.70	21.7. - 20.9.: r = -0.42
11.6. - 10.8.: r = -0.69	1.8. - 30.9.: r = -0.34

Die Korrelation der 500 mb-Temperaturen mit den Massen-
haushalten des Storglaciären zeigt vom 11.5 - 31.8. eine
breite Spitze. Die beste Korrelation wird wie beim Hinter-
eisferner im Juli erreicht; der August ist in dieser hohen
Nordbreite schon ein Spätsommermonat, dessen Witterung schon
nicht mehr in so starkem Maße wie die des Juli für den
Massenhaushalt wirksam wird. Die Monatsmittel der 500mb -
Temperaturen korrelieren in folgender Weise mit den Massen-
haushalten des Storglaciären:

Mai :	r = -0.34
Juni :	r = -0.37
Juli :	r = -0.61
Aug. :	r = -0.44
Sept.:	r = -0.14

Die mittlere Massenbilanz des Storglaciären beträgt
für die vier Jahre 1958 - 61 -1057 mm, von 1962 bis 1965
+262 mm. Dem entspricht eine mittlere Temperatur in 500 mb
für Mai bis August von -21.3 bzw. -22.6°C. Noch deutlicher
wird der Unterschied, wenn man den Juli allein betrachtet:
Die Mitteltemperatur von 1958 bis 61 betrug in diesem Mo-

-18.6, im Zeitraum 1962 - 65 -21.1. Damit wird ein wesentlicher Unterschied im mittleren Witterungscharakter angedeutet. Die Temperaturabnahme ist am deutlichsten im Hochsommer, erstreckt sich aber fast über die gesamte Ablationsperiode. Für die einzelnen Monate gelten folgende Temperaturen:

TABELLE 1.24
Monatsmittel der Temperatur in 500 mb

	1958-61	1962-65	$\Delta t(62/65-58/61)$
Mai	-26.3	-26.3	0
Juni	-21.9	-23.0	-1.1
Juli	-18.6	-21.1	-2.5
August	-18.4	-20.0	-1.6
September	-20.9	-22.2	-1.3

In Abb. 1.21 wurden die Temperaturabweichungen vom achtjährigen Mittel für die einzelnen Jahre graphisch dargestellt.

TABELLE 1.25

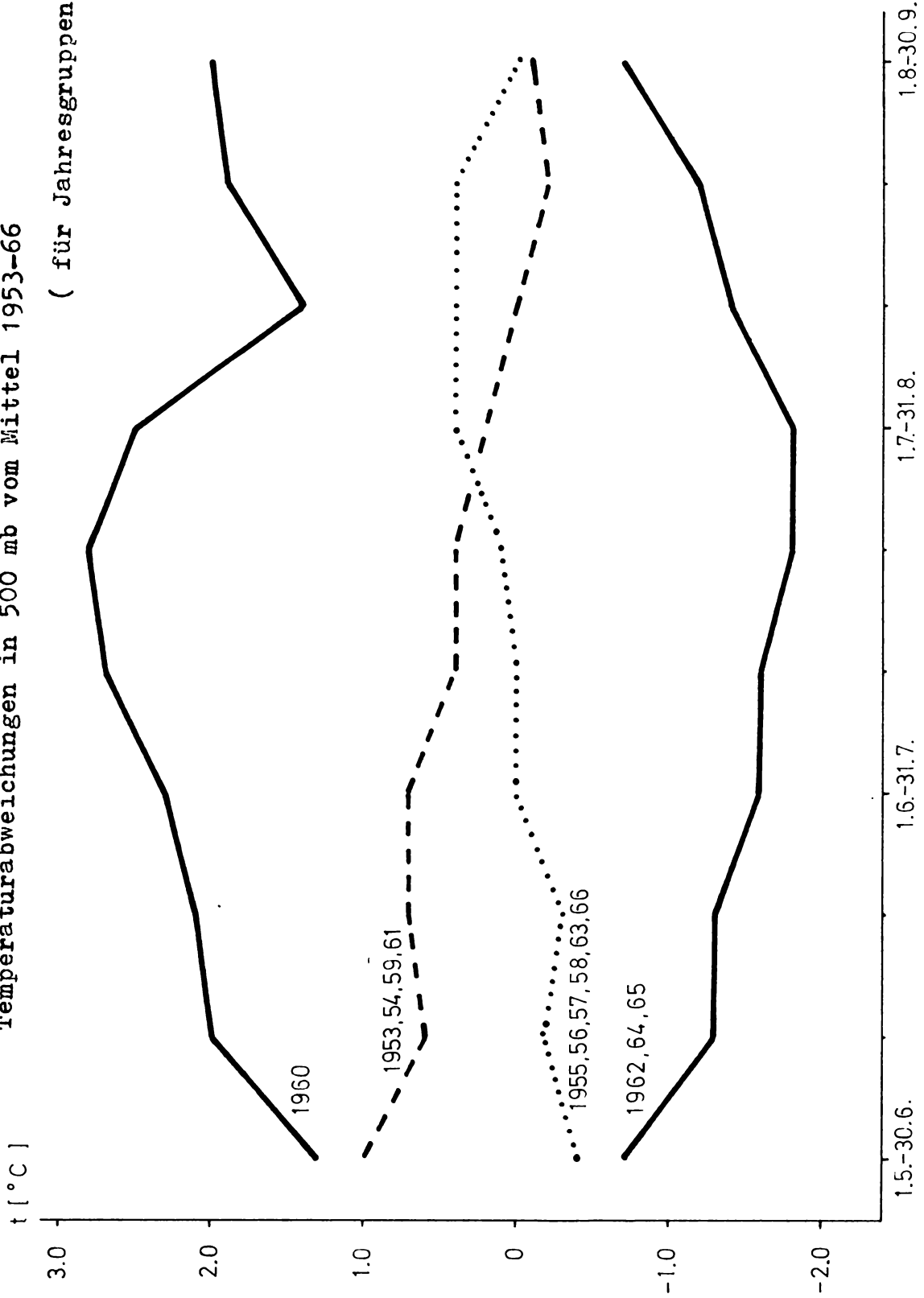
Storglaciären: Temperaturabweichungen in 500 mb vom Mittel
1953 - 66 in Zehntelgraden
Die Jahre sind nach den Bilanzen geordnet,
beginnend mit dem positivsten Haushalt

	1964	65	62	55	63	57	56	66	58	53	59	54	61	60
1.5.-30.6.	+5	-11	-15	-33	+15	-19	+10	+9	-7	+25	+4	+3	+7	+13
11.5.-10.7.	-3	-19	-16	-23	+10	-16	+5	+13	-1	+17	-3	+5	+6	+20
21.5.-20.7.	-4	-15	-21	-15	-3	-13	+15	+8	-8	+17	-4	+10	+7	+21
1.6.-31.7.	-8	-12	-28	-4	-9	-5	+14	+16	-10	+24	-5	+2	+9	+23
11.6.-10.8.	-3	-20	-24	-4	-7	-1	+7	+15	-7	+15	-12	+14	-1	+27
21.6.-20.8.	-10	-19	-24	+13	-1	+1	-5	-3	+1	+10	-2	+14	-7	+28
1.7.-31.8.	-14	-15	-24	+20	-2	+6	-4	-2	+5	-1	-1	+14	-2	+25
11.7.-10.9.	-8	-5	-29	+19	+3	+7	-11	-1	+8	-5	+4	+8	-5	+14
21.7.-20.9.	-13	0	-24	+19	+4	+2	-15	-5	+22	-4	+1	0	-5	+19
1.8.-20.9.	-16	+5	-11	+14	+12	-13	-13	-20	+23	-2	+1	-8	+4	+20

Storglaciären:

Temperaturabweichungen in 500 mb vom Mittel 1953-66

(für Jahresgruppen normiert)



In Tabelle 1.25 werden wie für den Hintereisferner die Abweichungen der 500mb-Temperaturen übergreifender sechs Dekaden vom Mittel 1953-56 aufgeführt. Die Temperaturabweichungen einzelner Jahre - wie 1959 und 1961 - lassen eine Übereinstimmung mit den Haushaltsresultaten schwerlich erkennen (dabei dürfte 1961 der Vorjahreshaushalt ausschlaggebend gewesen sein, und zwar in der von Hoinkes (1955) beschriebenen Weise, daß nach der starken Ablation des Vorjahres frühzeitiger und extensiver Eisablation Vorschub geleistet wird). Um dennoch wesentliche Unterschiede herauszuarbeiten, wurden wieder Jahresgruppen auf Grund der Haushaltsgrößen gebildet, wobei folgende Einteilung gewählt wurde:

1. Positive Haushaltsjahre (1962, 64, 65)
2. Negative " -160 mm bis -630 mm (1955, 56, 57, 58, 63, 66)
3. " " -780 mm bis -1100 mm (1953, 54, 59, 61)
4. Stark negatives Haushaltsjahr (1960)

Die positiven Haushaltsjahre und das Jahr mit dem stark negativen Haushalt 1960 haben ihre stärksten Temperaturabweichungen in der Mitte der Ablationsperiode (Abb. 1.21). Dagegen treten bei den Gruppen 2 und 3 entscheidende Temperaturunterschiede besonders in der ersten Hälfte der Ablationsperiode auf. Ein warmer Frühsommer ist also ungünstiger für den Massenhaushalt als ein warmer Spätsommer. Das ist auch bei einem Vergleich des Jahres 1955 mit 1956 oder 1966 zu erkennen (Tab. 1.25). Demzufolge ist die Übereinstimmung der mittleren 500mb-Temperaturen des für den Zirkulationsvergleich zwischen allen Gletschern besonders interessanten Zeitraums Mai - Juli mit den Haushaltsresultaten recht gut (der Korrelationskoeffizient beträgt $r = -0.74$).

1.3. Blue Glacier und South Cascade Glacier

Wegen ihrer Übereinstimmung in der Größenordnung, Orientierung, Höhenlage sowie ihrer Nachbarschaft - der South Cascade Glacier liegt nur knapp 200 km östlich des Blue Glacier - können Blue Glacier und South Cascade Glacier gut miteinander verglichen werden (Crary, Field, Meier 1962). Beide liegen an der pazifischen Küste der USA in 48° N auf der Luvseite des Gebirges und erhalten infolge Stauwirkung der feuchten maritimen Luftmassen im Winter hohe Niederschlagsmengen, die für den Blue Glacier von La Chapelle (1965) mit 700 - 800 mm pro Monat angegeben werden. Die Sommermonate sind dagegen mit 50 - 100mm weit trockener, und die Jahressumme erreicht etwa 4000 mm. Der Massenumsatz an der Gletscheroberfläche ist entsprechend dem sehr maritimen Klima sehr groß, die accumulation and ablation rate (Meier 1962) beträgt im Hochwinter und -sommer +25 bzw. -25 mm Wasser pro Tag (La Chapelle 1965). Unter diesen Voraussetzungen sind die Gletscher als sehr aktiv zu bezeichnen, der Haushaltsgradient ("gradient of net budget", Meier 1962) beträgt nach Meier und Tangborn (1965) beim South Cascade Glacier 22 mm/m.

Neben diesen Bedingungen sind den beiden Gletschern die Fließrichtung nach Norden ebenso gemeinsam wie die ungefähre Höhenlage der Gleichgewichtslinie von 2050 m Meereshöhe (Meier und Tangborn 1965, La Chapelle 1965). Auch ihre Größe - beide sind kleine Talgletscher - ist mit 4.2 km^2 (Blue Glacier) und 2.6 km^2 (South Cascade Glacier) (Hoinkes 1964) nicht sehr unterschiedlich.

Blue Glacier und South Cascade Glacier hatten von 1957/58 bis 1964/65 folgende Bilanzen:

TABELLE 1.31

Massenhaushalte vom Blue Glacier und South Cascade
Glacier von 1957/58 bis 1964/65 (mean specific net budgets)

	Blue Glacier		South Cascade Glacier
1958	-1690 mm (La Chapelle 1965)		-3300 mm (Meier 1965)
1959	- 60 (La Chapelle 1965)		+ 700 (Meier 1965)
1960	- 40 "		- 500 "
1961	+ 710 "		-1100 "
1962	+ 450 "		+ 200 "
1963	- 340 "		-1300 "
1964	+ 900 (Schriftl. Mitt.)		+1200 "
1965	- 300 "		- 240 (Schriftl. Mitt.)

Die gute Übereinstimmung der beiden Gletscher hinsichtlich ihrer geographischen Lage, Exposition und Höhe der Gleichgewichtslinie, die geringe Distanz zwischen ihnen sowie die zu erwartende witterungsklimatische Einheitlichkeit lassen zumindest eine Parallelität des Bilanzverhaltens erwarten. Das ist in besonders krasser Weise im Jahr 1961 nicht der Fall. Die Haushalte beider Gletscher sind im Jahr 1958 stark negativ, 1959 wird der South Cascade Glacier deutlich positiv, der Blue Glacier bleibt in diesem wie auch im nächsten Jahr ausgeglichen, während der South Cascade Glacier 1960 mit einem Massendefizit abschließt. Am stärksten wird die Diskrepanz 1961: Die Bilanz des Blue Glacier ist positiv, diejenige des South Cascade Glacier stark negativ.

Witterungsunterschiede haben ihre Ursache wohl vor allem in der größeren Entfernung des South Cascade Glacier von der Küste. Bei auflandiger Luftströmung aus Westen liegt der Blue Glacier im Primärstau der "Olympic Range", der South Cascade Glacier im zweiten Stau des höheren Kaskadengebirges (Small 1966); bei küstenparalle-

Der Luftströmung befindet sich der Blue Glacier oft noch im Bereich maritimer, der South Cascade Glacier mehr trocken-kontinentaler Luftmassenadvektion. Die Diskrepanz der Massenhaushalte von 1959, 60 und 61 war die Veranlassung dafür, die Monatswerte von Temperatur und Niederschlag der beiden Stationen Tatoosh Island und Seattle-Tacoma zur Identifizierung regionaler Witterungsunterschiede zu verwenden. Es liegt nämlich Tatoosh Island der Küste vorgelagert nordwestlich des Blue Glacier und Seattle-Tacoma in der Senke zwischen den Küstengebirgen und der Kaskadenkette südwestlich des South Cascade Glacier. Im folgenden soll versucht werden, aus den Angaben von Temperaturabweichung und Niederschlag der beiden Stationen einen Hinweis auf das Verhalten der Massenhaushalte zu bekommen (die Daten entstammen den "Climatological Data", National summary, U.S. Department of Commerce, bis 1960 gelten die Mittel 1921-50, ab 1961 1931-60). Dabei wird die Station Tatoosh Island als stellvertretend für die Verhältnisse am Blue Glacier, Seattle-Tacoma für die am South Cascade Glacier angesehen. Angesichts der hohen Bedeutung der Witterung im Mai und Oktober für die Bilanz (La Chapelle 1965) wurden diese Zeitabschnitte besonders aufmerksam beachtet.

1958: In den Temperaturabweichungen spiegelt sich das Ausmaß der ungewöhnlich starken und langdauernden Ablation wider, die den sehr niedrigen Massenhaushalt 1957/58 bewirkte:

	Seattle	Tatoosh
Mai	+2.9°C	+1.4°C
Juni	+2.3	+2.4
Juli	+2.7	+0.9
Aug.	+1.7	+1.2
Sept.	+0.6	+1.0
Okt.	+1.2	+0.2

Die Ablationsperiode beginnt sehr früh und intensiv, die Niederschläge betragen im Mai-Juni in Seattle 63%, auf Tatoosh Island sogar nur 32% der Normalmenge. Einen Eindruck von dem bemerkenswerten Witterungswechsel von April zum Mai 1958 vermittelt der Anstieg der Temperaturen in 500 mb: Während das Monatsmittel des April bei -26.0° liegt, steigt es im Mai auf -16.4° . In der relativen Topographie zeigt die Karte 1958, 500/1000/2 im Bereich der Gletscher eine positive Abweichung von +15, was einer mittleren Abweichung der troposphärischen Mitteltemperatur von $+2.5^{\circ}$ für die Monate Mai bis Juli entspricht. 1959: Der Haushalt dieses Jahres ist beim Blue Glacier ausgeglichen, beim South Cascade Glacier jedoch mit +700 mm positiv.

	Seattle	Tatoosh
Temperaturabweichung Mai	-0.9°	$+0.1^{\circ}$
Niederschlag des Winters in% des Mittels Nov.- April	140%	125%
Niederschlag des Mai	100%	70%
Temperaturabw. Juni	-0.2°	$+0.6^{\circ}$

Die Temperaturabweichung des Sommers (Juli - Sept.) ist bei beiden Gletschern gering, und im Oktober fallen bei normalen Temperaturen 70 - 80% des mittleren Niederschlags.

Mit diesen Daten wird sowohl die Ausgeglichenheit des Haushaltes des Blue Glacier wie auch die positive Bilanz des South Cascade Glacier verständlich.

1960: Die Bilanzen des Haushaltsjahres stimmen nicht überein; der Haushalt des Blue Glacier ist mit -40 mm praktisch ausgeglichen, beim South Cascade Glacier mit -500 mm negativ.

Zunächst bringen Winter und Frühling beiden Stationen reichliche Niederschläge und der Frühling

negative Temperaturabweichungen (in Seattle von November bis April $N = 127\%$ und im Mai/Juni ebenfalls $= 127\%$ bei einem $\Delta t_{\text{Mai/Juni}} = -0.7^{\circ}\text{C}$; für Tatoosh lassen die entsprechenden Zahlen 100% , 134% mit $\Delta t = -0.5^{\circ}$), im Juli ist Seattle jedoch auffallend warm gegenüber Tatoosh mit $\Delta t = +1.6^{\circ}$ (Tatoosh: $\Delta t = -0.6^{\circ}$). Der Oktober ist etwas zu warm (Seattle $+0.6^{\circ}$, Tatoosh $+0.2^{\circ}$) und zu feucht.

1961: Dieses Jahr bringt die krassesten Unterschiede in den Massenbilanzen des Blue Glacier und South Cascade Glacier. Der Haushalt des Blue Glacier wird positiv mit $+710$ mm, beim South Cascade Glacier negativ mit -1100 mm mean specific net budget. Der hierfür verantwortliche Witterungsunterschied wird aus folgenden Daten deutlich:

	Seattle	Tatoosh
N (Nov. - April)	143%	127%
Δt Mai	-0.7°C	-0.1°C
Δt Juni	+2.0	+0.5
Δt Juli	+1.8	+0.9
Δt August	+2.9	+0.6
Δt September	0.0	-0.7
Δt Oktober	-0.5	-1.4
N Oktober	98%	115%

Beim Blue Glacier kann offensichtlich der nur schwach zu warme und kurze Sommer die große Winterakkumulation nicht zur Gänze abbauen, so daß das Haushaltsjahr einen Massenzuwachs bringt, zumal der Oktober zu kalt und zu feucht ist. Anders beim South Cascade Glacier. Zwar ist die Winterakkumulation auch sehr reichlich, doch sind alle Sommermonate so ungewöhnlich warm, daß die Ablation überwiegt (die Sommertemperatur Juni-August ist so hoch wie 1958). Erst der September hat wieder Durchschnittstemperatur, doch läßt seine geringe Niederschlags-

menge von nur 30% des Normalwertes noch antizyklonale Witterung vermuten, und auch der Niederschlag und die Temperatur des Oktober sind nicht geeignet, an der hohen Gesamtablation etwas zu ändern.

1962: Beim Blue Glacier und South Cascade Glacier schließt dieses Haushaltsjahr positiv ab, und zwar mit +450 bzw. +200 mm Wasseräquivalent. Der Grund hierfür ist ohne Zweifel die Kürze der Ablationsperiode, welche die zu geringe Winterakkumulation nicht abzuschmelzen vermag. Die Niederschlagsmenge von November bis April beläuft sich auf Tatoosh Island auf 91%, in Seattle auf 80% des Normalwertes. Bis zum Juli bleiben die Niederschläge unternormal, erst der August hat einen außerordentlichen Niederschlagsüberschuß (Seattle 230%, Tatoosh 240%). Folgende Temperaturabweichungen wurden festgestellt:

	Seattle	Tatoosh
Mai	-2.4°C	-1.0°C
Juni	+0.3	-1.1
Juli	-0.2	-0.8
August	-0.6	+0.1
September	+0.4	-0.4
Oktober	+0.4	+0.3

Während Tatoosh bis in den Hochsommer mäßig kühl bleibt, hat Seattle ein großes Wärmedefizit im Mai und sonst nur geringe Temperaturabweichungen.

1963: Nach einem Winter mit etwa normaler Akkumulationsmenge setzt schon frühzeitig die Ablationsperiode ein, die durch den warmen September und Oktober bis in den Herbst hineinreicht. Dementsprechend sind die Massenhaushaltsdaten negativ (SC -1300 mm, BL -340 mm). Der Unterschied in den Haushalten

ist möglicherweise im Unterschied der Temperaturabweichungen und des Niederschlags im Mai zu suchen. Es wurden folgende Werte beobachtet:

	Seattle	Tatoosh
N Nov. - Apr.	112%	100%
Δt Mai	+1.5°C	+0.4°C
N Mai	60%	100%
Δt Juni- Aug.	0.0	+0.8
Δt September	+2.6	+1.9
Δt Oktober	+1.4	+1.2
N Oktober	152%	165%

1964: In diesem Haushaltsjahr schafften ein zu kalter Frühling und ein etwas zu kühler Sommer, eine zu große Winterakkumulation und ein trockener Oktober günstige Voraussetzungen für die westamerikanischen Gletscher:

	Seattle	Tatoosh
N Nov.- Apr.	127%	120%
Δt Mai	-1.3°C	-1.7°C
Δt Juni	-1.1	-0.7
Δt Juli - Sept.	-0.3	-0.3
N Oktober	29%	56%

1965: Das Haushaltsjahr 64/65 endet am Blue Glacier mit -300 mm, am South Cascade Glacier mit -240 mm. Seattle und Tatoosh hatten folgende Temperaturabweichungen und Niederschlagswerte:

	Seattle		Tatcosh Island	
	Δt	N	Δt	N
Nov.- Apr.		116%		91%
Mai	-2.0°	93%	-1.2°	112%
Juni	+0.6	37	-0.7	30
Juli	+1.6	48	-0.4	30
August	+0.9	229	-0.2	120
September	-0.8	23	-1.1	33
Oktober	+2.2	69	+1.0	133

Nach diesen Werten muß die Oktoberwitterung für die leicht negativen Haushalte verantwortlich gemacht werden.

Wie für Hinterseeferner und Storglaciären wurden auch für das Gebiet des Blue Glacier und des South Cascade Glacier die Temperaturen an der 500mb-Fläche mit den Haushaltsdaten verglichen. Dazu wurden die Radiosondennmessungen der aerologischen Station Tatoosh Island benützt. An Tagen mit fehlender Angabe wurde mit Hilfe umliegender Stationen (Seattle, Portland, Salem, Spokane) interpoliert.

TABELLE 1.32

Dekaden- und Monatsmittel der Temperatur in 500 mb für
Tatoosh Island

	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
1. Dekade	-27.5	-22.2	-20.2	-20.7	-21.3	-27.4	-23.1	-24.8
2. "	-23.3	-23.0	-27.2	-23.7	-20.3	-27.5	-24.7	-22.0
3. "	-27.1	-21.8	-26.9	-22.8	-25.0	-24.0	-21.6	-21.8
April	-26.0	-22.3	-24.8	-22.3	-22.2	-26.3 st	-23.8	-22.9
1. Dekade	-18.3	-22.6	-21.4	-24.8	-25.2	-30.6	-23.2	-26.4
2. "	-16.4	-18.9	-22.8	-18.6	-23.1	-20.6	-22.3	-19.5
3. "	-14.6	-22.0	-25.9	-20.0	-19.4	-15.9	-20.1	-19.0
Mai	-16.4	-21.2	-23.4 [*]	-21.1	-22.6	-22.4	-21.9	-21.6
1. Dekade	-17.2	-19.7	-16.0	-14.7	-21.2	-17.6	-17.7	-13.3
2. "	-12.4	-18.7	-17.2	-13.4	-16.6	-12.8	-17.7	-16.7
3. "	-13.5	-17.7	-14.9	-16.1	-17.8	-19.6	-18.5	-17.2
Juni	-14.4	-18.7 [*]	-16.0	-14.7	-15.2	-16.7	-18.0	-15.7
1. Dekade	-13.5	-17.3	-14.7	-16.1	-19.9	-18.7	-14.4	-14.9
2. "	-10.2	-9.9	-12.2	-9.8	-16.3	-15.2	-13.8	-15.2
3. "	-8.4	-12.1	-12.2	-12.0	-12.4	-14.8	-12.7	-14.3
Juli	-10.7	-13.1	-13.0	-12.6	-16.2 st	-15.9	-13.6	-14.8
1. Dekade	-10.7	-13.1	-10.7	-11.4	-16.1	-14.4	-14.4	-11.5
2. "	-10.8	-14.7	-13.5	-12.2	-14.1	-15.5	-11.3	-12.6
3. "	-10.2	-14.0	-17.6	-12.5	-13.6	-16.6	-12.6	-15.2
August	-10.6	-13.9	-13.9	-12.0	-14.6	-15.5 st	-12.8	-13.1
1. Dekade	-13.6	-13.7	-15.9	-14.6	-9.7	-11.7	-16.5	-14.7
2. "	-16.8	-16.0	-14.7	-12.8	-16.7	-15.7	-15.6	-13.6
3. "	-15.1	-17.5	-14.0	-17.3	-14.3	-11.9	-11.8	-13.9
September	-15.2	-15.7 st	-14.9	-14.9	-13.6	-12.9	-14.6	-14.1

Fortsetzung Tabelle 1.32

	1958	1958	1960	1961	1962	1963	1964	1965
1. Dekade	-14.1	-17.2	-15.6	-16.7	-21.3	-19.9	-14.9	-14.8
2. "	-16.6	-14.9	-15.8	-16.3	-19.4	-17.3	-18.3	-19.5
3. "	-18.0	-17.6	-18.6	-23.6	-12.3	-23.7	-18.0	-15.7
Oktober	<u>-16.2</u>	-16.6	-16.7	-18.9	-17.7	-20.3*	-17.1	-16.7
Mittel								
Apr.-Okt.	<u>-15.6</u>	-17.4	-17.5	-16.6	-17.4	-18.6*	-17.4	-17.0

Es ist sofort zu erkennen, daß das Temperaturmittel der ganzen Ablationsperiode mit dem Verlauf der Massenbilanzen eine nur geringe Übereinstimmung aufweisen kann.

Die einzelnen Monate korrelieren mit den Haushalten des Blue Glacier und South Cascade Glacier in folgender Weise:

TABELLE 1.33

Korrelationen der Massenhaushalte mit den 500mb-Temperaturen der Monate Mai bis Oktober

	South Cascade	
	Glacier	Blue Glacier
Mai	$r = -0.71$	$r = -0.72$
Juni	-0.72	-0.35
Juli	-0.47	-0.42
August	-0.49	-0.20
September	+0.01	+0.12
Oktober	+0.09	-0.29

Nach Ia Chapelle (1965) ist die Witterung des Mai und des Oktober besonders kritisch für den Massenhaushalt. In den acht Jahren von 1958 bis 1965 ist der Mai ausschlaggebender gewesen als der Oktober. Der Abfall der Korrelation im Juni beim Blue Glacier hat beim South Cascade Glacier keine Parallele. Ebenso zeigt der Oktober nur beim Blue

Glacier einen schwachen Zusammenhang mit dem Haushalts-
ergebnis. Wegen dieser Gegebenheiten erstrecken sich die
laufend-übergreifenden Korrelationen der Temperaturen mit
den Bilanzen nicht wie beim Storglaciären und Hintereis-
ferner auf jeweils sechs, sondern nur auf vier Dekaden.

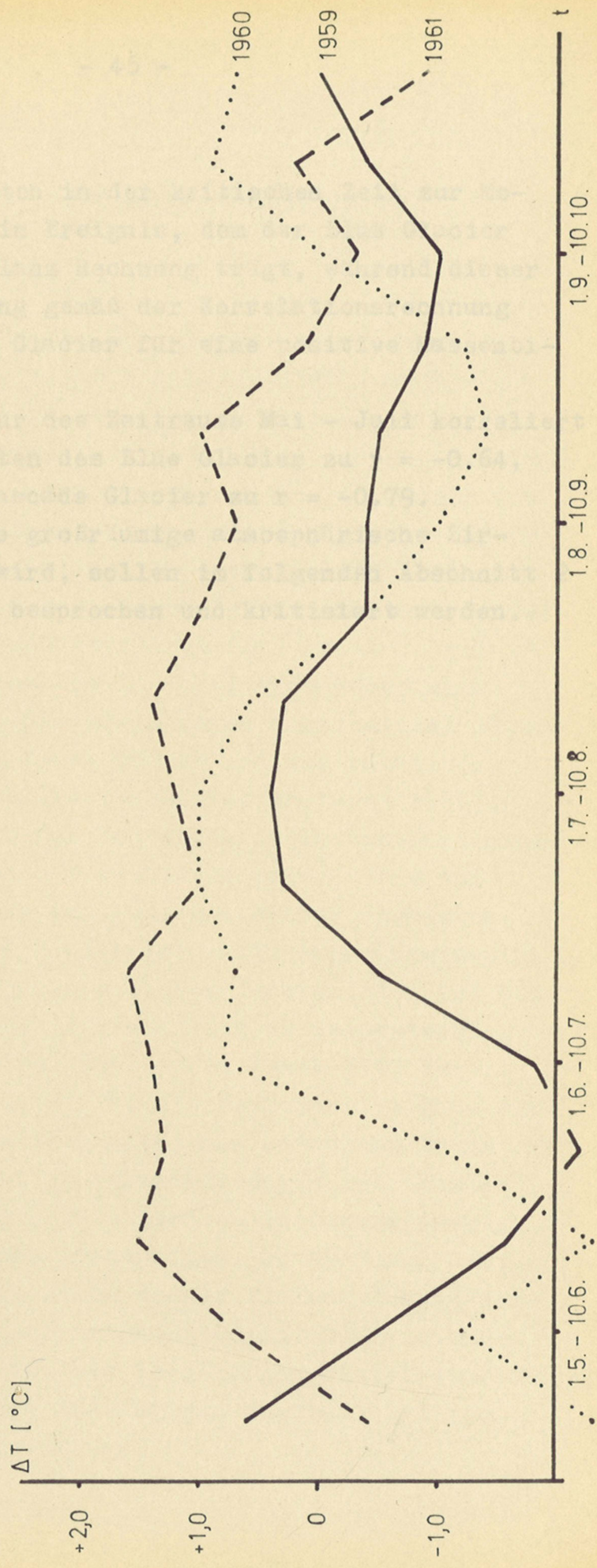
TABELLE 1.34

Korrelation übergreifender vier Dekadenmittel der Tempe-
ratur in 500 mb mit den Bilanzwerten

South Cascade		
	Glacier	Blue Glacier
1.4. - 10.5.	r = +0.43	r = +0.35
11.4. - 20.5.	-0.09	-0.24
21.4. - 31.5.	-0.49	-0.55
1.5. - 10.6.	-0.74	-0.69
11.5. - 20.6.	-0.80	-0.59
21.5. - 30.6.	-0.90	-0.62
1.6. - 10.7.	-0.74	-0.49
11.6. - 20.7.	-0.75	-0.55
21.6. - 31.7.	-0.54	-0.47
1.7. - 10.8.	-0.52	-0.46
11.7. - 20.8.	-0.54	-0.43
21.7. - 31.8.	-0.53	-0.41
1.8. - 10.9.	-0.63	-0.47
11.8. - 20.9.	-0.40	-0.13
21.8. - 30.9.	-0.22	-0.04
1.9. - 10.10.	-0.22	-0.20
11.9. - 20.10.	-0.13	-0.12
21.9. - 31.10.	-0.17	-0.25

Die Bilanzen des South Cascade Glacier korrelieren
durchwegs besser mit der 500mb-Temperatur als die des
Blue Glacier. Die besten Beziehungen treten bei beiden
Gletschern eindeutig im Mai/Juni auf (die Sommertempe-
raturen in 500 mb von Juni bis August korrelieren beim
Blue Glacier nur zu $r = -0.46$, beim South Cascade Glacier
zu $r = -0.69$ mit den Massenhaushalter). Das verdeutlicht
auch Abb. 1.31, wo nach dem beim Hintereisferner und
Storglaciären geübten Beispiel nach den Haushaltsgrößen

Tatoosh Island: Temperaturabweichungen in 500 mb



Temperaturanstieg mitten in der kritischen Zeit zur Monatswende Mai/Juni, ein Ereignis, dem der Blue Glacier mit ausgeglichener Bilanz Rechnung trägt, während dieser Zeitpunkt der Erwärmung gemäß der Korrelationsrechnung für den South Cascade Glacier für eine positive Massenbilanz zu früh ist.

Die 500mb-Temperatur des Zeitraums Mai - Juli korreliert mit den Massenhaushalten des Blue Glacier zu $r = -0.64$, mit jenen des South Cascade Glacier zu $r = -0.79$.

Bevor näher auf die großräumige atmosphärische Zirkulation eingegangen wird, sollen im folgenden Abschnitt 2 die erstellten Karten besprochen und kritisiert werden.

2. DAS KARTENMATERIAL - AUSWAHL UND BEURTEILUNG

2.1. Die langjährigen Mittel

Nachdem bereits 1953 die Normalwerte des Luftdrucks auf der Nordhemisphäre für die Periode 1900 - 1939 vom Meteorologischen Institut der Freien Universität Berlin veröffentlicht worden sind (Meteorol. Inst. FU Berlin 1953) folgten 1958 in einer Dissertation von Ingrid Jacobs die 40-jährigen Monatsmittel der absoluten Topographie 1000 und 500 mb sowie der relativen Topographie 500/1000 mb für dieselbe "Normalperiode" (Jacobs 1958). Weitere Mittelkarten sind in den "Großwetterlagen (GWL) Mitteleuropas" des deutschen Wetterdienstes im Jahre 1960 veröffentlicht worden, und zwar die 10-jährigen Monatsmittel 1949 - 58 der absoluten Topographie 500 mb und der relativen Topographie 500/1000 mb (Deutscher Wetterdienst 1960), die leider den Nachteil der Ungleichheit in den Kartenausschnitten bei absoluter und relativer Topographie aufweisen. Seit 1963 stehen nun auch die weiter ergänzten, noch nicht publizierten 15-jährigen Mittel zur Verfügung. Ein weiterer kleiner Nachteil dieser Terminmittel ist die international vereinbarte Änderung des Aufstiegstermins. Bis März 1957 galt der 03^h GMT-, seit April 1957 der 00^h-Termin, eine Inhomogenität, die besonders im Raum der westamerikanischen Hochflächen bei der relativen Topographie sicherlich nicht zu vernachlässigen ist. Die in den GWL Mitteleuropas veröffentlichten Abweichungswerte basieren bis 1962 auf dem 10-jährigen, ab 1963 auf dem 15-jährigen Mittel. Angesichts dieser kleinen Inhomogenitäten und insbesondere auf Grund des nicht ausreichenden Kartenausschnittes der 10- bis 15-jährigen Mittel 500/1000 mb schien die Verwendung der 40-jährigen Monatsmittel von Jacobs praktisch und angemessen.

Wenn diese in weiten Gebieten auch nur auf die fünfjährigen Meßreihen von 1949 bis 53 zurückblicken können, so stellen sie überdies eine sorgfältige Überarbeitung der "Normal Weather Charts" (US Weather Bureau 1952) dar, die erstmals mittlere Höhenkarten für 500 mb, 700 mb und 700/1000 mb aller zwölf Monate und eines 20-jährigen Zeitraumes enthielten. Die Jacobs'sche Publikation hat des weiteren den Vorteil, daß 1000-, 500- und 500/1000 mb für dieselbe Periode 1900 bis 1939 gelten, aufeinander abgestimmt und so untereinander homogen sind. Da die Werte nicht terminbezogen, sondern als Tagesmittel zu verstehen sind, können strenggenommen nur bei genügender Kenntnis tagesperiodischer Druckschwankungen in der Höhe Terminmittel mit diesen 40-jährigen Mitteln verglichen werden (Jacobs 1958).

2.2. Die aktuellen Mittel

Als aktuelle Monatsmittel wurden die ebenfalls vom deutschen Wetterdienst in den GWL Mitteleuropas veröffentlichten Karten ausgewählt, die die mittlere Zirkulation jeden Monats und ab 1961 die zugehörigen Gitternetzwerke für 500 und 500/1000 mb enthalten. Diese Monatsmittelkarten werden aus täglichen Terminbeobachtungen errechnet, und zwar für die absolute und relative Topographie aus dem seit April 1957 üblichen 0^h GMT-Aufstiegstermin. Die Nichtberücksichtigung des Tagesgangs der absoluten und relativen Topographie sowie die infolge der Tageserwärmung auftretenden Reduktionsunzulänglichkeiten erschwerten den Vergleich mit den 40-jährigen Mitteln.

2.3. Zur Konstruktion der Abweichungskarten

Die Abweichungen der relativen Topographie 500/1000 mb

Sehr unangenehm wirkten sich die Reduktionsmängel bei der Erstellung der Abweichungskarten der relativen Topographie aus, wo beim Vergleich der aktuellen Monatsmittel des Sommers mit den Jacobs'schen Mitteln im westlichen Nordamerika sehr große positive Abweichungen auftraten, die eine Korrektur unumgänglich machten. Die Ursache liegt bei den auf Terminen basierenden aktuellen Monatsmitteln. Dem international vereinbarten 00^h GMT-Aufstiegstermin entspricht auf 120° W die mittlere Ortszeit 16^h, also eine Zeit, zu der die Temperatur nahe dem täglichen Maximum ist. Im Winter ist der Fehler gering, im Sommerhalbjahr jedoch werden die Hochplateaus der Rocky Mountains, wo sich einige bedeutende Aufstiegsstationen auf über 1000 m Seehöhe befinden, so stark aufgeheizt, daß mit einer erheblich zu hohen Temperatur die Topographie 1000 mb berechnet wird und die relative Topographie sehr groß erscheint. Die Diskrepanz zwischen den über 24 Stunden gemittelten und den Terminwerten verdeutlicht ein Vergleich von den in den GWL Mitteleuropas verwendeten 10-jährigen Mitteln, die die Termine 03^h und 00^h GMT zugrundelegen und den Jacobs'schen Tagesmitteln.

TABELLE 2.31

Werte der relativen Topographie 500/1000 bei 40°N/110°W

Monat	40-jähr. Mittel	10-jähr. Mittel	40-jähr. minus 10-jähr. Mittel
Januar	541 gpdm	540 gpdm	+1 gpdm
Februar	540	543	-3
März	545	546	-1
April	553	557	-4
Mai	563	567	-4
Juni	571	579	-8

Fortsetzung v. Tabelle 2.31

Juli	576 gpdm	587 gpdm	-11 gpdm
August	575	585	-10
September	571	578	- 7
Oktober	562	566	- 4
November	550	551	- 1
Dezember	544	544	0

Im Winter unterscheiden sich die Mittel nur wenig oder gar nicht, von Juni bis September aber sind die Beträge außerordentlich groß. In Anbetracht dieser großen Diskrepanzen ist es verständlich, daß schon eine so kleine Terminverschiebung wie die von 03^h auf 00^h GMT merkliche Effekte hervorrufen kann. Beim 10-jährigen Mittel beruhen im Sommer neun Monatsmittel auf dem Termin 20^h Ortszeit (auf 105°W), einer auf 17^h, beim 15-jährigen Mittel aber bereits sechs auf 17^h. Man kann also annehmen, daß das 15-jährige Mittel der Schichtdicke 500/1000 größer ist als das 10-jährige, ein Umstand, der mit folgender Tabelle bestätigt werden kann.

TABELLE 2.32

Ein Vergleich von 10- und 15-jährigen Mittelwerten der relativen Topographie 500/1000 im westlichen und östlichen Nordamerika für den Monat Juli

Gitternetzpunkt	500/1000 10-jähr.	500/1000 15-jähr.
35° N/110° W	588.6 gpdm	589.1 gpdm
40° N/110° W	587.0	587.6
35° N/ 80° W	575.3	574.9
40° N/ 80° W	572.2	571.6

Im westlichen Nordamerika liegt das 15-jährige Mittel infolge der Terminverschiebung höher als das 10-jährige, im Osten dagegen spielt die Terminverschiebung eine nur geringe Rolle; das 15-jährige Mittel ist niedriger.

Offenkundig wurden die Reduktionsmängel auch bei einem Vergleich sommerlicher Monatsmittel der 500mb-Topographie, Bodendruck und relativer Topographie 500/1000 mb, die außerordentlich schlecht untereinander harmonierten.

Die Monatsmittel des Bodendrucks beruhen auf 12^h GMT, also in 120° W auf der Ortszeit 04^h. Wenn man mit diesen Bodendruckwerten die 1000 mb-Topographie berechnet, erhält man einen über dem Tagesdurchschnitt liegenden Wert, weil jetzt umgekehrt durch die nächtliche Abkühlung die Reduktion des Luftdrucks von den hochgelegenen Stationen auf Meeresniveau einen hohen Wert resultieren läßt. Die absolute Topographie 500 mb ist im Monatsmittel des Termins 17^h Ortszeit ebenfalls gegenüber dem Tagesmittel zu hoch, so daß bei der Ermittlung der relativen Topographie 500/1000 mb anhand der mittleren Bodendruck- und 500mb-Werte durch gegenseitige **Kompensation** ein nahe dem Tagesmittel liegender Wert gewonnen werden kann. Diese Neuberechnung der relativen Topographie wurde für 24 Schnittpunkte des Gitternetzes im westlichen Nordamerika zwischen 35 und 60° N durchgeführt.

Als Beispiel diene wieder der Punkt 40° N/110° W, an dem die relativen Topographien nach Neuberechnung folgendermaßen zu korrigieren waren:

TABELLE 2.33

Korrektionsbeträge für 500/1000 mb und 40°N/110°W
in gpdm

Jahr	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
1958	-1	-6	-9	-9	-9	-6
1959	-1	-5	-8	-9	-8	-4
1960	-4	-4	-8	-9	-9	-8
1961	-3	-6	-10	-9	-9	-6
1962	-4	-5	-8	-9	-9	-8
1963	-3	-7	-9	-10	-8	-8
1964	-3	-6	-6	-10	-8	-8
1965	-3	-4	-6	-8	-8	-6
Mittel	-3	-5	-8	-9	-8	-7

Tatsächlich kommt man mit den mittleren Korrektionsbeiträgen den in Tab. 2.31 notierten Differenzen zwischen 10- und 40-jährigen Mittel so nahe, daß man diese Art der Korrektur - durch Neuberechnung mit Hilfe der Bodenwerte - wohl als hinlänglich genau ansehen darf.

2.4. Die Abweichung der absoluten Topographie 500 mb

Zur Überprüfung der 500mb-Abweichungen wurde zunächst die Differenz zwischen dem Offenbacher 10-jährigen Mittel 1949-58 und dem Jacobs'schen 40-jährigen Mittel für den Sommer (Juni + Juli + August) gebildet (zu Beginn des Kartenanhangs, als ΔH_{500} bezeichnet). Das Bemerkenswerteste ist die gürtelförmige Anordnung negativer und positiver Differenzen. Negative Differenzen finden sich vornehmlich zwischen 55 und 60°N sowie über Südosteuropa - Schwarzes Meer, positive zwischen 35 und 50°N und in hohen Breiten. Diese Figuration der Isolinien läßt eine Abweichungssystematik, wie sie bei einem Vergleich von Termin- und Tagesmitteln zu erwarten ist, vermissen. Die Unterschiede in der Stärke der Zonalzirkulation in mittleren Breiten sind erheblich, eine Betonung des Low Index Typs im 10-jährigen Mittel mit negativer Anomalie in mittleren und Drucküberschuß in hohen Breiten ist unverkennbar.

Zur weiteren Überprüfung wurden aus den Karten 500/3 (d.h. 500 mb, Juni + Juli + August) für die acht Jahre die Längennittel von 120°W bis 50°E zwischen 35° und 60°N gebildet.

TABELLE 2.41

Längenmittel der Abweichungen in 500 mb für 120°W bis 50°E und zwischen 35° und 60°N (Juni + Juli + August)

Länge	1958	59	60	61	62	63	64	65	Mittel
120°W	2.0	-2.8	1.5	11.7	-3.7	-5.2	-4.7	-1.8	-0.4
110	- 2.0	0.8	4.3	16.8	1.5	2.3	1.7	1.0	3.3
100	- 8.3	1.3	2.7	9.5	3.3	8.7	1.7	-0.3	2.3
90	-14.0	2.3	-0.5	0.7	2.3	6.3	-0.3	-4.5	-1.0
80	-13.2	3.2	-3.5	- 3.3	-0.5	-1.3	-4.7	-10.8	-4.3
70	- 7.2	4.7	-3.2	- 2.3	-1.2	-3.7	-5.0	-6.5	-3.0
60	- 2.2	4.7	-0.2	0.7	-0.3	-3.5	-3.8	-2.7	-0.9
50	- 0.7	3.0	4.2	3.0	3.3	-0.3	1.0	3.7	2.1
40	- 1.2	1.2	5.8	8.0	3.7	4.0	3.7	4.0	3.6
30	- 5.3	1.3	3.8	8.3	0.7	4.0	2.0	-1.7	1.6
20	- 8.7	2.0	0.2	6.8	-0.3	-1.2	0.3	-5.5	-0.8
10	- 7.2	6.0	-2.7	3.5	1.7	-6.8	0.2	-5.7	-1.4
0	- 3.3	7.8	-3.7	0.2	0.8	-5.5	0.2	-5.5	-1.1
10°E	1.3	7.2	-1.5	- 2.0	-1.8	0.0	1.8	-4.2	0.1
20	0.3	2.2	-1.0	- 4.8	-6.5	2.2	1.0	-5.7	-1.5
30	- 4.3	-1.0	-2.7	- 4.3	-7.7	-0.8	-2.8	-7.7	-2.9
40	- 3.7	-1.3	-1.8	- 2.2	-5.5	-5.3	-2.3	-3.8	-3.2
50	- 1.0	-3.2	-2.2	- 3.3	-5.7	-7.8	-4.5	-2.8	-3.8

Auch in den Längenmitteln der 500mb-Abweichungen sind die terminbezogenen systematischen Abweichungen überlagert, und zwar hier von einer etwa 60 Längengrade betragenden Periodizität, über deren Charakter in Anbetracht der Kürze des achtjährigen Zeitraums keine Aussagen möglich sind.

2.5. Ein Vergleich der Abweichungen von Bodendruck, relativer und absoluter Topographie

Zur weiteren Überprüfung der Abweichungswerte der absoluten und relativen Topographie wurden einige Bodendruckabweichungen herangezogen, und zwar beziehen sich zum Zwecke der Homogenität die Druckabweichungen im Meeresniveau auf die 40-jährigen Mittel der Höhe der 1000 mb-Topographie von Jacobs (1958). In der folgenden Tabelle wurden daher die sommerlichen Abweichungswerte

(Juni + Juli + August) verschiedener Jahre und Breiten von 500 mb, 500/1000 und Bodendruck herausgeschrieben, aus der Bodendruckabweichung die 1000mb-Abweichung und damit die Abweichung der relativen Topographie 500/1000 mb (Δr) ermittelt und die Differenz zu den entsprechenden Kartenwerten der relativen Topographie $\Delta r'$ gebildet. Es ist anzunehmen, daß aufgrund der 12-stündigen Terminversetzung von Bodendruck und Topographie das berechnete Δr nahe dem wahren, auf Tagesmittel bezogenen, Wert liegt. Da Δr und $\Delta r'$ unabhängig voneinander errechnet wurden, ist eine Aussage über die von den Karten zu erwartende Genauigkeit gegeben.

TABELLE 2.51

Vergleich der Abweichungen in 500 mb, 500/1000 und 1000 mb für verschiedene Breiten und Jahre. Es gilt jeweils die Monatskombination Juni + Juli + August.

	ΔH_{500} Abweichung in 500 mb	$\Delta r'$ Kartenwert 500/1000	Δp_0 Abweichung des Bodendrucks	ΔH_{1000} Abweichung in 1000 mb	Δr Berechnete Abweichung	$\Delta r' - \Delta r$
Länge	ΔH_{500}	$\Delta r'$ 1961	Δp_0 35°N	ΔH_{1000}	Δr	$\Delta r' - \Delta r$
120°W	7	7	0	0	7	0
110	13	7	7	6	7	0
100	4	-1	5	4	0	-1
90	-6	-7	6	5	-11	4
80	-3	-3	3	2	-5	2
70	4	2	3	2	2	0
60	8	4	4	3	5	-1
50	11	5	5	4	7	-2
40	11	4	6	5	6	-2
30	8	3	5	4	4	-1
20	6	5	2	2	4	1
10	3	6	-2	-2	5	1
0	4	2	-3	-2	6	-4
10°E	5	-3	7	6	-1	-2
20	1	-5	4	3	-2	-3
30	-1	1	-8	-7	6	-5
40	2	1	-9	-8	10	-9
50	2	-4	-6	-5	7	-11

40°N Jahr 1962

Länge	ΔH_{500}	$\Delta r'$	Δp_0	ΔH_{1000}	Δr	$\Delta r' - \Delta r$
120°W	2	- 3	4	3	- 1	- 2
110	6	3	3	2	4	- 1
100	3	3	0	0	3	0
90	- 1	- 4	3	2	- 3	- 1
80	- 2	- 1	6	5	- 7	6
70	- 3	- 2	0	0	- 3	1
60	- 3	0	- 4	- 3	0	0
50	6	6	- 1	- 1	7	- 1
40	9	9	0	0	9	0
30	8	2	6	5	3	- 1
20	6	2	5	4	2	0
10	10	6	4	3	7	- 1
0	12	8	2	2	10	- 2
10°E	10	3	5	4	6	- 3
20	3	- 1	- 1	- 1	4	- 5
30	- 1	- 2	- 2	- 2	1	- 3
40	2	0	- 3	- 2	4	- 4
50	0	- 8	8	7	- 7	- 1

45°N Jahr 1963

130°W	-10	-11	1	1	-11	0
120	-10	-11	- 1	- 1	- 9	- 2
110	7	6	- 2	- 2	9	- 3
100	11	14	- 5	- 4	15	- 1
90	7	2	4	3	4	- 2
80	- 2	1	2	2	- 4	5
70	- 7	0	- 4	- 3	- 4	4
60	- 5	0	- 7	- 6	1	- 1
50	2	4	- 6	- 5	7	- 3
40	11	10	0	0	11	- 1
30	9	6	1	1	8	- 2
20	6	2	3	2	4	- 2
10	- 4	- 5	1	1	- 5	0
0	- 7	- 6	- 1	- 1	- 6	0
10°E	0	0	- 6	- 5	5	- 5
20	2	1	- 4	- 3	5	- 4
30	0	- 4	3	2	2	- 6
40	- 6	-11	3	2	- 8	- 3
50	-12	-15	3	2	-14	- 1

Länge	ΔH_{500}	$\Delta r'$	Δp_0	ΔH_{1000}	Δr	$\Delta r' - \Delta r$
50°N Jahr 1964						
150°W	-13	-6	-12	-10	-3	-3
140	-20	-14	-12	-10	-10	-4
130	-20	-19	-9	-8	-12	-7
120	-11	-10	-4	-3	-8	-2
110	-3	0	-7	-6	3	-3
100	0	0	-2	-2	2	-2
90	-3	-4	-1	-1	-2	-2
80	-6	-5	2	2	-8	3
70	-5	-2	0	0	-5	3
60	-5	0	-3	-2	-3	3
50	2	4	-2	-2	4	0
40	8	7	0	0	8	-1
30	10	6	3	2	8	-2
20	8	3	4	3	5	-2
10	6	0	6	5	1	-1
0	3	0	3	2	1	-1
10°E	7	3	1	1	6	-3
20	7	3	6	5	2	-1
30	0	-3	2	2	-2	-1
40	-5	-8	0	0	-5	-3
50	-13	-11	-6	-5	-8	-3

Länge	ΔH_{500}	$\Delta r'$	Δp_0	ΔH_{1000}	Δr	$\Delta r' - \Delta r$
60°N Jahr 1965						
170°W	-16	-15	-3	-2	-14	-1
160	-14	-15	0	0	-14	-1
150	-14	-17	1	1	-15	-2
140	-11	-12	1	1	-12	0
130	-2	-4	2	2	-4	0
120	3	6	-4	-3	6	0
110	-1	1	-3	-2	1	0
100	-3	-2	2	2	-5	3
90	-10	-10	-1	-1	-9	-1
80	-17	-15	-2	-2	-15	0
70	-17	-14	-4	-3	-14	0
60	-12	-8	-7	-6	-6	-2
50	-9	-4	-5	-4	-5	1
40	-10	-3	-8	-6	-4	1
30	-13	-4	-11	-9	-4	0
20	-15	-6	-11	-9	-6	0
10	-16	-9	-10	-8	-8	-1
0	-16	-11	-7	-6	-10	-1
10°E	-18	-11	-11	-9	-9	-2
20	-17	-11	-10	-8	-9	-2
30	-11	-7	-7	-6	-5	-2
40	-8	-6	-3	-2	-6	0
50	-7	-6	-3	-2	-5	-1

b) Die 50Cmb-Abweichungen sind zwischen 35° und 60° N bei 70° bis 90° W oft negativ. Der ostamerikanische Höhentrog scheint dort im 40-jährigen Mittel zu flach zu sein.

Die Beschränkung der Zirkulationsbetrachtungen auf die sechs Monate von April bis September beruhte auf der Erkenntnis, daß die Gletscher besonders auf die Schwankungen des sommerlichen Klimas reagieren. Für die westamerikanischen Gletscher erwies sich der Zeitraum als zu kurz, und es wurden für einen kleinen Ausschnitt und die 50Cmb-Fläche zusätzliche Abweichungskarten des Oktober und des besonders wichtigen Zeitabschnitts Mai/Juni angefügt. Ansonsten wurden die Abweichungswerte der Karten für jeweils drei Monate übergreifend von April bis September addiert. Diese Darstellungsmethode der Zusammenfassung von drei Monaten ist schon von Hoinkes aus glazial-meteorologischen Gesichtspunkten heraus gewählt worden (Hoinkes 1964) und hat den Vorteil, daß die Zirkulationsanomalien auf ganze Jahreszeiten bezogen sind und so der für den Ausgang des Massenhaushaltes verantwortlichen Summe von Witterungserscheinungen, kurz Witterungscharakter genannt (Hoinkes/Rudolph 1962 a), weitgehend Rechnung getragen wird. Wenn übergreifend summiert wurde, so erscheint das etwas aufwendig, war aber aufgrund mancher Gesichtspunkte vorteilhaft. Es war nämlich anfangs unklar, welcher Zeitraum innerhalb der Ablationsperiode sich am besten für den gemeinsamen Vergleich aller Massenhaushaltsdaten mit der Zirkulation eignet. Es wurde daher ein Überblick angestrebt, der einen Eindruck von der Zirkulationsentwicklung vom Frühling bis zum Spätsommer vermittelt.

Die Begrenzung der Karten im Westen entspricht der des Offenbacher Materials. Im Osten erlaubt die Begrenzung 50° E eine zufriedenstellende Darstellung der Zirkulation, die für den Storglaciären von Interesse ist.

Die Karten befinden sich im Anhang. Der besseren Übersicht halber sind sie nicht durchnummeriert, sondern enthalten folgende Kennzeichnung: Jahr, Niveau, Kartennummer. Dabei ist, wie oben angedeutet, als Kartennummer 1 die Zusammenfassung der Monate April, Mai und Juni, als Nummer 2 die von Mai, Juni und Juli usw. zu verstehen. Bei den Ausschnittskarten gilt in ähnlicher Weise:

Abweichungen der 500 mb-Topographie im Oktober (Jahr),	500/X
" " " für Mai + Juni(Jahr),	500/V + VI.

Da die Abweichungskarten im Lichtpausverfahren vervielfältigt wurden, konnten die Daten nicht in den Karten belassen werden, sondern mußten eigens in einem Tabellenanhang gebracht werden.

3. DIE INTERPRETATION DER ALLGEMEINEN ZIRKULATION DER SOMMERHALBJAHRE 1958 - 65 IM HINBLICK AUF DIE GLETSCHERMASSESHAUSHALTE

1958: Die hohe positive Abweichung der troposphärischen Temperatur im Bereich der pazifischen Küste der USA ist dem großräumigen Absinken innerhalb eines quasi-stationären Höhenhochkeles zuzuschreiben - eine Situation, die vom Frühling bis zum Herbst das Großwetter auszeichnet. Die Zirkulation zeigt im Sommer einen Low Index: Die Westdrift ist nach Süden verschoben, das Polargebiet hat zu hohen Druck (1958, 500/2,3). Die entsprechend der südlichen Lage der Zonaldrift zu erwartenden meridionalen Strömungsformen sind gut ausgebildet. Der pazifische Tiefdruckwirbel ist sehr kräftig und stützt durch Warmluftadvektion an seiner Vorderseite den westamerikanischen Höhenhochkeil, der seinerseits einem Trog über dem mittleren Nordamerika arktische Kaltluft zuführt. Dieser Trog ist Ausgangspunkt für die intensive Zonalzirkulation bis zur Westküste Europas, wo die wandernden Zyklonen häufig stationär werden und bis in größere Höhen verwirbeln. Der europäische Kontinent verbleibt so an der Vorderseite der atlantischen Zyklonen und hat vorwiegend südwestliche, teils antizyklonal geprägte Warmluftadvektion. Dieser Einfluß erstreckt sich zeitweilig bis Nordskandinavien, so daß auch der Storglaciären eine negative Massenbilanz erhält, wenn diese auch infolge mehr zyklonalen Witterungscharakters im Frühsommer nicht so niedrig ausfällt wie die des Hintereisferners.

1959: Die relativen Topographien sind im Bereich der amerikanischen Westküste in der Ablationsperiode unternormal. Über dem nördlichen Nordamerika bis

zum Nordostatlantik ist der meridionale Temperaturgradient verschärft. So herrscht vom Ostpazifik bis zum Nordatlantik bei negativer Druckabweichung im Norden und positiver im Süden eine High-Index Zirkulation (1959, 500/3). Die Isolinie der Abweichung 0 liegt in diesem Sommer über dem Atlantik etwa in $55-60^{\circ}\text{N}$, während des Low-Index-Sommers 1958 10° südlicher in $45-50^{\circ}\text{N}$. An den westamerikanischen Küstenstationen fallen angesichts der lebhaften Zonalzirkulation im Spätsommer teils erhebliche Niederschlagsüberschüsse (Seattle im September 278% des Normalwertes), während Mitteleuropa als Auswirkung einer sich immer wieder regenerierenden Blocking Situation einen trockenen, strahlungsreichen und warmen Sommer erlebt.

Der Storglaciären liegt am Rande der positiven Abweichung in einer antizyklonalen Südwestströmung. Das bedeutet Strahlungsreichtum und zeitweilig verstärkte Zufuhr latenter und fühlbarer Wärme.

1960: Die Bilder der Zirkulationsverhältnisse beschreiben einen Übergang von stark mäandrierenden Formen im Frühjahr zu einer südlichen Westdrift im Spätsommer, die durch einen enormen Drucküberschuß im Polargebiet und einen geschlossenen Streifen negativer Abweichung in mittleren Breiten charakterisiert ist. Diese Entwicklung bewirkt für den Hintereisferner einerseits wie für Blue Glacier und South Cascade Glacier andererseits entgegengesetzte Effekte. Während nämlich im Frühjahr an der amerikanischen Pazifikküste die zyklonale Aktivität beträchtlich ist, steht Mitteleuropa unter dem antizyklonalen Einfluß eines nord-europäischen Blocking (1960, 500/V + VI; 500/1). Im weiteren Verlauf drehen jedoch die bisher meridional ausgerichteten Achsen der Abweichungsgebiete in

zonale Richtung, und es kommt zur Ausbildung von Frontalzonen, besonders über Kanada und Europa. So gestaltet sich im Alpenraum die Witterung zusehends unbeständiger und kühler, während über dem Atlantik und dem westlichen Nordamerika antizyklonale Zirkulationsformen von Süden nach Norden an Raum gewinnen. Auf diese Weise wird beim Blue Glacier ebenso wie beim Hintereisferner die Ausgeglichenheit der Massenhaushalte in einem gewissen Ausgleich der Zirkulationsanomalien sichtbar, während beim South Cascade Glacier das feucht-kalte Frühjahr durch einen warmen Hochsommer und einen milden Oktober (1960, 500/X) überkompensiert wird. Der Storglaciären hat als Ergebnis eines überaus langen und warmen Sommers einen stark negativen Haushalt. Von April bis September sind die 500mb-Topographien und die relativen Topographien im Polargebiet und Nordskandinavien zum Teil beträchtlich übernormal. Die geographische Lage der Abweichungszentren läßt überdies den Schluß zu, daß am Storglaciären kontinentale Luftmassen überwiegen, so daß dieser Sommer sich - am durchschnittlichen Anteil latenter und fühlbarer Wärme an der Ablation gemessen - durch besonders hohe Strahlungsablation auszeichnet.

1961: Die in diesem Sommer am Blue Glacier und South Cascade Glacier so entscheidenden Witterungsunterschiede auf kurze Distanz sind anscheinend auf die große Häufigkeit küstenparalleler Luftströmungen zurückzuführen. Das wird in den Topographien 500 und 500/1000 mb sichtbar: Ein starker Höhenhochkeil erstreckt sich über das ganze westliche Nordamerika bis 75°N ; in Küstennähe ist die Grenze zwischen maritimen und kontinentalen Luftmassen scharf ausgeprägt, so daß sich der Blue Glacier mehr in

maritimer, der South Cascade Glacier mehr in kontinentaler Advektion befindet (1961, 500/V + VI; 500/1-3; 500/1000/1-3). An der Ostseite des Keils wird Polarluft über die Großen Seen weit nach Süden gesteuert. Dagegen herrscht über dem Nordatlantik eine intensive Zonalzirkulation. Insgesamt sehen wir eine Zirkulationsform, die auf Grund ihrer starken Oszillationen und des Drucküberschusses in hohen Breiten als Low Index bezeichnet werden kann. Allerdings liegt über Europa die Frontalzone nördlicher als im Vorjahr, so daß im Alpengebiet die Warmluftadvektion überwiegt. Nur im Frühsommer setzen sich häufiger kühle Luftmassen durch (1961, 500/1000/2). Der Haushalt des Hintereisferners wird dementsprechend nur leicht negativ. Der Storglaciären steht unter dem Einfluß ähnlicher Zirkulationsformen wie im Vorjahr. Er verbleibt nördlich der wandernden Zyklonen im Randbereich polaren Drucküberschusses und hat erneut kontinentale Luftzufuhr aus Südosten (1961, 500/1000/3).

1962: Blue Glacier und South Cascade Glacier liegen in einem Gebiet troposphärischen Wärmedefizits, das über den ganzen Sommer in den negativen Abweichungen der relativen Topographie in Erscheinung tritt (1962, 500/1000/1-3). Im Frühjahr etabliert sich ein Trog an der nordamerikanischen Pazifikküste und ein weiterer zwischen Südgrönland und Labrador. An der Vorderseite des ostamerikanischen Tiefs schiebt sich eine Warmluftzunge bis über 85°N und begünstigt dort den Aufbau eines Höhenhochs, an dessen Ostseite eine breite Kaltluftzunge vom Polargebiet bis ins Mittelmeer reicht. In der Folge entwickelt sich über Nordeuropa ein umfangreiches Zentraltief und eine starke Frontalzone, die vom Westatlantik

quer durch Europa bis nach Rußland hineinreicht (1962, 500/3) und in deren Bereich die Witterungsunterschiede in Mitteleuropa schon auf kurze Meridionaldistanz von wenigen hundert Kilometern beträchtlich sind (so betrug z.B. im August 1962 die Sonnenscheindauer in Berlin-Dahlem 58% des Normalwertes, in Würzburg 122%; der Niederschlag erreichte in Berlin 146%, in Würzburg 41% des Mittels und die Anzahl der trüben Tage 13 bzw. 0 ("klimatologische Werte" des "Täglichen Wetterberichtes", Offenbach)). Südlich der Frontalzone gelegen haben die Alpen häufigen Hochdruckeinfluß und Warmluftadvektion. So wird der Haushalt des Hintereisferners trotz des feucht-kühlen Frühlings negativ. Beim Storglaciären sind die Zirkulationsverhältnisse über den ganzen Sommer einheitlich: Skandinavien verbleibt während der Ablationsperiode meist im Kaltluftreservoir des nordeuropäischen Zentraltiefs. Geringe Ablation und sommerliche Schneefälle führen zu einem positiven Massenhaushalt.

1963: Die Zirkulation an der Westküste Nordamerikas hat besonders im Hochsommer zyklonale Prägung. Ein schwacher Höhentrog erstreckt sich mit seiner Achse entlang der Küste, verlagert sich im Spätsommer etwas nach Westen und leitet damit für die westamerikanischen Gletscher eine Advektion feucht-warmer Luft aus Süden und Südwesten ein, die die Ablationsperiode verlängert und die Massenhaushalte negativ werden läßt (1963, 500/X). Die Übereinstimmung der Oktoberzirkulation mit der des Mai/Juni 1961 ist beachtlich, und es scheint bemerkenswert, daß ebenso wie 1961 die Bilanz des South Cascade Glacier erheblich ungünstiger als jene des Blue Glacier ist. Auch im übrigen Kartenausschnitt ist die Zirkulation des Sommers durch recht stabile Züge gekennzeichnet.

Dies sind: Ein Hochkeil über dem mittleren Nordamerika, Tiefdruck östliches Nordamerika-Südgrönland mit Trog bis Westeuropa und eine nur vorübergehend abgeschwächte positive Abweichung über Nordosteuropa. Der Alpenraum wie auch Nordskandinavien befinden sich in der teils antizyklonal modifizierten südlichen Vorderseitenströmung des westeuropäischen Troges, der eine schmale Warmluftzunge über das Baltikum und Nordskandinavien bis Island erstreckt (1963, 500/1000/3). Das Ausmaß der positiven Abweichungen in absoluter und relativer Topographie ließen für den Storglaciären eine geringere Bilanz als -190 mm erwarten, doch bewirken wahrscheinlich die Firnrücklagen des vorherigen positiven Jahres eine höhere mittlere Albedo des Gletschers. Dagegen entspricht das Haushaltsresultat des Hintereisferners durchaus den Konstellationen der Abweichungsgebiete im europäischen Raum.

1964: Die auffälligste Erscheinung ist die mächtige Kaltluftmasse, die zu Beginn der Ablationsperiode über dem kanadischen Sektor des Polargebietes bereitsteht und mit zwei ausgeprägten Ausläufern über dem westlichen Atlantik und insbesondere der Westküste Nordamerikas weit nach Süden ausgreift (1964, 500/1000/1). Diese polare Kaltluftmasse zerfällt allmählich im Laufe des Sommers, nährt jedoch vorerst über Nordkanada, dem Nordatlantik und Nordeuropa eine High-Index-Zirkulation (1964, 500/2). Blue Glacier und South Cascade Glacier liegen zunächst im Bereich des ostpazifischen Troges, der nur langsam flacher werdend nach Nordwesten zurückweicht. Erst im Oktober überwiegt dort kontinentaler Hochdruckeinfluß (1964, 500/X). Der Zerfall

des polaren Kaltluftkörpers in einzelne Zellen ist für das Wettergeschehen in Europa ohne Bedeutung. An der Südseite eines breiten Trogos zwischen Island und Skandinavien erstreckt sich eine kräftige Frontalzone über Schottland und die Nordsee nach Osten. Die Kaltluft dieses Trogos blockiert die Warmluftadvektion nach Skandinavien, so daß der Haushalt des Storglaciären positiv abschließen kann. Der Hintereisferner liegt hingegen weit südlich der Frontalzone in einem Bereich positiver Druckabweichung in der Höhe und erfährt nach einer langdauernden und intensiven Ablationsperiode einen stark negativen Haushalt.

1965: Im Frühling ist die Nordhemisphäre im betrachteten Kartenausschnitt zu kalt. Übernormale troposphärische Temperaturen herrschen nur im mittleren Nordamerika, im Bereich des Azorenhochs und über Grönland. Der Blue Glacier und der South Cascade Glacier haben sowohl in der absoluten wie relativen Topographie schwach negative Abweichungen, während sich Storglaciären und Hintereisferner im Bereich polarer Kaltluft befinden (1965, 500/1; 500/1000/1), die an der Ostseite des grönländischen Keiles nach Süden strömt. Im Verlauf des Sommers steigt über dem Polargebiet der Druck in der Höhe beträchtlich an, ein breiter Keil liegt in der Bucht von Alaska, ein Zentraltief über der Hudson Bay, ein Trog über Europa; das Azorenhoch ist nach WNW verschoben. Die westamerikanischen Gletscher befinden sich zunächst in einer wenig zu kalten Troposphäre und gelangen gegen Ende des Sommers in den Randbereich des nordamerikanischen Zentraltiefs. Im Oktober stellt sich die Großwetterlage jedoch um. Positive Druckabweichung über dem Kontinent und

negative über dem Meer bewirken für die pazifischen Küstengebiete feucht-milde Luftmassenadvektion (1965, 500/X). In Europa bleiben die Zirkulationsverhältnisse über den Sommer gleichförmig: In einer südlichen Westdrift sind zahlreiche Fronten und Kaltlufttropfen eingelagert, der Witterungscharakter ist zyklonal, die Troposphäre über fast ganz Europa zu kalt.

Zusammenfassend und schematisierend sei folgendes festgehalten: Für den Hintereisferner sind die Sommer mit südlicher Lage der Frontalzone günstig. Liegt die Frontalzonennachse südlich der Alpen, verbleibt der Gletscher zumeist in polar-maritimen Luftmassen. Je nördlicher die Polarfront, desto größer wird der Anteil der Warmluft an der Gesamtadvektion, und die Bilanzen werden ungünstiger. In den sommerlichen Abweichungen des 500m-Niveaus (Juni + Juli + August) von 1960 und 1965 liegt die Isanomale 0 südlich der Alpen in etwa 43°N , 1961 und 1962 bei etwa 50°N und 1964 bei 55°N . In den Jahren 1958, 59 und 63 überwiegen Meridional Komponenten in der europäischen Zirkulation, 1958 eine südwestliche Warmluftadvektion, 1963 eine ebensolche schwächeren Ausmaßes, 1959 eine mehr kontinentale aus Nord bis Ost im Gefolge einer Blocking Situation.

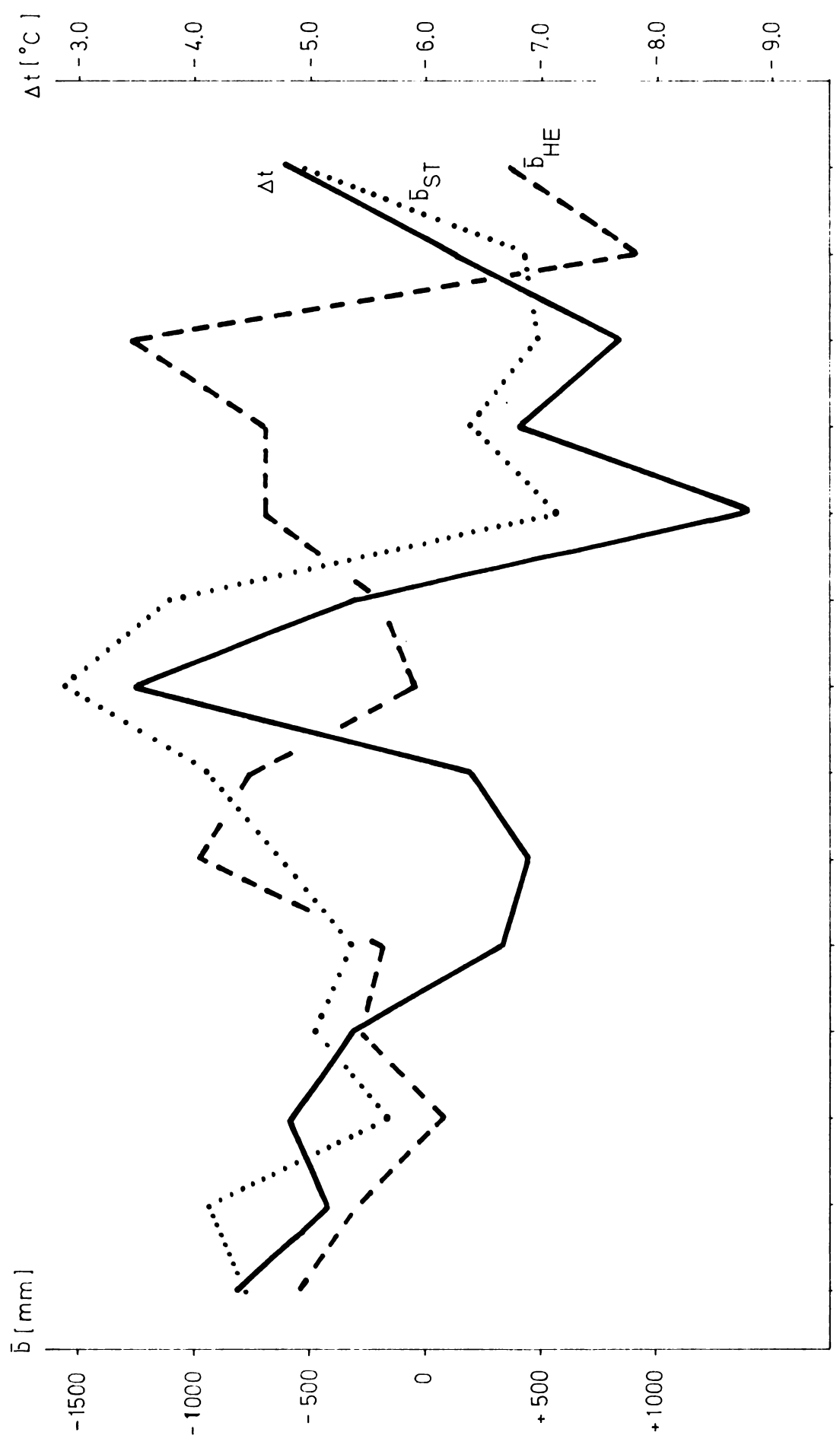
In Abb. 3.1 wurden parallel zu den Temperaturdifferenzen in 500 mb zwischen Storglaciären und Hintereisferner die Massenhaushalte beider Gletscher graphisch dargestellt. Die Temperaturdifferenz kann als Maß für die Zirkulationsintensität im Raum zwischen den beiden Gletschern angesehen werden, und zwar in dem Sinne, daß einem großen Differenzbetrag eine starke zonale Zirkulation entspricht. In den Jahren 1953 bis 1958 ist der Gang der Kurven uneinheitlich, bei einer Zunahme der Zirkulationsintensität scheinen die Massenhaushalte günstiger zu werden. Die Unter-

schiede zwischen den einzelnen Jahren sind jedoch verhältnismäßig gering. Viel deutlicher wird das Bild ab 1959. Während der Massenhaushalt des Storglaciären nun gleichsinnig mit der Temperaturdifferenz verläuft (große Temperaturdifferenz entspricht positivem Massenhaushalt), ist der Gang der Bilanzen des Hintereisferners dem der Temperaturdifferenzen entgegengesetzt (Ausnahme: 1966). Bei starkem meridionalen Temperaturgradienten befindet sich offenbar eine kräftige Frontalzone zwischen beiden Gletschergebieten. Der Storglaciären liegt dann nördlich der Frontalzone im Kaltluftbereich, der Hintereisferner hat südlich der Achse vorwiegend Warmluftadvektion. Besonders schwach ist die Zirkulation 1960, bei starkem Drucküberschuß in hohen Breiten und negativer Druckabweichung in mittleren Breiten (1960, 500/3) ist die Temperatur im 500 mb-Niveau am Storglaciären nur wenig niedriger als am Hintereisferner. Entsprechend den Temperatur- und Druckabweichungen wird der Haushalt des Storglaciären stark negativ, am Hintereisferner jedoch ausgeglichen (derselbe Trend ist 1966 mit positiver Bilanz des Hintereisferners und negativer des Storglaciären zu erkennen). Die von Wallén für die nordskandinavischen Gletscher als ungünstig bezeichneten südlichen Strömungskomponenten sind 1958, 59 und 63 ausgebildet, 1958 an der Vorderseite stationärer ostantlantischer Zyklonen (1958, 500/3), 1959 und 63 an der West- bis Nordseite kontinentaler Hochdruckgebiete (1959, 500/3; 1963, 500/3). In Abb. 3.2 wurden die meridionalen Temperaturdifferenzen zwischen Storglaciären und Hintereisferner parallel zu den mittleren Bilanzen

$$\bar{b} = \frac{1}{2} (\bar{b}_{ST} + \bar{b}_{HE})$$

des Hintereisferners und des Storglaciären sowie zu den

Differenzen der Temperaturen in 500 mb (Storglaciären minus Hintereisferner, Juni-August)
 und Massenhaushalte des Storglaciären und Hintereisferner



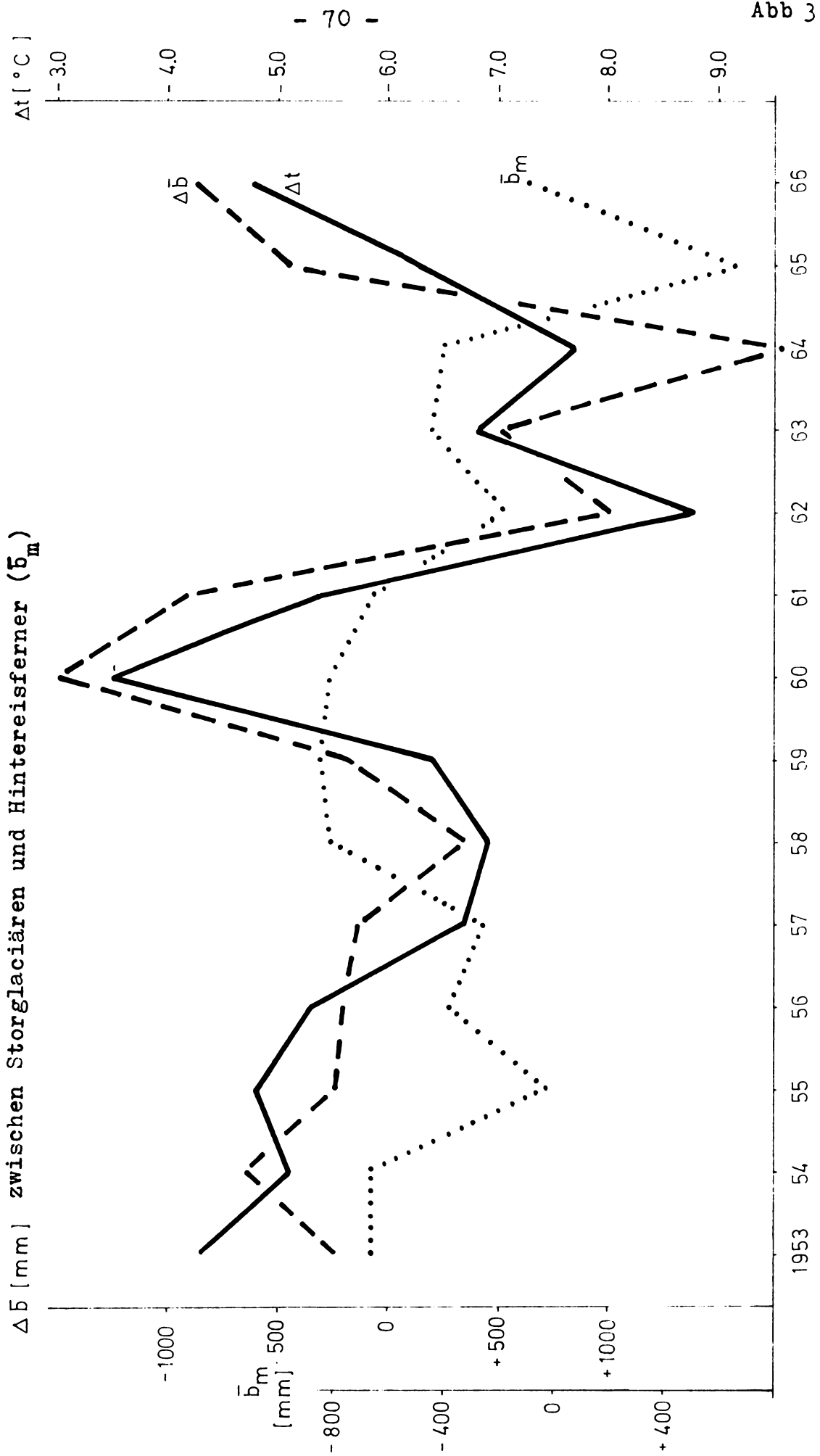
Bilanzdifferenzen $\Delta \bar{b}$ graphisch dargestellt. Die Bilanzmittel

$$\frac{1}{2}(\bar{b}_{ST} + \bar{b}_{HE})$$

zeigen nur eine geringe Übereinstimmung mit der Stärke der Zirkulation, während die Bilanzdifferenzen besonders seit 1958 in guter Annäherung den Δt -Werten parallel verlaufen. Dieses Ergebnis war nach dem Vergleich der Massenhaushalte mit den Temperaturen in 500 mb zu erwarten. Auf der Ordinate ist bei negativem $\Delta \bar{b}$ der Haushalt des Storglaciären ungünstiger als der des Hintereisferner, bei positivem $\Delta \bar{b}$ ist das Umgekehrte der Fall. Bei starkem Temperaturgradienten zwischen beiden Gletschergebieten erscheint also auch in dieser Darstellungsweise der Storglaciären, bei schwachem der Hintereisferner begünstigt. Am ausgeprägtesten ist dieser Sachverhalt in den Jahren 1960 und 66 (ausgeglichener bzw. positiver Haushalt am Hintereisferner, stark bzw. mäßig negativer Haushalt am Storglaciären) sowie 1962 und 64 mit positiven Bilanzen am Storglaciären und negativen am Hintereisferner. Daraus kann jedoch nicht (wie später noch gezeigt werden soll) der Schluß gezogen werden, daß generell die schwache nordhemisphärische Zirkulation den Hintereisferner, die starke aber nur den Storglaciären begünstigt.

Für Blue Glacier und South Cascade Glacier ist oft der Charakter der Meridionalströmung entscheidend. Tröge und Hochdruckkeile liegen mit ihren Achsen oftmals bevorzugt küstenparallel, 1959, 62, 63 und 64 Höhenträge, 1958 ein starker Keil (1958, 59, 62, 63, 64, 500/V + VI). Das Mittel der Abweichungen von Mai/Juni 1960 betont die zonale Strömungsrichtung (1960, 500/V + VI), die Zusammenfassung der Monate IV+ V + VI aber enthält wieder eine Meridionalkomponente (Südwest). Im Frühjahr 1961 (1961,

Differenzen der Massenbilanzen ($\Delta \bar{b}$) und Differenzen der Mitteltemperaturen Juni-Aug. in 500 mb (Δt , Storglaciären minus Hintereisferner), sowie Bilanzmittelwerte \bar{b}_m zwischen Storglaciären und Hintereisferner (\bar{b}_m)



500/V + VI) ist zwischen einem Trog über dem Ostpazifik und einem Keil über dem amerikanischen Kontinent die Südkomponente der Strömung im Küstengebiet sehr stark. 1965 sind die Abweichungen zwischen dem großräumigen polaren Druckdefizit und einem sekundären Trog in niedrigeren Breiten im Bereich der beiden Gletscher nur gering negativ (1965, 500/V + VI), die Strömungsrichtung ist nahezu zonal.

Nach den individuellen Betrachtungen der einzelnen Massenhaushalte und den dafür verantwortlichen Zirkulationsabweichungen sollen nun alle Haushaltsdaten gemeinsam mit der großräumigen Strömung verglichen werden. Dazu wurden zunächst die Haushaltswerte gemittelt (Tab. 3.1):

TABELLE 3.1

Mittlere Massenbilanzen $\bar{b}_m = (\bar{b}_{HF} + \bar{b}_{ST} + \bar{b}_{SC} + \bar{b}_{BL})/4$ (mm)

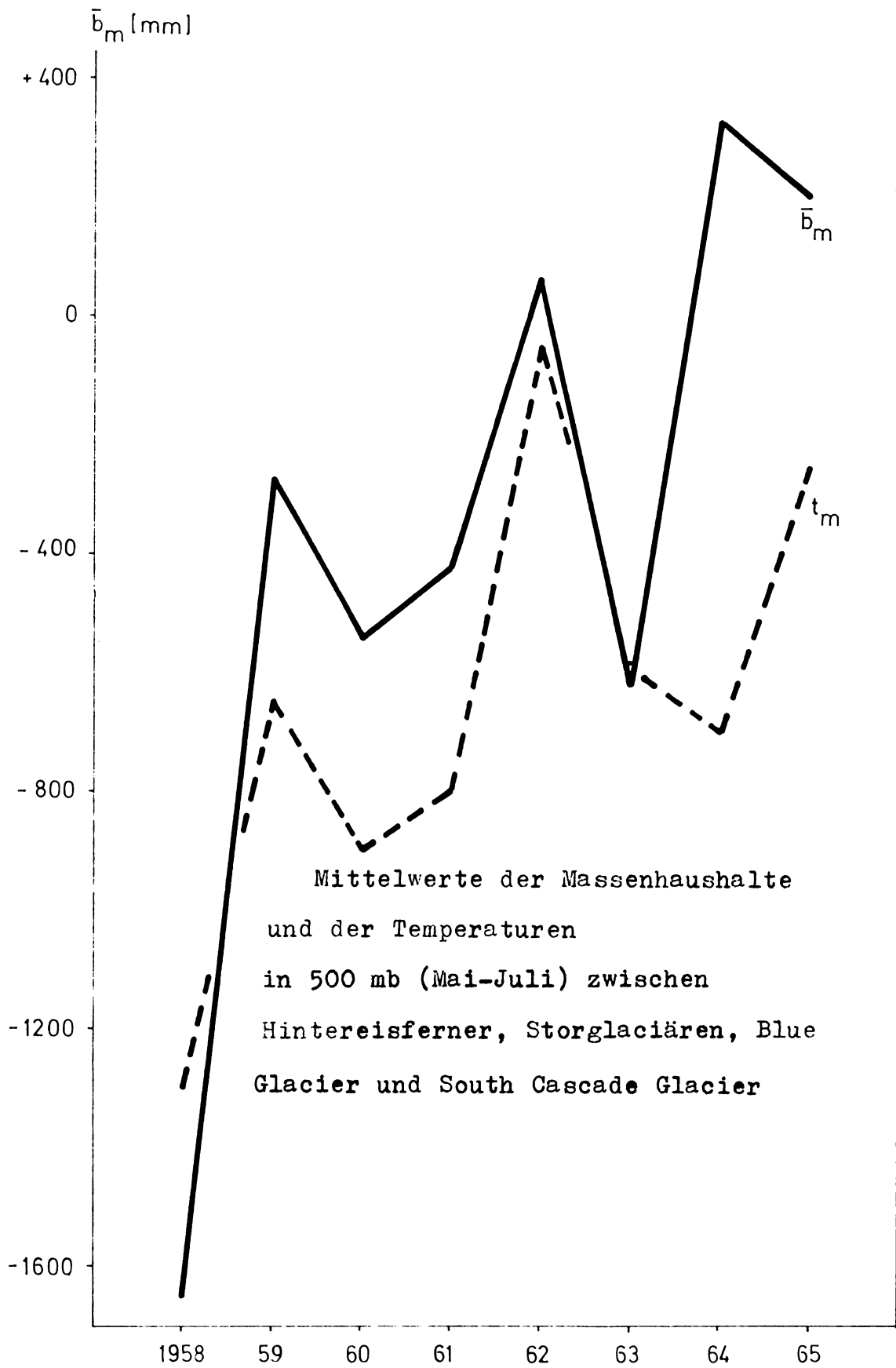
1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
-1650	- 260	- 540	- 420	+ 70	- 630	+ 330	+ 200

Wie man Abb. 1 entnehmen kann, dominiert in keinem Bilanzmittelwert der Einfluß eines extremen Haushaltsergebnisses. Man könnte dies allenfalls vom \bar{b}_m des Jahres 1958 aufgrund der Bilanz des South Cascade Glacier behaupten, doch sind in diesem Jahr auch die Bilanzen des Hintereisferner und des Blue Glacier stark und jene des Storglaciären mäßig negativ. Zudem entspricht die hohe mittlere 500 mb-Temperatur durchaus dem sehr niedrigen \bar{b}_m -Wert dieses Jahres (Abb. 3.3). In allen anderen Jahren sind die Amplituden der Haushaltsschwankungen von Jahr zu Jahr bei allen vier Gletschern in etwa gleicher Größenordnung (Abb. 1).

Für den Zirkulationsvergleich eignet sich am besten der Zeitraum Mai - Juli, weil - wie schon erwähnt - die

Witterung des Mai und Juni für die Massenbilanzen der beiden westamerikanischen Gletscher von großem Interesse ist. Auch die Haushaltswerte des Storglaciären können mit der Witterung des Zeitraumes Mai bis Juli recht gut verglichen werden. Lediglich die Bilanzen des Hintereisferner zeigen einen **geringeren Zusammenhang mit der Witterung** dieser Periode. In Abb. 3.3 wurden die über alle vier Gletscher gemittelten Massenhaushalte \bar{b}_m parallel zu den mittleren 500mb-Temperaturen von Mai bis Juli aufgetragen. Bis auf das Jahr 1964 ist eine recht gute Übereinstimmung von troposphärischer Temperatur und Haushaltswerten vorhanden; bei niedrigen Temperaturen sind die Bilanzmittel günstig, bei hohen ungünstig. Positive Bilanzmittel wurden nur in den Jahren 1962, 64 und 65 erzielt, deren Massengewinn jedoch bei weitem nicht an den Verlust des Jahres 1958 allein heranreicht. Allerdings ist ein Trend zu günstigeren Bilanzen und niedrigeren Temperaturen unverkennbar. Gibt es irgendwelche Kriterien in der großräumigen Zirkulation, die diesen Trend bestätigen? Im folgenden soll versucht werden, eine Beziehung zwischen dem mittleren Massenbilanzen \bar{b}_m und der großräumigen Zirkulationsintensität im 500mb-Niveau zu finden.

Einige Anzeichen sind sofort erkennbar: Die Jahre 1958 und 1960 haben ein niedriges Bilanzmittel bei einer ausgeprägten Low-Index-Zirkulation mit (insbesondere 1960) Drucküberschuß in hohen Breiten (1958, 500/2; 1960, 500/2). Die Jahre 1959 und 1964 haben ein relativ hohes Bilanzmittel, in hohen Breiten negative Druckabweichungen und eine starke Zonalzirkulation (1959, 500/2; 1964, 500/2). In den Jahren 1961, 1962 und 1963 treten starke Zonal- und Meridional Komponenten zugleich auf (1961, 500/2; 1962, 500/2; 1963, 500/2). Großes Interesse gebührt dem Jahr 1965 mit starker Zonalzirkulation, nur geringem



Drucküberschuß über Grönland und hohem Bilanzmittel \bar{b}_m .

Um zu einer quantitativen Abschätzung zu gelangen, wurde auf unterschiedliche Weise die Abweichung von der mittleren Zirkulationsintensität 1900-39 in 500 mb berechnet. Die Abweichung vom mittleren Zonalindex ist

$$\Delta I_z = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} \Delta z_{\varphi_1}^i - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} \Delta z_{\varphi_2}^i$$

(n_1, n_2 ist die Anzahl der Werte auf den Breitengraden φ_1, φ_2
 Δz ist die Abweichung der Topographie 500 mb vom Mittel 1900-39 in gpdm).

In Abb. 3.4 wurde parallel zu den Bilanzmitteln \bar{b}_m die mittlere Abweichung vom normalen Zonalindex zwischen 50 und 70°N und 140°W bis 50°E dargestellt (Mai + Juni + Juli). Einem positiven ΔI_z entspricht eine schwache Zirkulation, da die Differenz ($\Delta z_{70^\circ} - \Delta z_{50^\circ}$) gebildet wurde. In den Jahren 1958 und 1960 herrscht eine schwache, 1959, 63 und 64 eine starke Zonalzirkulation in der Breitenzone 50 bis 70°N. Die Bilanzmittelwerte folgen dem Verlauf der Zirkulationsintensität in der Weise, daß einer starken Zirkulation ein hohes Haushaltsmittel zugeordnet ist. Nur in den Jahren 1962 und 1963 ist dies nicht der Fall, und 1965 ist das \bar{b}_m nur wenig niedriger als im Vorjahr, die Abnahme in der Stärke der Zirkulation aber von 1964 zu 1965 beträchtlich. Dieses Ergebnis ist darauf zurückzuführen, daß 1965 sowohl das Breitenmittel der Abweichung 70° wie auch 50°N negativ ist, so daß der Differenzbetrag eine zu schwache Zirkulation vortäuscht. Würde man eine südlichere Breitenzone auswählen - etwa 40 bis 60°N - so würde zwar für 1965 eine starke Zirkulation resultieren, ebenso aber auch für 1958 und 1960 wegen starker negativer Abweichungen in mittleren Breiten.

Es geht jedoch aus den Karten anschaulich hervor, daß die Zirkulation von 1965 nicht wie die der Jahre 1958 und 1960 eine Low-Index-Situation darstellt, weil zwei wesentliche Merkmale fehlen, die 1958 und 1960 vorhanden sind, nämlich ein kräftiger Drucküberschuß in hohen Breiten und stärkere Meridional Komponenten in der allgemeinen Zirkulation. Um dennoch ein für alle Jahre passendes Kriterium für die Zirkulationsintensität zu bekommen, wurden Differenzen von Flächenmitteln der Abweichungen in 500 mb betrachtet. In Abb. 3.4 wurde mit $(\Delta I_{ZF})_1$ die Differenz aus den mittleren Abweichungen der Gebiete $65-90^\circ N$, $130^\circ W - 50^\circ E$ minus $45 - 60^\circ N$, $130^\circ W - 50^\circ E$ gebildet (die Flächenmittel können nur als angenähert gelten, weil die verwendeten Schnittpunkte des Gitternetzes ungleiche Abstände voneinander haben). Diese Kurve verläuft mit den ΔI_z -Werten nahezu parallel. Ein besseres Ergebnis erhält man mit den $(\Delta I_{ZF})_2$ -Werten. $(\Delta I_{ZF})_2$ ist die Differenz der mittleren Abweichung der Breitenzonen $55 - 90^\circ N$ minus $35 - 50^\circ N$. Für diese Berechnung wurden sämtliche Gitternetzwerke verarbeitet, wobei an beiden Seiten etwa gleich viele Schnittpunkte lagen (89 im Norden, 76 im Süden). Die Amplitude der Intensitätsschwankung in der Zirkulation von Jahr zu Jahr ist in dieser Darstellung viel kleiner als in der $(\Delta I_{ZF})_1$ - und ΔI_z -Kurve, doch kommt hier die starke Zirkulation des Jahres 1965 wesentlich besser zur Geltung als in den Werten $(\Delta I_{ZF})_1$ und ΔI_z . Auch die in den Karten augenscheinlich schwächere Zirkulation von 1960 im Vergleich zu 1958 ist in der $(\Delta I_{ZF})_2$ -Darstellung quantitativ besser erfaßt. Das wesentlichste Merkmal aller drei Kurven ist die Parallelität mit den mittleren Massenbilanzen, die nur 1962 und 63 nicht gegeben ist. In den übrigen Jahren resultieren bei schwacher Zirkulation im Mittel der vier Gletscher hohe Massenverluste, bei stärkerer Zirkulation jedoch geringere

Mittlere Massenbilanzen zwischen Hintereisferner, Storglaciären,
 Blue Glacier und South Cascade Glacier und Stärke der Zonalzirkulation in 500 mb
 (bezogen auf das Mittel 1900-39) für Mai+Juni+Juli

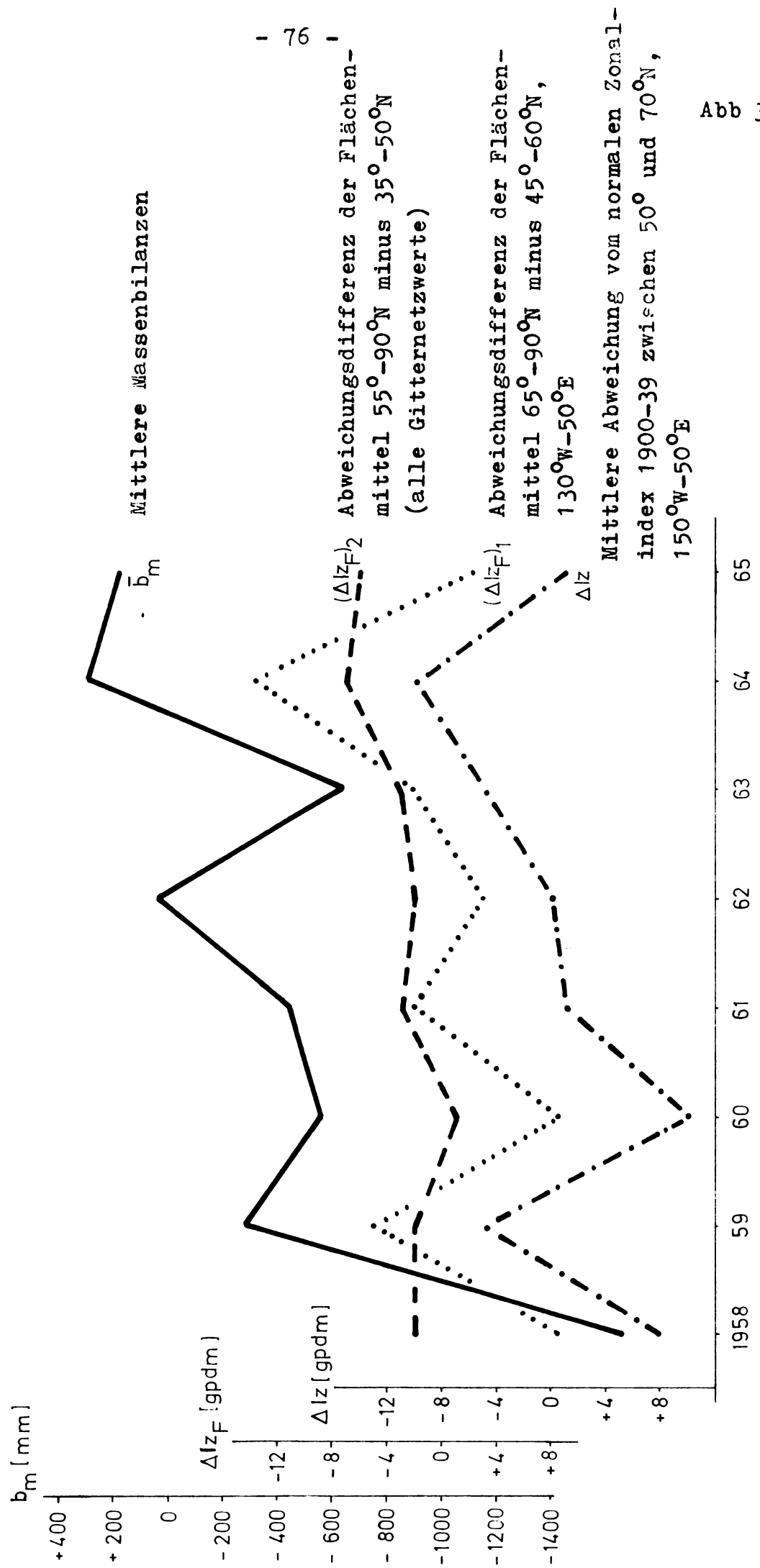


Abb 3.4

Verluste oder auch Massengewinne wie 1964 und 65. Der Verlauf der $(\Delta I_{ZF})_2$ -Werte läßt eine allmähliche Zunahme der Zirkulationsintensität erkennen. Das mittlere $(\Delta I_{ZF})_2$ von 1958-61 beträgt -1.5 gpdm, von 1962 bis 1965 -4.5 gpdm. Von 1958 bis 1961 bzw. von 1962 bis 1965 hatten die Gletscher folgende mittlere Massenbilanzen: South Cascade Glacier -1050 mm bzw. -140 mm, Blue Glacier -270 bzw. +180 mm, Storglaciären -1060 bzw. +260 mm, Hintereisferner -500 bzw. -430 mm. Bis 1965 hat demnach der Storglaciären von der Zunahme der Zirkulation am meisten profitiert. Die umgekehrte Entwicklung, also eine Abschwächung der Zirkulation, in der zweiten Hälfte der vierziger Jahre (Scherhag 1950, Wege 1961) war von einer intensiven Ablation auf den Alpengletschern begleitet (Hoinkes 1966), und auch der Storglaciären hatte (mit Ausnahme von 1948 und 49) stark negative Massenhaushalte (Schnytt 1959).

Von Interesse ist der Vergleich der Haushalte des Hintereisferner mit jenen des Blue Glacier und South Cascade Glacier, die in etwa derselben geographischen Breite liegen. 1958 sind die Haushalte aller drei Gletscher stark negativ, 1960 aber, dem Jahr mit ebenfalls schwacher Zirkulation, ist nur der Haushalt des South Cascade Glacier negativ, während Blue Glacier und Hintereisferner in der Bilanz ausgeglichen bleiben. Ein wesentliches Merkmal der schwachen Zirkulation ist die Oszillation des Westwindbandes und die häufige Verlagerung der Hochdruckkeile und Tröge. Letzteres ist 1958 nicht der Fall, wohl aber 1960. 1958 unterliegen beide Gletschergebiete während der ganzen Ablationsperiode antizyklonalem Einfluß, 1960 dagegen ist die Zirkulation im Alpenbereich zunächst antizyklonal, später zyklonal; im westlichen Nordamerika ist eine umgekehrte Entwicklung zu beobachten (1958, 60, 500/1-4). In dem hier nicht näher untersuchten Sommer 1966 war der Wechsel noch krasser: Bei einer Low-

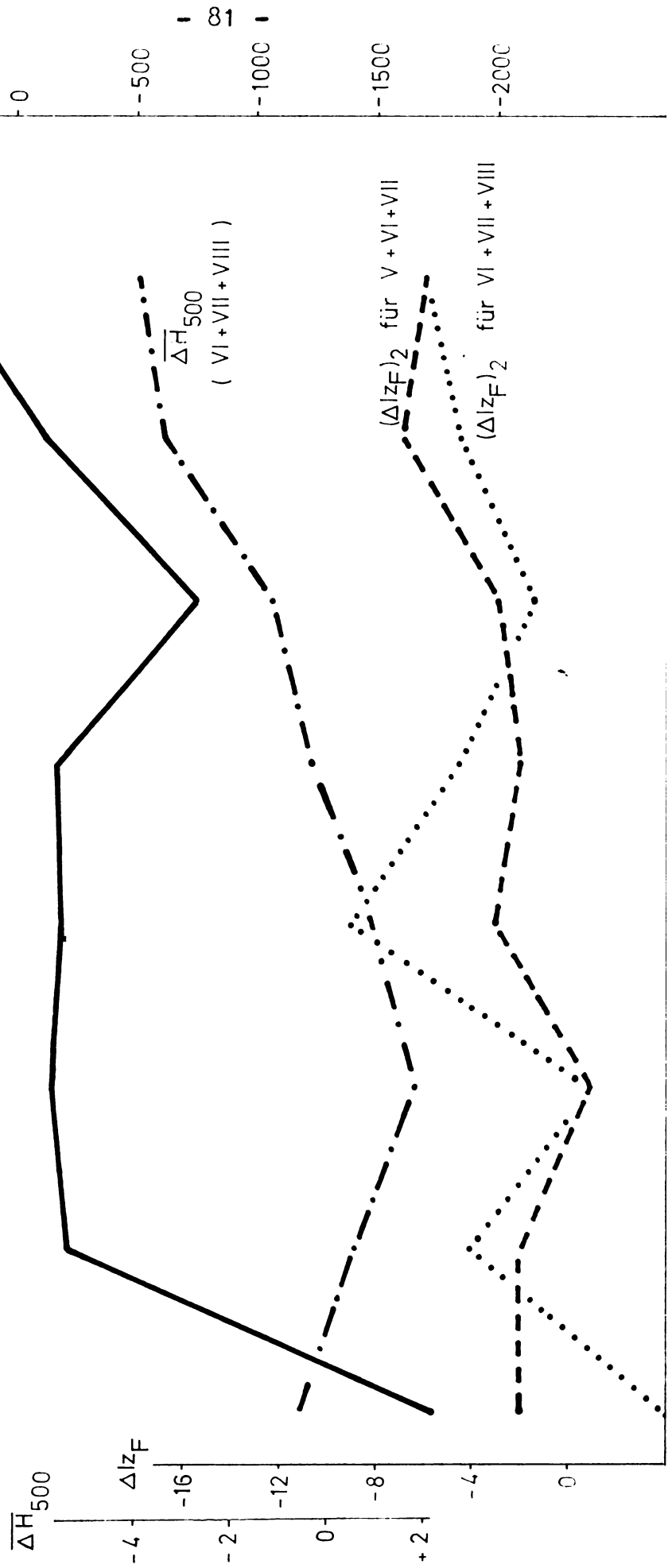
Index-Zirkulationsform lag der Alpenbereich im Juni im Bereich eines Hochkeiles, im Juli und August war der Witterungsablauf durch Trogbildung und Kaltlufttropfen gekennzeichnet, und im September überwog wieder die antizyklonale Stromungsform (Großwetterlagen Mitteleuropas, Offenbach 1966). Der positive Haushalt des Hintereis- ferner 1966 ist sicherlich dieser Aufeinanderfolge zuzuschreiben. Auch beim Blue Glacier und beim South Cascade Glacier, wo das Haushaltsergebnis in zahlreichen Fällen von der Witterung der verhältnismäßig kurzen Periode Mai - Juni entschieden wird, kann die Umstellung der Zirkulation in diesem Zeitraum von großer Bedeutung für die Bilanz werden. Darauf wurde bei der Besprechung des Haushaltes 1960 von Blue Glacier und von South Cascade Glacier hingewiesen. Die in Amerika schwache und stark mäandrierende Zirkulation des Frühjahres 1961 (1961, 500/1; 500/V + VI) bewirkt sogar bei diesen so eng benachbarten Gletschern eine große Diskrepanz im Haushaltsergebnis, weil im Übergangsbereich zwischen Trog und Keil beim Blue Glacier die zyklonale, beim South Cascade Glacier jedoch die antizyklonale Strömungskomponente dominiert. 1962 liegen die beiden Gletscher bei stark oszillierender Strömung über dem Ostpazifik und Amerika im Trogbereich (1962, 500/2; 500/V + VI) und die Bilanzen enden positiv. Es können also bei Low-Index-Zirkulation je nach Persistenz und geographischer Lage der Tröge und Hochdruckkeile die Haushalte der Gletscher in mittleren Breiten außerordentlich unterschiedlich ausfallen.

Sehr benachteiligt von dieser Zirkulationsform erscheint der Storglaciären. In dieser hohen Nordbreite wird der für die Low-Index-Situation typische polare Drucküberschuß wirksam (1958, 60/500/3). Auch 1966 schloß die Bilanz des Storglaciären infolge sommerlichen Drucküberschusses in hohen und Druckdefizits in mittleren

Breiten negativ ab, während der Hintereisferner einen Massengewinn erhielt. Dagegen profitiert der Storglaciären von starken Sommerzirkulationen offenbar eher als die Gletscher in mittleren Breiten. Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß bei starker Zirkulation über Europa die geographische Position der Polarfront für den Haushalt des Hintereisferner bedeutsam wird, während in den drei Fällen dieser Zirkulationscharakteristik (1962, 64, 65, 500/3) am Storglaciären jeweils eine positive Bilanz verzeichnet werden konnte. Im pazifischen Küstengebiet Nordamerikas gibt es einige Anzeichen dafür, daß bei kräftiger Zirkulation im amerikanischen Sektor bevorzugt Tröge entlang oder vor der Westküste liegen; das ist möglicherweise ein Effekt der zahlreichen Frontalzyklonen, die vor dem Hochgebirge der Rocky Mountains stationär werden (1963, 64, 65, 500/2, V + VI). Auf diese Weise resultieren die Haushalte des Blue Glacier und des South Cascade Glacier 1964 positiv, 1965 nur wegen des feucht-warmen Oktober schwach negativ. Auch die Trogsituation des Frühlings 1963 (1963, 500/1,2) ließe günstige Haushaltsergebnisse erwarten, doch ist sie gerade in der entscheidenden Phase schwach ausgeprägt (1963, 500/V + VI) (bei der Diskussion der Haushaltsergebnisse und der Zirkulationsverhältnisse der einzelnen Jahre wurde bereits erwähnt, daß auch in diesem Jahr die Oktoberzirkulation (1963, 500/X) eine bedeutende Rolle spielt und die große Diskrepanz zwischen den Bilanzen der beiden Gletscher möglicherweise auf die starke küstenparallele südliche Strömungskomponente zurückzuführen ist). Bei einem Vergleich der Haushalte des Blue Glacier und des South Cascade Glacier mit jenen des Hintereisferner ist eine Systematik im Sinne einer Parallelität oder Gegenläufigkeit des Bilanzverhaltens nicht zu erkennen (Abb. 1). In den Jahren mit ähnlichen Zirkulationsbedin-

gungen in Europa und Amerika, also insbesondere 1958, 1960 (Low Index) und 1964, 1965 (High Index) werden unterschiedliche (1964, 65) und etwa übereinstimmende (1958, 60) Bilanzen gemessen. Die parallele graphische Darstellung der mittleren Massenbilanzen von Hintereisferner, Blue Glacier und South Cascade Glacier (der Haushalt des Hintereisferner wurde mit dem Mittelwert aus $\frac{BL+SC}{2}$ kombiniert) mit den Zirkulationsintensitäten $(\Delta I_{ZF})_2$ (Abb. 3.5) zeigt, daß auch Gletscher in mittleren Breiten mit günstigen Bilanzen auf eine Zirkulationsintensivierung reagieren. Mit Rücksicht auf den Hintereisferner wurde in dieser Abbildung zusätzlich die Intensität der sommerlichen Zirkulation (Juni-August) aufgetragen. Die mittlere Abweichung der 500mb-Topographie (über dem ganzen Kartenausschnitt) ist als Ergänzung dazu anzusehen (auch hier handelt es sich wegen der ungleichen Abstände zwischen den Schnittpunkten des Gitternetzes nur um annähernd wahre Flächenmittel). Diesen mittleren 500mb-Abweichungen kann man entnehmen, daß die Low-Index-Zirkulation des Sommers 1958 kräftiger ist als 1960. 1958 ist die negative Druckabweichung in mittleren Breiten viel stärker als 1960 ausgeprägt; 1960 ist dagegen eher der ausgedehnte Drucküberschuß im Polargebiet das wesentliche Merkmal dieser Zirkulationsform. Die kraftvolle Sommerzirkulation von 1961 beruht zum Großteil auf dem Drucküberschuß in mittleren Breiten, 1962 aber und insbesondere 1964 und 65 mehr auf dem Druckdefizit in hohen Breiten (1958, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 500/3). Bemerkenswert ist die nach 1960 ständige Abnahme der mittleren 500mb-Topographie, die von einer Zunahme der Zirkulationsintensität begleitet ist $(\Delta I_{ZF})_2$ für V + VI + VII, (Abb. 3.5). In diesen Jahren der Zirkulationsintensivierung bei allgemeiner Senkung des 500mb-Niveaus werden bei allen Gletschern die höchsten positiven Haus-

Mittlere Massenbilanzen von Hintereisferner, Blue Glacier und South Cascade Glacier
 ($\bar{b}_m = (\frac{BL+SC+HE}{2})$), mittlere Abweichung der 500mb-Topographie (alle Gitter-
 netzwerte) der Sommermonate (VI+VII+VIII) und Zirkulationsindices (ΔIz_F)₂
 für V+VI+VII und VI+VII+VIII

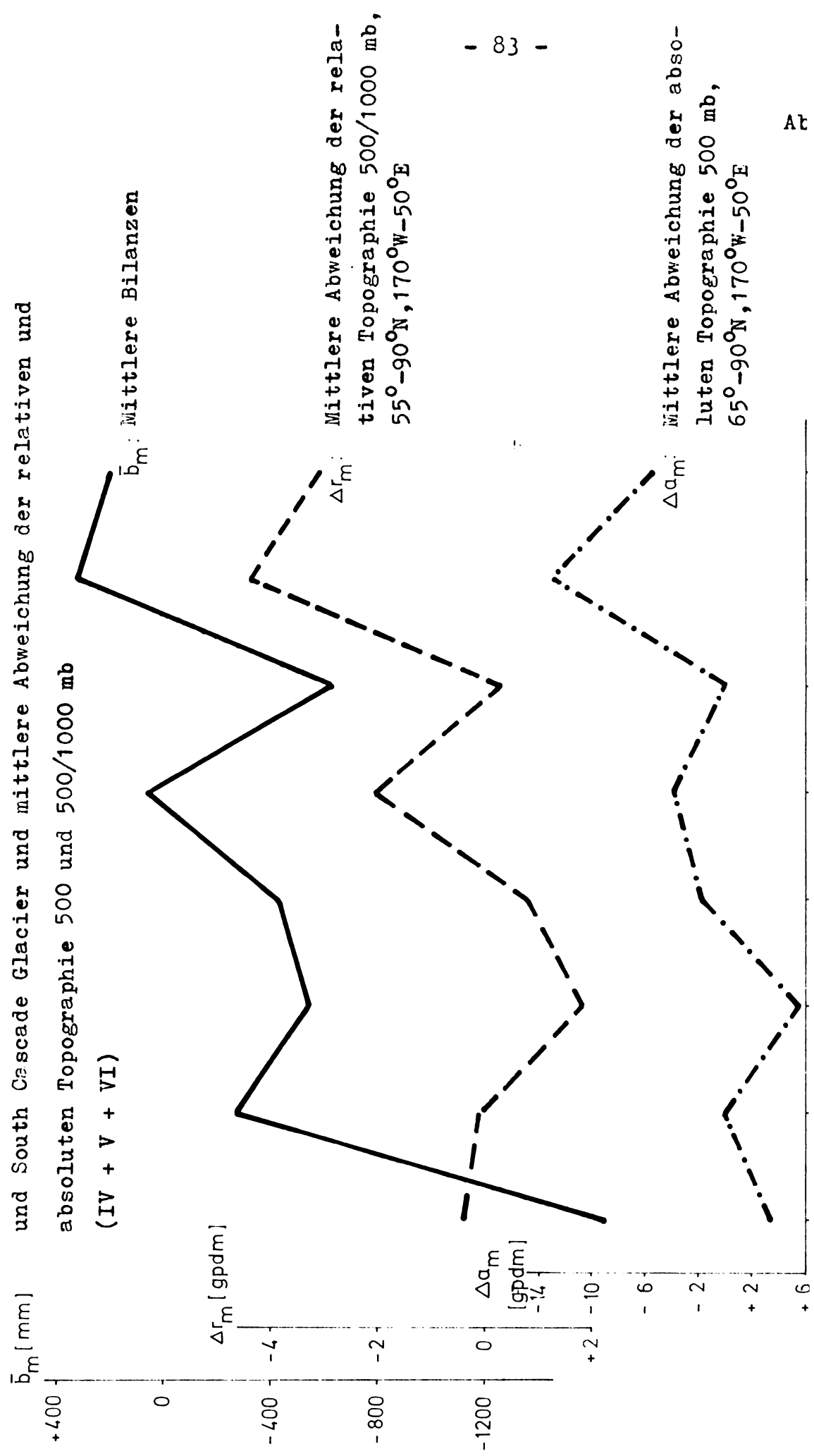


nalte beobachtet, 1964 beim Blue Glacier und South Cascade Glacier, 1965 am Hintereisferner. Auch der Storglaciären folgt diesem Trend mit positiven Haushalten 1962, 64 und 65. Nur 1963 schließt er mit schwach negativer Bilanz ab. Dagegen ist es einigermaßen auffallend, daß in der hier untersuchten achtjährigen Periode in den Jahren mit ausgeprägter Low-Index-Zirkulation extrem negative Massenhaushalte beobachtet wurden, so 1958 am Blue Glacier, South Cascade Glacier und auch am Hintereisferner, sowie 1960 am Storglaciären.

Ein großer Kaltluftvorrat in höheren Breiten im Frühling begünstigt die Entwicklung einer kräftigen Sommerzirkulation. Nach Namias (1957) ist dies eine Ausgangssituation, die in den gemäßigten und höheren Breiten oft kühle Sommer mit mononalen Zirkulationsformen einleitet. Tatsächlich läßt sich eine bemerkenswert gute Übereinstimmung zwischen den mittleren Bilanzen der vier Gletscher und dem polaren Kaltluftvorrat zeigen. In Abb. 3.6 wurde parallel zu den Massenbilanzen \bar{b}_m die mittlere Abweichung der relativen Topographie 500/1000 mb zwischen 55 und 90°N und 170°W bis 50°E für den Frühling (April + Mai + Juni) aufgetragen. Mit Ausnahme von 1958 folgen alle Jahre dem Trend großer Kaltluftvorrat - günstiges Bilanzmittel. Wenn man die mittlere Abweichung der absoluten Topographie 500 mb zwischen 65 und 90°N, 170°W - 50°E betrachtet (Abb. 3.6) ist das Ergebnis ähnlich, der Unterschied zwischen 1958 und 59 wird mit diesen Daten sogar noch besser erfaßt.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann man verallgemeinern, daß ein gleichzeitiger Vorstoß der Gletscher in mittleren Breiten kaum auf Grund einer Häufung von Sommern mit Low-Index-Zirkulationen erfolgen wird. Ein geringer Kaltluftvorrat in hohen Breiten während des Frühjahrs schafft günstige Voraussetzungen für den Aufbau sommerlicher Hochdruckgebiete über den Kontinenten (Namias 1957). Zudem ist

Mittlere Massenbilanzen zwischen Hintereisferner, Storglaciären, Blue Glacier und South Cascade Glacier und mittlere Abweichung der relativen und absoluten Topographie 500 und 500/1000 mb (IV + V + VI)



es unwahrscheinlich, daß in Anbetracht der Oszillationen des Westwindbandes bei Low-Index-Zirkulationen in mehreren Gletschergebieten zugleich und in einer größeren Häufung von Jahren positive Massenbilanzen vorkommen. Denkbar ist dies nur bei starker Frühjahrs- und Sommerzirkulation. Für die Gletscher in hohen Breiten ist die Low-Index-Situation besonders ungünstig. Dafür profitieren sie wegen ihrer Nachbarschaft zum Druckdefizit in hohen Breiten von der starken Zirkulation am ehesten. Ein allgemeiner nordhemisphärischer Gletschervorstoß dürfte demnach nur im Gefolge gesteigerter Frühjahrs- und Sommerzirkulation zu erwarten sein. Der Gletschervorstoß um 1920 in den Alpen war in Nordskandinavien nicht zu beobachten. Erst um 1930 sind dort in schwächerem Ausmaß die Gletscher im Vorstoß begriffen. In Mitteleuropa war von den 19 Jahren 1910 - 28 in 14 Fällen das Frühjahr zu warm, aber 15 Sommer zum Teil erheblich zu kalt, eine Folge der starken planetarischen Sommerzirkulation mit weit nach Norden verschobenem Subtropenhoch, an dessen Ostseite die Nordkomponente der Strömung über Mitteleuropa besonders hohe Werte erreichte (Brezowsky 1952). Diese Zirkulationscharakteristik läßt auch für die skandinavischen Gletscher günstige Bilanzen erwarten. Eine eingehendere Betrachtung der sommerlichen Zirkulationsverhältnisse des Jahrzehntes 1910-20 wäre daher von großem Interesse.

LITERATUR

- Ambach, W. und Hoinkes, H., 1963, The Heat Balance of an Alpine Snowfield, Internat. Assoc. Scientific Hydrology, Publ. 61, 24-36
- Billwiller, R., 1930, Temperatur und Niederschlag im schweizerischen Alpengebiete während des letzten Gletschervorstoßes und einige Rückschlüsse auf die eiszeitlichen Verhältnisse, Ann. der Schweizerischen meteor. Zentralanst. Jahrg. 67, Nr 6
- Brezowsky, H., 1952, Säkulare Schwankungen der Zirkulation, Ber. d. dtsh. Wetterd. US-Zone, Nr. 35, 48-56
- Crary, A.P., Field, W.O., Meier, M.P., 1962, The United States glaciological researches during the IGY, J. of Glac. 4, 5-24
- Deutscher Wetterdienst, 1953-66, Täglicher Wetterbericht, Offenbach
- Deutscher Wetterdienst, 1958-65, Großwetterlagen Mitteleuropas, Offenbach
- Fliri, F., 1962, Wetterlagenkunde von Tirol, in "Tiroler Wirtschaftsstudien" 13. Folge, Universitätsverlag Wagner - Innsbruck
- Forel, F.-A., 1908, Périodicité météorologique et variations des glaciers, Annaire du S.A.C. XLIII, 302 - 312
- Hattersley-Smith, G., 1961, Ablation effects due to wind-blown dust, J. of Glac. 3, 1153
- Hess, H., 1941, Klimaschwankungen, Zeitschr. f. Gletscherkunde 27, 214-245
- Hoinkes, H., 1953, Wärmeumsatz und Ablation auf Alpengletschern, II. Hornkees (Zillertaler Alpen), September 1951, Geogr. Ann. XXXV, 116-40
- Hoinkes, H., 1955, Measurements of ablation and heat balance on alpine glaciers (with some remarks on the cause of glacier recession in the alps), J. of Glac. 2, 497-501

- Hoinkes, H., 1959, Das glazial-meteorologische Forschungsprogramm in den Ötztaler Alpen, Ber. d. dtsh. Wetterd. 8, Nr. 54, 8-13
- Hoinkes, H., 1962, Schwankungen der Alpengletscher - ihre Messung und ihre Ursachen, Umschau 62, 558-562
- Hoinkes H., 1964, Glacial Meteorology, in "Research in Geophysics" Vol. II, 391-424, M.I.T. Press, Cambridge, Mass.
- Hoinkes, H., 1966, Gletscherschwankungen und Wetter in den Alpen, Vortrag 9. Internat. Tagung für alp. Meteorol. in Brig, in Druck
- Hoinkes, H., und Lang, H., 1962, Der Massenhaushalt von Hintereis- und Kesselwandferner (Ötztaler Alpen) 1957/58 und 1958/59 Arch. f. Met., Geoph. u. Biokl., Serie B, Bd. 12, 284-320
- Hoinkes, H. und Rudolph, R., 1962 a, Variation in the mass balance of Hintereisferner (Ötztal Alps) 1952-61 and their relation to variation of climatic elements, Internat. Assoc. Scientific Hydrology, Publ. 58, 16-28
- Hoinkes, H. und Rudolph, R., 1962 b, Mass-balance studies on the Hintereisferner, Ötztal Alps, 1952-61; J. of Glac. 4, No 33 266-80
- Hoinkes, H. und Untersteiner, N., 1952, Wärmeumsatz und Ablation auf Alpengletschern, I. Vernagtferner (Ötztaler Alpen), August 1950, Geogr. Ann. XXXIV 99-158
- Holzappel, R., 1959, Hochsommertemperatur und Gletscherhochstände, Ber. d. dtsh. Wetterd. 8, No 54, 27-28
- Jacobs, I., 1958, 5- bzw. 40-jährige Monatsmittel der absoluten Topographie der 1000-, 850-, 500- und 300-mb-Flächen sowie der relativen Topographie 500/1000 und 300/500 mb über der Nordhemisphäre und ihre monatlichen Änderungen, Met. Abh. Bd. IV, Heft 2

- La Chapelle, E., 1965, The mass budget of Blue Glacier,
Washington, J. of Glac. 5, No. 41, 609-623
- Lamb, H.H. and Johnson, A.I., 1961, Climatic variation
and observed changes in the general circulation,
Geogr. Ann. 43, 363-400
- Lang, C., 1885, Der säkulare Verlauf der Witterung als Ur-
sache der Gletscherschwankungen in den Alpen,
Zeitschr. Österr. Gesellsch. für Meteor.
20, 443-457
- Lauscher, F., 1958, Studien zur Wetterlagenklimatologie
der Ostalpenländer, Wetter und Leben 10, 79-83
- Liljequist, G.H., 1949, On fluctuation of the summer mean
temperature in Sweden, Geogr. Ann. XXXI, 159-178
- Loewe, F., 1966, Das Inlandeis Grönlands, Umschau 16,
532-38
- Meier, M.F., 1962, Proposed definitions for glacier mass
budget terms, J. of Glac. 4, 252-61
- Meier, M.F. and Tangborn, W. V., 1965, Net Budget and Flow
of South Cascade Glacier, Washington; J. of
Glac. 5, 547-66
- Meteorolog. Inst. F.U. Berlin, 1953, Normalwerte des
Luftdrucks auf der Nordhemisphäre für die
Periode 1900-39, Met. Abh. 2, H. 1
- Morawetz, S., 1941, Zur Frage der letzten Gletscher-
schwankungen in den Ostalpen, Zeitschr. f.
Gletscherk. Bd. 27, 1941, 36-49
- Namias, J., 1957, Characteristics of cold winters and
warm summers over Scandinavia related to
the general circulation, J. of Meteor., Vol.14,
235-50
- Nye, J.F., 1960, The response of glaciers and ice-sheets
to seasonal and climatic changes, Proc. Roy,
Soc. A, 256, 559-84

- Petterssen, S., 1949, Changes in the general circulation associated with the recent climatic variation, Geogr. Ann. XXXI, 212-221
- Richter, E., 1888, Die Gletscher der Ostalpen, J. Engelhorn, Stuttgart
- Scherhag, R., 1950, Die Schwankungen der allgemeinen Zirkulation in den letzten Jahrzehnten, Ber. d. dtsh. Wetterd. in der US-Zone, Nr. 12, 40-45
- Schytt, V., 1959, The glaciers of the Kebnekajse-Massif, Geogr. Ann. XLI 213-27
- Schytt, V., 1960, 61, 62, 63, 65, 66, Regime studies on Storglaciären, Kebnekajse, during 1960: Geogr. Ann. XLII 62-63
- " 1961: " " XLIII 420-21
- " 1962: " " XLIV 407-11
- " 1963: " " XLV 292-302
- " 1964: " " 47 A, 65-71
- " 1965: " " 48 A, 43-50
- Schytt, V., 1962, Mass balance studies in Kebnekajse, J. of Glac. 4 281-88
- Small, R.T., 1966, Terrain effects on precipitation in Washington State, Weatherwise, Vol. 19, No.5, 204-07
- Tollner, H., 1953, Die meteorologisch-klimatischen Ursachen der Gletscherschwankungen in den Ostalpen während der letzten zwei Jahrhunderte, Wetter und Leben 5, 81-82
- Tronov, M.V., 1962, On the role of summer snowfall in glacier variations, I.A.S.H., Publ. 58, 252-69
- U.S. Department of Commerce, 1958-65, Climatological Data
- U.S. Weather Bureau, 1952, Normal Weather Charts for the Northern Hemisphere, Technical Paper no. 21
- Wallén, C.C., 1949, The Shrinkage of the Karsa Glacier and its Probable Meteorological Causes, Geogr.

- Ann. XXXI 275-91
- Wallén, C.C., 1959. The Karsa glacier and its relation to the climate of the Torne Träsk region, Geogr. Ann. XLI 236-44
- Wege, K., 1961, Die Änderung der Luftdruckverhältnisse zwischen den Zeiträumen 1901-30 und 1931-60 am Beispiel der deutschen Climat-Stationen, Meteor. Rundschau 14, 138-142
- Wendler, G., 1964, Die Berechnung des Strahlungsanteils an der Ablation im Gebiet des Hintereis- und Kesselwandferners im Sommer 1958, Dissertation Innsbruck.

Tab. 1.34: Korrelation übergreifender vier Dekadenmittel der Temperatur in 500 mb mit den Bilanzwerten des Blue Glacier und South Cascade Glacier 43

Tab. 2.31: Werte der relativen Topographie 500/1000mb bei 40°N/110°W 48-49

Tab. 2.32: Ein Vergleich von 10- und 15-jährigen Mittelwerten der relativen Topographie 500/1000 im westlichen und östlichen Nordamerika für den Monat Juli 49

Tab. 2.33: Korrektionsbeträge für 500/1000 mb bei 40°N/110°W in gpdm 50

Tab. 2.41: Längenmittel der Abweichungen in 500 mb für 120°W bis 50°E und zwischen 35° und 60°N (Juni + Juli + August) 52

Tab. 2.51: Vergleich der Abweichungen in 500 mb, 500/1000 und 1000 mb für verschiedene Breiten und Jahre (Juni + Juli + August) . 53-56

Tab. 3.1: Mittlere Massenbilanzen $\bar{b}_m = (\bar{b}_{HE} + \bar{b}_{ST} + \bar{b}_{SC} + \bar{b}_{BL}) / 4$ (mm)

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN IM TEXT

Abb. 1	: Specific net mass budgets 1958-1965	5
Abb. 1.11:	Relative Topographie 500/1000 mb und Temperatur in 500 mb (München, Juli 1965, Termine 0 ^h und 12 ^h GMT)	9
Abb. 1.12:	Monatsmittel der relativen Topographie 500/1000 mb und der Temperatur in 500 mb von April bis September (München, 1958-66).	10
Abb. 1.13:	Sonnblick; Niederschlag und Temperatur 06 ^h GMT, Mai bis September 1965.	14-15
Abb. 1.14:	Massenhaushalte des Hintereisferner und Temperaturmittel in 500 mb (1953-66).	19
Abb. 1.15:	Hintereisferner: Korrelation der Tempe- raturen in 500 mb mit den Massenhaus- halten, 1953-66 (übergreifende sechs De- kaden von April bis September)	21
Abb. 1.16:	Hintereisferner: Temperaturabweichungen in 500 mb vom Mittel 1953-66 (für Jahres- gruppen normiert)	24
Abb. 1.21:	Storglaciären: Temperaturabweichungen in 500 mb vom Mittel 1953-66 (für Jahres- gruppen normiert)	32
Abb. 1.31:	Tatoosh Island: Temperaturabweichungen in 500 mb vom Mittel 1958-65 (für Jahres- gruppen normiert)	44a
Abb. 1.32:	Tatoosh Island: Temperaturabweichungen in 500 mb	44b
Abb. 3.1	: Differenzen der Temperaturen in 500 mb (Storglaciären minus Hintereisferner, Juni- August) und Massenhaushalte des Storgla- ciären und Hintereisferner	68

- Abb. 3.2 : Differenzen der Massenbilanzen ($\bar{\Delta b}$) und Differenzen der Mitteltemperaturen Juni-August in 500 mb (At, Storglaciären minus Hintereisferner), sowie Bilanzmittelwerte zwischen Storglaciären und Hintereisferner (\bar{b}_m) 70
- Abb. 3.3 : Mittelwerte der Massenhaushalte und der Temperaturen in 500 mb (Mai-Juli) zwischen Hintereisferner, Storglaciären, Blue Glacier und South Cascade Glacier . . 73
- Abb. 3.4 : Mittlere Massenbilanzen zwischen Hintereisferner, Storglaciären, Blue Glacier und South Cascade Glacier und Stärke der Zonalzirkulation in 500 mb (bezogen auf das Mittel 1900-39) für Mai + Juni + Juli 76
- Abb. 3.5 : Mittlere Massenbilanzen von Hintereisferner, Blue Glacier und South Cascade Glacier ($\bar{b}_m = \frac{BL+SC}{2} + HE$), mittlere Abweichung der 500 mb-Topographie (alle Gitternetzwerke) der Sommermonate (VI + VII + VIII) und Zirkulationsindices $(\Delta I_{z_F})_2$ für V + VI + VII und VI + VII + VIII 81
- Abb. 3.6 : Mittlere Massenbilanzen zwischen Hintereisferner, Storglaciären, Blue Glacier und South Cascade Glacier und mittlere Abweichung der relativen und absoluten Topographie 500 und 500/10000 mb (IV + V + VI) 83

veichung des 10-jährigen Mittels der 500mb-Topographie vom 40-jährigen
 stel 1900-39 in gpm für VI + VII + VIII

ΔH		ΔH		ΔH		ΔH		ΔH		ΔH	
35°N, 120°W	1	40°N, 30°W	7	45°N, 50°E	-3	55°N, 120°W	-6	60°N, 80°W	-9	70°N, 120°W	3
110	9	20	3	50°N, 150°W	-2	110	-5	70	-6	100	4
100	7	10	3	140	-5	100	-2	80	-4	80	3
90	5	0	4	130	-7	90	-3	50	-4	60	7
80	2	10°E	4	120	-9	80	-7	40	-7	40	5
70	-1	20	-1	110	-3	70	-6	30	-8	20	3
60	1	30	-7	100	3	60	-2	20	-9	0	0
50	5	40	-6	90	0	50	-1	10	-8	20°E	5
40	5	50	0	80	-2	40	-3	0	-7	40	8
30	3	45°N, 130°W	-5	70	-3	30	-4	10°E	-4	75°N, 160°W	3
20	1	120	-4	60	-3	20	-6	20	-3	120	3
10	1	110	5	50	0	10	-4	30	0	80	4
0	2	100	6	40	4	0	-4	40	1	40	6
10°E	6	90	4	30	5	10°E	-2	50	4	0	3
20	2	80	0	20	2	20	0	65°N, 160°W	-2	40°E	4
30	-4	70	0	10	-3	30	-1	140	3	80°N, 160°W	-1
40	-2	60	0	0	-4	40	-2	120	2	120	3
50	-1	50	3	10°E	-3	50	-2	100	-1	80	9
40°N, 120°W	-2	40	1	20	-2	60°N, 170°W	-3	80	-2	40	8
110	8	30	7	30	-4	160	-3	60	1	0	5
100	5	20	6	40	-2	150	-4	40	0	40°E	2
90	3	10	0	50	-2	140	-4	20	-3	85°N, 90°W	5
80	2	0	-2	55°N, 170°W	-2	130	-2	0	-4	0°	5
70	0	10°E	-1	160	-4	120	1	20°E	1	90°N	7
60	0	20	-4	150	-7	110	-4	40	6		
50	4	30	-5	140	-8	100	-3	70°N, 160°W	1		
40	9	40	-5	130	-7	90	-6	140	2		

Abweichungen der absoluten Topographie 500 mb in gpm
 von 1958 bis 65

	Mai + Juni								Oktober							
	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
35°N, 120°W	-6	-1	4	0	-4	-5	-6	-11	1	1	-2	-3	-1	-1	2	6
110	-6	2	6	7	1	5	1	-7	0	-3	-3	-3	1	3	4	3
40°N, 120°W	-4	-8	2	1	-6	-5	-9	-10	4	3	1	-1	3	2	7	9
110	3	-5	4	6	-1	1	-2	-7	2	-2	-1	-3	4	5	5	6
45°N, 130°W	7	-5	-5	-5	-3	-3	-8	4	2	7	-1	4	0	-9	1	2
120	3	-5	-2	3	-8	-3	-8	-4	6	5	2	1	5	2	8	9
110	4	0	0	9	0	2	-2	-5	6	0	2	0	6	7	7	9
50°N, 150°W	6	1	-7	-8	11	-1	3	-4	-3	3	-7	5	-7	-15	-8	-15
140	19	-7	-8	-11	2	-4	-4	2	-2	5	-4	4	-5	-17	-7	-11
130	15	-6	-7	-4	-6	-3	-7	1	4	4	3	2	0	-9	2	1
120	10	-6	-6	7	-8	-3	-6	-3	7	3	5	1	6	1	8	8
110	7	-3	-4	11	-1	-1	-2	-5	8	1	5	1	8	9	8	9
55°N, 150°W	3	4	-8	-8	4	-7	1	-14	-4	3	-6	-2	-8	-14	-6	-14
140	15	-2	-10	-10	-5	-8	-5	-8	-2	4	-4	-2	-6	-14	-5	-11
130	17	-4	-8	1	-7	-7	-5	-3	3	5	2	0	1	-6	3	0
120	14	-4	-9	11	-6	-3	-2	-2	8	4	5	1	6	4	9	6
110	5	-2	-5	16	0	0	3	-1	8	2	5	1	7	8	8	6
60°N, 150°W	0	5	-2	-2	-1	-8	-3	-17	-6	2	-4	-7	-5	-9	-4	-10
140	8	-1	-6	-4	-8	-8	-7	-13	-4	2	-2	-5	-2	-6	0	-6
130	11	0	-6	2	-9	-8	-4	-8	-1	3	1	-3	2	-1	4	0
120	9	-3	-3	12	-3	-4	2	-4	4	2	4	-2	5	3	7	3
110	0	-4	-1	14	0	-1	3	-3	6	-1	4	-3	6	6	5	1
65°N, 160°W	-3	5	0	3	-1	-7	1	-17	-4	6	-2	-8	-5	-5	-3	-8
140	4	1	-2	2	-5	-7	-8	-13	-3	2	-1	-6	-1	-4	2	-5
120	2	-3	0	8	-4	-3	-4	-7	0	-1	1	-5	4	0	4	0

Abweichungen der absoluten und relativen Topographie 500 und
500/1000 mb in gpdm

April + Mai + Juni 1958-65

500/1

500/1000/1

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
35°N, 120°W	-9	2	5	1	2	-13	-9	-17		0	7	6	0	1	-13	-9	-14
110	-16	6	9	7	6	4	-3	-8		8	9	10	8	5	3	-6	-8
100	-5	6	5	1	5	10	3	3		9	6	11	3	7	13	7	7
90	-7	4	1	-7	3	9	7	9		3	6	6	-6	1	0	7	8
80	-2	7	0	-10	3	3	9	6		4	6	5	-4	2	5	9	6
70	3	7	2	-5	3	-2	5	0		5	5	7	-1	1	-1	5	0
60	3	3	6	2	2	-7	0	-8		2	3	6	3	0	-2	1	-4
50	6	5	7	12	8	0	6	0		6	7	8	8	6	3	3	2
40	8	10	5	11	10	6	10	11		7	8	8	6	9	9	5	11
30	8	11	6	9	5	7	10	14		5	9	3	6	1	6	7	8
20	6	8	4	6	0	-1	4	10		2	7	5	7	0	0	3	5
10	4	2	1	3	2	-7	2	5		2	4	4	5	1	-5	3	3
0	7	1	-4	10	8	-3	8	3		2	-1	-1	9	2	-4	5	0
10°E	9	1	-1	10	10	-2	11	0		1	-2	-4	6	3	-4	4	-7
20	7	2	1	6	7	-4	4	-3		0	-4	-6	-2	0	-6	-5	-7
30	2	0	-2	2	0	-9	-9	-7		0	-2	-4	0	-1	-4	-9	-8
40	0	1	1	0	-3	-11	-12	-8		-4	2	-3	0	-2	-6	-9	-8
50	4	4	2	-1	-5	-11	-7	-6		-1	4	-4	-2	-11	-9	-10	
40°N, 120°W	-7	-2	3	2	2	-13	-10	-14		3	5	4	2	1	-11	-10	
110	-2	0	6	5	5	-2	-5	-9		7	10	8	6	5	0		

500/1

500/1000/1

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
11°N, 100°W	-2	-2	3	-3	3	6	-3	1		8	7	9	0	7	11	6	9
90	-5	-1	-2	-9	7	8	6	9		4	4	1	-8	6	3	9	9
80	-3	1	1	-13	8	3	12	10		4	11	9	-9	6	4	10	9
70	1	3	7	-9	5	-5	9	-1		2	5	9	-4	4	-3	5	0
60	3	-7	7	-2	1	-12	-1	-10		1	2	7	1	-1	-6	-2	-6
50	8	-10	5	5	4	-7	0	-8		2	1	5	6	2	-2	-2	-2
40	10	-4	3	6	5	4	6	7		4	5	3	4	5	4	5	7
30	9	5	5	7	9	8	9	18		3	6	2	4	0	3	5	8
20	5	6	6	5	8	2	5	16		1	7	2	6	2	1	2	8
10	5	4	10	6	7	-3	4	12		-1	6	5	6	2	-4	1	5
0	6	0	8	11	8	-2	11	7		-3	3	5	9	1	-2	8	2
10°E	4	1	3	6	4	-2	12	-1		1	-3	-3	3	-4	-5	4	-6
20	2	-4	-3	-1	1	-6	2	-7		-3	-6	-7	-2	-4	-7	-4	-8
30	-3	-8	-4	-3	-3	-10	-12	-11		-4	-5	-5	-1	-3	-7	-14	-10
40	0	2	1	1	-2	-12	-12	-9		1	1	1	3	-1	-9	-7	-6
50	3	6	2	1	-7	-13	-9	-9		2	7	0	4	-8	-6	-7	-7
45°N, 130°W	3	2	-9	-1	0	-12	-3	0		1	-1	-11	-4	-10	-13	-10	-5
120	0	2	-1	5	0	-9	-8	-4		8	-2	-6	0	-5	-8	-12	-4
110	1	3	2	7	7	0	-3	-3		12	6	3	9	8	3	1	3
100	-1	6	2	0	7	5	1	2		8	9	6	0	5	9	9	7
90	-5	9	1	-6	10	7	6	10		4	11	4	-8	6	5	9	9
80	-9	9	3	-12	10	3	9	7		2	18	10	-7	8	4	9	7
70	-6	8	11	-7	6	-4	5	-1		-2	9	11	0	6	1	5	0
60	4	2	6	-4	-2	-14	-5	-13		-1	2	5	-2	-5	-7	-5	-9
50	10	-5	2	-2	-3	-12	-6	-12		2	1	2	3	-4	-5	-6	-4
40	14	-3	0	-3	4	0	2	-1		6	5	3	3	3	4	2	4
30	10	5	0	0	8	6	4	12		3	7	1	5	4	5	2	9
20	2	9	5	3	13	4	1	15		-2	4	2	6	3	1	1	7
10	-1	6	12	6	10	-2	2	9		-6	2	6	7	0	-5	-1	2

500/1

500/1000/1

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
45°N, 0°	2	4	9	6	5	-4	8	2	-6	1	5	4	-5	-6	5	-4
10°E	3	3	7	5	2	1	15	-4	-3	1	1	5	-5	-1	7	-5
20	0	-6	-1	1	0	-2	5	-1	-3	-3	-4	2	-3	-1	2	-8
30	-2	-7	-1	-2	-1	-5	-5	-13	0	-4	-5	1	-1	-4	-5	-10
40	0	-2	1	0	1	-8	-5	-8	1	-2	-3	4	0	-5	-4	-8
50	2	4	1	3	-3	-9	-7	-9	2	4	-1	8	-4	-1	-2	-6
50°N, 150°W	7	-1	-16	1	5	3	11	2	1	3	-12	-1	-3	-1	1	-3
140	19	-2	-15	-4	-3	-6	3	3	8	2	-10	-8	-12	-8	-8	-7
130	14	-1	-11	1	-5	-8	-4	-1	12	-1	-10	-5	-14	-13	-14	-8
120	9	-1	-4	9	-2	-5	-6	-1	12	-6	-6	5	-5	-5	-8	-2
110	6	-1	-2	8	4	0	-2	0	7	-2	3	10	7	3	1	5
100	-2	2	0	7	10	6	4	4	1	3	2	2	8	6	7	8
90	-10	3	3	-3	13	6	5	7	-3	5	7	-3	10	7	10	10
80	-12	3	8	-6	14	7	5	4	-3	7	13	-3	10	8	9	4
70	-7	8	14	-4	8	1	4	0	-2	7	14	0	4	4	5	-1
60	1	5	7	-1	-5	-9	-7	-10	0	2	7	-1	-7	-3	-4	-6
50	10	-3	1	-3	-11	-13	-9	-13	2	2	1	-1	-8	-6	-6	-7
40	14	-4	-2	-7	-3	-3	-3	-8	4	2	1	1	-2	2	-2	0
30	10	2	-2	-3	7	4	-1	3	4	7	0	7	4	5	0	6
20	-2	3	3	-3	9	-2	-6	5	-4	5	3	5	2	0	-1	4
10	-8	5	12	3	7	-7	-4	-1	-9	3	5	7	-3	-6	-1	-2
0	-6	6	12	1	-2	-8	4	-5	-9	3	5	2	-10	-6	2	-6
10°E	-2	6	8	4	-4	2	13	-5	-4	3	1	5	-7	2	7	-5
20	0	3	1	2	-1	6	11	-10	0	0	-2	6	-3	5	8	-5
30	1	-2	3	-3	0	-1	3	-15	0	-4	-4	-1	0	-2	2	-12
40	5	0	4	-3	5	-2	-1	-11	2	-2	-3	1	3	-5	-1	-10
50	2	4	0	-1	4	-2	-9	-10	1	1	-5	4	3	-2	-5	-8
55°N, 170°W	-11	10	-6	13	33	6	14	0	-3	3	-11	8	16	2	3	-2
160	-5	5	-12	9	17	4	10	-6	-2	2	-10	3	6	0	0	-8

500/1

500/1000/1

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
45°N, 150°W	7	6	-18	0	-1	-4	3	-10	4	0	-14	-5	-6	-9	-7	-13
140	17	2	-15	-3	-10	-9	-4	-7	9	-2	-13	-12	-18	-15	-13	-17
130	20	1	-9	5	-7	-8	-6	-2	14	-2	-9	0	-12	-10	-10	-7
120	16	0	-7	11	-2	0	-4	1	9	-5	-6	7	-3	-3	-4	1
110	7	-1	-3	12	3	5	2	4	4	-4	-1	8	4	2	4	6
100	-6	-2	-2	6	7	7	4	4	-2	-2	0	1	3	5	9	8
90	-12	-4	4	1	10	8	6	4	-7	-4	8	-4	5	4	7	5
80	-11	-2	11	-1	7	5	1	0	-4	-3	10	-2	2	2	3	1
70	-2	5	14	-1	1	2	0	1	-1	3	9	0	-6	-2	0	-3
60	3	6	6	2	-10	-5	-7	-6	-1	5	3	1	-10	-3	-4	-5
50	12	2	0	0	-16	-7	-7	-11	0	3	0	0	-11	-6	-5	-7
40	14	-1	-4	-4	-7	-3	-6	-10	-1	4	0	3	-5	1	-1	0
30	6	-2	-5	-7	2	-2	-6	-6	-6	3	-1	5	1	1	-1	1
20	-3	-3	2	-7	6	-7	-7	-5	-9	4	3	2	3	-2	0	2
10	-7	4	13	-1	3	-10	-5	-5	-13	2	5	2	-3	-3	-2	-1
0	-5	6	14	0	-5	-8	1	-6	-11	2	5	0	-10	-7	-1	-6
10°E	-4	8	9	0	-12	3	7	-5	-6	4	2	5	-11	2	6	-3
20	1	7	7	0	-7	10	13	-6	-2	3	0	3	-5	6	8	-6
30	2	4	8	-4	0	8	9	-11	0	2	0	-1	3	3	7	-12
40	5	3	10	-6	7	7	3	-9	1	1	0	-3	7	1	3	-10
50	8	3	7	-6	17	8	-5	-7	6	4	0	-1	8	3	-3	-6
60°N, 170°W	-4	10	-4	11	22	-5	5	-7	0	5	-10	4	11	-7	-2	-8
160	1	8	-8	7	11	-2	2	-11	4	5	-5	6	6	-1	-2	-8
150	6	3	-10	0	-3	-8	-7	-15	7	3	-3	-1	-2	-6	-7	-13
140	14	-1	-9	-3	-13	-9	-9	-13	12	2	0	-2	-11	-6	-8	-11
130	16	-1	-6	2	-11	-7	-10	-9	13	2	4	5	-5	-2	-4	-7
120	12	-1	0	10	-2	0	-3	-3	12	1	5	10	3	6	2	3
110	2	-5	1	9	0	4	-2	-2	2	-6	5	8	5	7	3	4
100	-5	-8	5	7	2	6	1	2	-8	-11	5	2	0	3	3	5

500/1

500/1000/1

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
60°N, 90°W	-11	-7	8	3	-3	2	0	2	-7	-10	7	0	-4	-3	-2	1
80	-4	-3	10	4	-4	-2	-7	0	-3	-6	7	3	-8	-5	-5	0
70	2	2	9	5	-9	-5	-9	0	1	-2	4	3	-15	-6	-7	0
60	11	5	1	3	-16	-8	-10	-2	2	2	-2	1	-15	-8	-9	-4
50	16	3	-8	-5	-18	-11	-11	-9	-1	3	-6	-2	-12	-7	-4	-5
40	10	-3	-12	-9	-13	-9	-8	-12	-3	0	-4	0	-7	-3	-2	-5
30	5	-4	-7	-8	-3	-8	-7	-11	-5	-2	0	4	-1	-1	1	-2
20	-1	-3	0	-13	2	-11	-9	-9	-7	-3	4	1	2	0	3	2
10	-6	1	9	-8	1	-10	-9	-8	-11	-2	6	-2	-2	0	-1	1
0	-7	3	12	-7	-9	-5	-7	-7	-12	0	4	-5	-11	-3	-3	-3
10°E	-6	8	10	-8	-16	6	-2	-6	-8	2	3	-4	-14	2	0	-5
20	-4	8	9	-7	-13	11	3	-7	-4	3	3	0	-8	7	4	-8
30	1	8	15	-7	-2	14	6	-6	0	3	5	1	1	8	8	-8
40	6	4	15	-8	5	15	7	-4	3	4	3	-3	5	4	5	-7
50	10	2	14	-7	12	6	2	-1	4	3	3	0	9	9	1	-3
65°N, 160°W	3	3	-9	1	0	-7	-7	-17	4	2	-3	2	-1	1	-6	-10
140	8	-3	-6	-2	-8	-9	-17	-15	11	-1	7	6	0	3	-9	-3
120	5	-8	1	1	-7	-1	-15	-11	1	-9	6	3	-1	8	-8	0
100	-4	-13	9	1	-6	0	-12	-6	-9	-16	6	-2	-11	-3	-11	-3
80	0	-8	9	3	-8	-7	-16	-5	-2	-7	3	1	-11	-8	-16	-3
60	11	0	0	3	-13	-11	-11	-2	6	2	-6	2	-9	-8	-9	1
40	10	2	-10	-2	-5	-11	-6	-3	3	3	-6	0	-4	-7	1	-2
20	3	-1	3	-5	5	-7	-4	-2	-3	-1	5	0	6	3	3	4
0	-5	2	14	-10	-3	7	-5	1	-7	2	8	-4	-6	9	0	0
20°E	-4	7	18	-6	-8	19	-1	0	-4	3	12	0	-6	12	2	-4
40	7	3	21	-7	0	18	2	-3	1	2	7	-1	1	8	1	-8
70°N, 170°W	0	7	-6	3	-2	-11	-8	-16	1	2	-8	1	-2	-5	-8	-12
150	6	0	-7	1	-10	-7	-20	-17	5	-1	-4	0	-8	2	-17	-9
130	6	-7	2	1	-7	-1	-23	-12	4	-11	5	1	-5	7	-20	-8

500/1

500/1000/1

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
70°N, 110°W	-1	-15	8	0	-7	3	-25	-11	-7	-16	6	-1	-8	3	-21	-7
90	-1	-10	11	3	-4	-2	-23	-9	-6	-11	3	0	-6	-3	-19	-5
70	8	0	4	8	-2	-3	-12	-2	3	1	0	6	-2	-4	-10	1
50	13	7	-6	3	-3	-9	-8	-1	8	7	-4	10	9	1	2	10
30	11	0	-3	2	5	-1	2	6	4	2	-1	6	6	2	7	10
10	3	0	7	-9	2	4	-3	2	-2	-1	6	-5	0	5	0	3
10°E	0	2	18	-9	-5	16	-4	3	-4	2	12	-4	-6	11	1	1
30	4	4	21	-8	-7	16	-4	-5	-3	3	14	-1	-4	8	0	-8
50	4	-2	16	-11	-3	11	-7	-10	-4	-2	6	-4	2	7	-11	-11
75°N, 160°W	3	6	-2	8	-8	-5	-18	-12	1	3	-6	5	-6	2	-16	-8
140	6	1	0	6	-7	-1	-27	-11	-1	-4	-2	4	-6	5	-22	-9
120	0	-6	7	3	-4	2	-33	-11	-5	-9	1	3	-5	6	-23	-9
100	-7	-7	10	0	-3	0	-33	-12	-6	-10	3	1	-2	2	-24	-6
80	-3	-3	5	-2	-2	-3	-23	-7	-5	-2	4	2	6	0	-15	3
60	5	3	-1	-2	-1	-3	-10	2	3	6	-1	4	10	1	-4	10
40	11	3	-3	0	2	-4	-4	5	6	6	0	7	11	2	5	11
20	12	1	4	-3	4	4	0	8	4	-1	0	-2	2	2	2	5
0	10	1	9	-9	-3	8	-5	1	3	3	10	-3	-3	7	1	0
20°E	8	0	14	-11	-10	12	-8	-7	0	5	12	-2	-8	8	-2	-4
40	5	-2	16	-8	-6	12	-9	-10	-4	2	10	-3	-4	6	-8	-11
80°N, 160°W	-1	6	1	9	-14	-4	-28	-6	-3	4	-1	6	-6	-1	-17	-8
120	-3	-2	8	5	-4	-3	-35	-8	-7	-3	3	4	1	0	-24	-6
80	-5	1	9	-6	1	-7	-25	-3	-5	-1	8	-1	9	-4	-13	2
40	5	2	4	-3	4	-3	-7	3	3	3	2	-1	7	-1	1	5
0	11	-1	8	-9	-5	1	-9	-4	6	-4	4	-4	-4	0	-3	-2
40°E	7	0	11	-7	-7	5	-11	-8	1	6	9	-1	-4	3	-11	-6
85°N, 90°W	-4	3	8	-3	-1	-10	-29	-7	-7	0	5	-5	2	-9	-18	-6
0°	7	1	6	-8	-3	-6	-15	-5	2	0	3	-7	-3	-5	-11	-4
90°N	2	7	6	-1	-5	-6	-25	-6	1	4	3	-3	-3	-6	-16	-6

Abweichungen der absoluten und relativen Topographie 500 und
500/1000 mb in gpdm

Mai + Juni + Juli 1958-65

	500/2								500/1000/2							
	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
35°N, 120°W	-8	4	7	3	-2	-4	-4	-10	4	-1	8	2	-4	-4	-3	-9
110	-6	8	11	11	4	10	6	-3	12	8	9	8	-1	6	0	-7
100	4	5	4	5	6	9	7	3	10	3	5	4	7	9	7	4
90	0	5	-2	-2	7	4	6	5	5	4	4	-5	6	3	5	4
80	1	6	-6	-4	4	-2	3	1	5	4	0	-3	6	0	6	3
70	2	6	-5	2	1	1	1	5	6	3	3	1	3	1	4	1
60	5	2	2	7	-3	6	0	0	6	0	4	3	-1	4	3	-1
50	6	2	6	13	3	9	6	4	8	2	6	5	4	5	4	2
40	8	5	6	11	5	7	6	7	7	5	7	3	9	6	7	7
30	8	7	7	7	2	6	0	6	8	6	3	1	2	3	2	3
20	6	4	4	4	-2	-2	-1	2	8	6	5	3	0	-1	3	2
10	6	0	2	1	3	-5	8	5	8	5	5	5	2	-3	9	5
0	8	-2	-2	7	9	-1	12	9	8	0	1	6	4	-3	9	6
10°E	13	2	4	8	12	0	11	10	7	-3	0	3	5	-4	3	2
20	10	1	3	4	6	-3	0	5	1	-7	-3	-2	1	-7	-7	-1
30	1	-5	-3	0	2	-9	-10	-5	-5	-4	-3	0	3	-6	-9	-6
40	-1	-3	1	2	2	-10	-6	-3	-10	-4	-4	1	2	-8	-5	-5
50	3	0	2	4	0	-8	1	1	-6	-4	-6	1	-7	-11	-4	-4
40°N, 120°W	-6	-2	6	5	-5	-6	-7	-10	6	3	7	5	-7	-6	-7	-8
110	2	1	10	11	1	5	4	-4	7	8	8	9	0	5	2	-3

500/2

500/1000/2

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
40°N, 100°W	0	-2	4	2	2	8	4	1		6	7	6	3	6	11	8	6
90	-5	-1	-5	-4	7	4	6	5		0	3	-4	-8	5	-1	5	3
80	-2	1	-6	-5	8	0	6	5		2	8	0	-7	7	0	6	4
70	-1	0	0	0	2	1	5	3		3	4	3	0	1	0	5	3
60	6	-4	3	7	-6	5	3	-1		5	2	5	4	-3	4	4	0
50	9	-9	6	13	-2	9	5	-1		4	0	7	7	1	6	3	0
40	10	-5	8	16	2	12	7	6		4	5	6	6	5	7	6	5
30	8	3	8	13	5	11	4	9		4	5	2	3	0	3	1	3
20	3	4	7	9	5	4	4	6		3	6	3	4	1	1	2	3
10	5	5	7	8	7	0	9	6		3	7	4	6	3	-2	6	2
0	10	3	7	9	10	1	15	8		5	6	6	8	4	1	13	6
10°E	16	4	4	4	7	1	12	8		4	-3	-1	0	0	-3	5	2
20	10	-5	-3	-5	1	-3	-1	2		2	-7	-7	-8	-3	-7	-7	-2
30	0	-10	-5	-8	-2	-9	-12	-7		-3	-4	-5	-6	-2	-7	-12	-8
40	0	-3	-1	-2	2	-11	-8	-5		-3	-1	-1	0	1	-10	-4	-5
50	0	1	0	1	1	-12	-2	-2		-4	-2	-5	2	-6	-11	-4	-6
45°N, 130°W	10	-3	-5	-5	-3	-10	-13	2		12	-2	-8	-6	-13	-12	-13	-4
120	4	-2	3	6	-9	-7	-7	-4		13	-5	-2	3	-14	-9	-10	-6
110	2	3	7	15	2	5	4	-1		8	1	5	14	0	5	5	1
100	-2	6	5	7	5	9	7	3		3	7	6	5	6	11	11	7
90	-9	11	0	0	9	8	7	7		-6	6	-2	-6	4	3	6	5
80	-13	12	-3	-7	9	7	6	3		-6	10	2	-5	6	4	6	2
70	-10	12	3	-2	1	2	3	0		-3	8	5	0	1	5	5	0
60	2	8	4	5	-7	3	0	-3		1	5	6	2	-7	3	2	-2
50	15	7	8	13	-5	8	3	-2		2	4	9	8	-4	5	3	1
40	11	3	10	19	4	15	8	1		4	7	8	10	4	10	7	4
30	3	9	4	17	4	13	6	3		1	8	3	9	2	6	3	4
20	-5	13	4	17	8	9	6	4		-3	6	3	7	1	1	4	1
10	-5	10	7	13	8	2	9	0		2	6	3	7	0	-3	5	-3

500/2

500/1000/2

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
45°N, 0°	2	0	4	6	4	-1	12	-2	-4	4	2	1	-4	-4	8	-5
10°E	10	2	2	-2	0	2	13	-1	3	2	-2	-3	-5	-1	6	-2
20	6	-6	-4	-8	-5	-1	2	-5	1	-3	-7	-9	-9	-2	-3	-6
30	2	-5	-3	-8	-4	-3	-7	-8	0	-3	-7	-8	-6	-5	-9	-9
40	3	-2	-1	-5	0	-8	-4	-3	-2	-2	-6	-4	-4	-9	-7	-7
50	3	-1	-4	-1	-3	-12	-4	-2	-3	-2	-9	2	-5	-9	-4	-5
50°N, 150°W	-4	-13	-13	-2	8	4	-3	-6	4	1	-11	-2	-1	-1	-3	-8
140	25	-10	-15	-7	1	-6	-14	-2	12	-4	-10	-8	-11	-9	-14	-8
130	19	-7	-9	-3	-8	-11	-16	-1	18	-8	-12	-6	-18	-17	-19	-10
120	11	-5	-1	8	-11	-9	-9	-4	15	-11	-5	5	-15	-11	-9	-6
110	3	-3	1	14	-3	-2	-1	-4	3	-3	3	12	-3	0	2	0
100	-9	3	3	13	6	7	5	1	-5	4	2	5	-2	6	6	3
90	-18	6	2	3	11	8	5	0	-12	8	2	-1	6	10	5	1
80	-19	9	3	-4	11	8	4	-4	-9	9	4	-5	8	8	5	-4
70	-13	14	9	-5	7	6	3	-4	-4	12	7	-3	3	8	6	-3
60	-4	11	11	2	0	2	-3	-3	0	10	9	0	-2	4	1	0
50	5	4	11	9	-3	3	-2	-3	2	7	10	4	-2	2	0	0
40	6	3	7	14	1	9	1	-5	0	4	6	8	1	6	3	1
30	-3	7	0	19	5	10	3	-4	-2	8	1	13	2	6	4	2
20	-18	9	-2	15	8	2	2	-5	-8	-3	-2	7	1	●	4	-2
10	-18	12	1	11	4	-4	5	-9	-12	-5	-1	6	-4	-7	3	-7
0	-8	10	1	1	-4	-6	8	-10	-7	5	0	-3	-11	-7	4	-9
10°E	2	8	0	-4	-10	2	12	-7	2	5	-2	-6	-15	0	5	-6
20	7	5	-1	-8	-11	7	9	-9	3	1	-4	-6	-15	2	3	-7
30	4	3	0	-8	-11	1	1	-11	1	-1	-5	-8	-10	-2	-2	-11
40	5	1	2	-5	-5	-4	-2	-6	1	-1	-5	-4	-5	-7	-4	-8
50	3	3	-8	-5	-3	-9	-8	-4	-1	-2	-11	-1	-1	-8	-7	-6
55°N, 170°W	-23	0	2	2	20	1	8	-13	-12	-1	-1	0	10	0	2	-12
160	-23	-8	-3	-1	14	2	3	-17	-9	-2	-3	2	4	-1	-3	-15

500/2

500/1000/2

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
55°N, 150°W	-16	-11	-14	-6	0	-6	-8	-19	-1	-4	-16	-8	-7	-10	-12	-20
140	9	-13	-18	-8	-8	-12	-17	-13	11	-10	-21	-15	-20	-19	-19	-18
130	17	-9	-10	4	-7	-13	-13	-4	16	-10	-15	-1	-17	-16	-14	-13
120	18	-2	-7	14	-8	-6	-6	-1	12	-11	-10	8	-12	-8	-5	-2
110	8	3	-2	19	-2	-1	3	0	1	-6	-2	11	-5	-2	3	2
100	-6	7	0	14	5	5	6	-1	-7	4	3	8	1	7	9	3
90	-12	8	1	7	9	9	7	-4	-12	2	5	1	5	6	7	-3
80	-10	11	6	-2	9	4	2	-9	-10	3	7	-5	4	2	3	-5
70	-8	9	10	-7	8	3	0	-4	-3	9	9	-5	1	0	2	-4
60	-4	5	10	-3	2	-3	-6	-2	1	11	8	1	1	0	0	1
50	1	-2	7	-4	0	-2	-6	-1	1	6	5	0	-2	-2	-3	0
40	-1	-6	0	5	3	2	-6	-5	-3	4	1	3	-1	1	-1	2
30	-15	-5	-7	7	4	0	-5	-10	-11	2	-3	5	-1	0	1	-1
20	-25	-3	-9	5	3	-7	-5	-11	-15	3	-4	1	0	-4	1	-3
10	-25	5	-3	4	0	-10	-2	-10	-16	2	-3	-1	-5	-7	-1	-5
0	-13	11	-1	-5	-8	-8	0	-11	-8	2	0	-6	-13	-10	-3	-10
10°E	-2	13	0	-9	-17	1	4	-12	-1	5	1	-3	-16	-1	2	-8
20	1	9	6	-8	-18	10	11	-12	2	5	1	-4	-17	3	4	-11
30	1	6	6	-6	-15	8	9	-16	0	4	1	-2	-9	4	5	-14
40	1	13	6	-2	-7	2	4	-11	-2	1	-1	-2	-4	-2	2	-10
50	5	4	-2	-2	0	-1	-3	-8	1	1	-6	1	2	-2	-2	-6
60°N, 170°W	-13	6	7	2	17	-6	6	-17	-10	-1	1	0	8	-6	-2	-17
160	-13	2	3	1	12	-3	2	-18	-7	-2	2	1	6	0	-2	-16
150	-15	-6	-5	-2	1	-9	-11	-20	-1	-6	-4	-4	-2	-5	-8	-19
140	-1	-7	-10	-3	-8	-11	-15	-15	5	-8	-7	-5	-13	-9	-12	-15
130	5	-7	-8	4	-9	-11	-10	-7	14	-9	-5	2	-10	-6	-6	-9
120	6	-5	-3	15	-3	-6	1	-12	9	-7	1	13	-1	3	5	2
110	0	-4	-1	18	-1	-1	4	-3	0	-9	5	16	4	7	7	0
100	-11	-9	4	16	4	4	7	-1	-13	-13	6	10	3	5	9	1

500/2

500/1000/2

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
60°N, 90°W	-15	-7	4	5	5	1	6	-3	-12	-10	7	3	0	-2	4	-4
80	-14	-5	7	1	4	-6	-3	-6	-12	-6	6	-1	-2	-9	-3	-4
70	0	-1	9	-4	3	-10	-10	-4	-2	2	5	-4	-5	-12	-6	-2
60	5	0	3	-7	0	-13	-13	0	1	1	2	-4	-4	-12	-7	0
50	7	-4	-4	-11	1	-12	-14	0	2	-1	-3	-7	-2	-10	-5	0
40	6	-6	-11	-13	-1	-11	-15	-2	-5	-3	-8	-8	-3	-7	-4	0
30	-10	-6	-11	-8	0	-11	-12	-5	-9	-2	-6	-2	-4	-6	0	0
20	-17	-2	-11	-7	1	-14	-13	-7	-13	-2	-5	-2	-2	-5	1	-1
10	-20	2	-5	-7	-2	-12	-15	-8	-16	-2	-3	-5	-6	-6	-5	-4
0	-14	6	0	-11	-11	-8	-15	-12	-12	-1	-1	-9	-14	-7	-8	-9
10°E	-9	12	3	-14	-20	1	-10	-16	-9	-1	2	-6	-18	0	-6	-10
20	-5	10	8	-11	-22	7	-3	-20	-6	0	5	0	-16	4	-1	-14
30	-1	9	13	-3	-15	11	5	-18	-2	2	8	6	-10	7	5	-12
40	2	9	13	4	-8	9	9	-13	-5	-1	5	6	-5	2	5	-10
50	6	8	9	7	4	10	9	-7	-2	-1	0	8	-4	5	6	-5
65°N, 160°W	-11	-2	2	1	6	-9	-1	-19	-2	-2	5	0	1	0	-2	-16
140	-5	-7	-4	2	-1	-10	-12	-11	6	-6	4	9	2	2	-5	-2
120	-1	-10	-1	10	-3	-5	-5	-4	6	-10	3	14	2	6	1	4
100	-3	-16	8	12	2	-2	2	-3	-6	-16	7	7	-4	-3	1	-4
80	5	-9	12	2	6	-11	-6	-3	2	-5	7	-2	-2	-13	-7	-3
60	13	-2	6	-4	6	-18	-15	5	13	1	2	-3	1	-16	-10	4
40	9	-3	-5	-9	6	-15	-17	7	3	-2	-6	-4	-1	-12	-3	1
20	-4	-2	-1	-6	2	-13	-14	3	-8	-1	-1	-1	0	-3	0	1
0	-8	6	9	-11	-6	2	-16	-5	-11	-1	5	-3	-12	3	-7	-9
20°E	-2	8	17	-3	-14	11	-7	-13	-7	0	13	5	-14	6	-3	-10
40	3	8	22	9	-9	10	7	-12	-6	3	9	13	-6	4	5	-10
70°N, 170°W	0	0	6	4	1	-10	2	-15	0	-2	0	2	-2	-7	0	-18
150	6	-6	1	2	-3	-9	-9	-10	5	-4	0	3	-5	-1	-9	-9
130	8	-10	3	11	-1	-7	-11	-2	9	-13	2	11	-2	0	-9	-3

500/2

500/1000/2

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
70°N, 110°W	8	-14	8	14	1	-2	-9	-2		2	-16	6	11	-4	-1	-8	-6
90	10	-10	14	4	7	-6	-10	-6		3	-8	7	1	-1	-6	-7	-6
70	18	-2	12	2	12	-9	-11	5		15	3	8	0	3	-12	-7	2
50	21	2	4	-1	10	-15	-19	7		15	7	5	7	11	-6	-4	11
30	15	1	2	-1	5	-8	-13	8		3	1	0	7	1	-5	0	6
10	0	2	10	-6	-3	-3	-15	0		-5	1	4	0	-7	-1	-5	-7
10°E	-6	3	17	-5	-11	6	-15	-9		-6	-1	10	2	-14	3	-3	-9
30	-5	4	24	6	-10	7	-3	-15		-6	2	18	12	-10	3	4	-11
50	-3	3	17	10	-3	5	0	-18		-5	3	7	9	-1	3	-1	-10
75°N, 160°W	10	-3	6	4	-6	-4	-9	-4		4	-4	-1	5	-8	-1	-9	-9
140	12	-3	4	5	-3	-4	-16	-2		6	-7	0	5	-6	-2	-13	-8
120	11	-5	7	8	3	-4	-20	-4		3	-8	2	7	-4	-3	-13	-10
100	8	-6	11	2	8	-3	-20	-8		4	-9	7	3	0	-3	-12	-9
80	12	0	12	-6	11	-4	-18	-2		8	0	10	-2	7	-4	-9	-1
60	18	5	11	-3	11	-5	-17	7		12	7	8	2	10	-3	-6	8
40	19	4	5	-1	9	-7	-17	9		8	6	6	8	8	-3	-3	8
20	15	0	7	1	4	-2	-13	7		3	2	0	4	-4	-3	-4	-1
0	5	-1	15	-1	-7	1	-16	-6		-2	-1	5	5	-12	0	-4	-10
20°E	-2	-3	14	1	-14	3	-14	-15		-3	3	11	8	-15	2	-1	-11
40	0	-2	18	7	-6	4	-9	-17		-5	5	10	8	-8	1	-2	-13
80°N, 160°W	6	-6	6	-3	-15	0	-23	4		0	-4	1	1	-10	-1	-13	-8
120	8	-2	7	-2	5	0	-27	-3		-2	-1	5	0	0	-1	-15	-9
80	12	6	16	-12	15	0	-24	0		2	4	13	-5	11	-1	-10	-1
40	14	1	11	-4	11	-2	-19	7		6	4	6	1	6	-2	-6	3
0	9	-5	8	-3	-4	2	-20	-5		1	-4	5	2	-9	-4	-7	-7
40°E	2	-6	12	2	-6	-1	-17	-10		1	5	9	4	-8	0	-9	-8
85°N, 90°W	6	4	11	-12	10	0	-30	0		-5	1	8	-10	3	-3	-17	-9
0	8	-3	8	-7	2	-3	-24	-1		0	-4	5	-6	5	-5	-13	-6
90°N	6	2	8	-8	2	1	-27	3		0	-1	5	-7	-6	-5	-17	-7

Abweichungen der absoluten und relativen Topographie 500 und
500/1000 mb in gpdm

Juni + Juli + August 1958-65

	500/3								500/1000/3							
	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
35°N, 120°W	-5	8	8	7	4	-3	1	-5	5	5	10	7	3	-2	4	-3
110	-5	11	12	13	8	-3	7	2	12	10	11	7	1	2	1	-3
100	2	5	5	4	5	7	5	1	6	9	4	-1	4	7	5	0
90	-2	1	1	-6	2	1	1	0	6	4	6	-7	4	4	4	1
80	-2	2	-2	-3	-2	-6	-2	-5	3	3	0	-3	2	0	3	-1
70	3	1	-2	4	-3	-4	-4	-2	3	2	3	2	1	0	-1	-2
60	6	1	6	8	3	3	-2	4	7	0	6	4	3	4	0	2
50	5	0	9	11	9	4	4	8	10	0	9	5	7	4	2	4
40	7	2	9	11	7	2	2	8	11	2	10	4	9	5	5	6
30	8	4	8	8	3	3	-6	3	12	4	7	3	2	4	-1	1
20	7	3	5	6	-1	-2	-7	-2	10	7	8	5	2	1	0	0
10	5	3	4	3	6	-1	1	3	8	7	5	6	6	1	5	4
0	4	3	3	4	10	4	4	8	5	3	2	2	4	3	4	5
10°E	10	3	8	5	10	7	5	9	5	-3	2	-3	2	3	0	2
20	6	-5	3	1	4	3	-1	4	3	-8	0	-5	0	-1	-5	0
30	-3	-10	-5	-1	1	-3	-9	-3	-4	-6	-3	1	4	1	-4	-2
40	-4	-3	-5	2	4	-3	-5	1	-10	-6	-7	1	2	-3	-4	-2
50	-1	0	-2	2	0	-1	0	2	-8	-2	-8	-4	-8	-7	-3	-7
40°N, 120°W	-4	8	9	11	2	-7	-1	-7	3	9	9	8	-3	-9	-2	-6
110	3	13	12	17	6	6	6	2	8	12	9	11	3	5	4	1

500/3

500/1000/3

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
40°N, 100°W	-3	7	6	5	3	7	1	0	5	10	7	3	3	10	5	2
90	-9	4	-1	-5	-1	2	-1	-3	-3	2	-4	-10	-4	-2	-1	-3
80	-8	5	-2	-4	-2	-6	-3	-5	0	5	0	-7	-1	-3	-2	-4
70	-2	5	1	2	-3	-6	-4	-2	3	4	5	3	-2	-2	-3	-2
60	1	3	4	7	-3	-1	-4	3	7	2	8	5	0	3	-1	3
50	3	2	10	13	6	3	3	9	8	0	10	8	6	5	2	7
40	4	3	11	20	9	7	7	13	8	3	9	10	9	7	5	8
30	5	6	10	18	8	7	2	9	7	4	4	6	2	4	-1	3
20	4	6	8	14	6	3	1	4	4	6	4	5	2	2	-1	0
10	4	8	6	11	10	-2	3	3	2	7	3	7	6	-1	3	1
0	5	6	4	9	12	1	7	6	4	11	5	6	8	3	8	6
10°E	7	2	4	5	10	6	5	8	5	3	2	0	3	3	3	3
20	3	-8	-1	-2	3	3	-2	2	1	-3	-5	-8	-1	-1	-5	-3
30	-5	-12	-9	-7	-1	-3	-12	-6	-5	-2	-7	-6	-2	-2	-10	-7
40	-6	-6	-8	-3	2	-7	-9	-3	-6	1	-7	-3	0	-7	-5	-3
50	-3	-2	-3	-1	0	-7	-3	1	-5	1	-6	-5	-8	-12	-6	-6
45°N, 130°W	5	-3	4	0	-4	-10	-13	-5	14	0	3	-4	-11	-11	-10	-6
120	2	0	6	13	-5	-10	-6	-4	9	0	1	10	-15	-11	-7	-3
110	0	8	8	22	5	7	4	3	5	6	9	18	1	6	4	3
100	-6	9	6	11	5	11	2	3	1	11	8	9	5	14	6	4
90	-14	10	2	1	3	7	-1	0	-6	4	-2	2	-3	2	-2	-3
80	-16	9	-1	-5	-1	-2	-6	-9	-4	8	0	-3	-2	1	-4	-8
70	-12	9	0	-1	-4	-7	-7	-6	-2	6	2	1	-2	0	-4	-5
60	-4	7	1	4	-4	-5	-5	2	2	5	6	2	-2	0	-3	3
50	-3	4	7	13	3	2	3	11	3	3	9	10	3	4	3	10
40	-2	5	11	25	12	11	11	13	5	3	10	15	8	10	7	10
30	-6	6	6	22	7	9	7	6	2	4	4	11	4	6	2	5
20	-6	12	5	22	9	6	7	4	-2	5	1	7	1	2	3	-1
10	-7	11	3	15	9	-4	6	-2	-6	4	-3	5	2	-5	2	-5

500/3

500/1000/3

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
15°N, 0°	-6	7	-1	8	9	-7	6	-5		-6	2	-4	1	2	-6	4	-7
10°E	1	3	-2	2	6	0	5	-3		-1	0	-3	-1	2	0	3	-2
20	-3	-7	-6	-2	0	2	0	-6		-3	-4	-6	-7	-5	1	-3	-8
30	-7	-6	-8	-3	0	0	-9	-8		-5	-6	-10	-9	-7	-4	-11	-13
40	-6	-5	-9	-4	1	-6	-8	-2		-8	-6	-11	-9	-7	-11	-12	-9
50	-6	-8	-7	-3	-1	-12	-8	0		-7	-6	-9	-5	-8	-15	-9	-7
10°N, 150°W	0	-7	-4	-3	4	13	-13	-10		1	-2	-8	-2	0	5	-6	-8
140	12	-12	-7	-4	-5	2	-20	-8		7	-7	-5	-6	-11	-4	-14	-8
130	8	-11	-6	0	-11	-10	-20	-3		11	-11	-7	-4	-17	-15	-19	-8
120	5	-8	-1	12	-11	-10	-11	-2		7	-12	-5	8	-15	-11	-10	-1
110	-2	-3	1	18	-3	0	-3	-1		-1	-2	2	14	-3	2	0	2
100	-13	5	3	14	5	11	0	1		-8	6	1	8	1	9	0	0
90	-20	8	2	5	5	10	-3	-5		-14	9	2	1	-1	7	-4	-7
80	-21	9	-2	-2	3	3	-6	-13		-9	8	-1	-2	1	3	-5	-14
70	-17	11	-2	-5	2	-1	-5	-11		-5	10	1	-1	1	3	-2	-7
60	-12	10	0	0	2	-6	-5	-4		-1	10	4	2	3	1	0	3
50	-9	8	5	8	3	-2	2	6		2	8	10	7	3	3	4	9
40	-11	4	7	16	5	7	8	5		0	3	8	11	2	8	7	6
30	-15	5	3	20	3	8	10	-2		-3	5	3	13	0	7	6	1
20	-22	7	-2	18	3	-1	8	-7		-8	5	-5	7	-1	-1	3	-5
10	-17	11	-8	11	4	-11	6	-9		-12	4	-7	3	-3	-9	0	-9
0	-10	12	-9	3	1	-12	3	-12		-7	5	-7	-2	-6	-9	0	-11
10°E	-3	11	-7	1	-2	-2	7	-7		1	6	-5	-4	-8	0	3	-7
20	0	7	-4	-2	-6	5	7	-7		-2	2	-4	-5	-12	3	3	-9
30	-5	2	-5	-3	-7	-1	0	-8		-5	-2	-6	-8	-11	-5	-3	-12
40	-3	-3	-3	-3	-5	-7	-5	-4		-5	-5	-6	-6	-10	-10	-8	-9
50	-3	-9	-7	-9	-7	-15	-13	-4		-5	-10	-8	-9	-8	-15	-11	-9
55°N, 170°W	-21	6	-1	-7	12	-2	-12	-12		-14	-3	-3	-7	7	-3	-8	-11
160	-21	0	-5	-11	10	3	-13	-14		-12	-5	-7	-6	3	1	-9	-12

500/3

500/1000/3

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
55°N, 150°W	-9	-6	-13	-11	-4	3	-20	-16		-6	-7	-17	-12	-8	-4	-16	-17
140	4	-13	-17	-9	-12	-3	-25	-11		1	-13	-20	-16	-19	-12	-21	-17
130	9	-14	-11	4	-10	-8	-18	-1		6	-15	-15	-2	-15	-11	-15	-8
120	7	-12	-7	15	-9	-2	-9	4		5	-15	-10	9	-11	-4	-7	4
110	-4	-10	-3	17	-5	1	-4	1		-4	-9	-2	12	-7	1	-3	4
100	-17	-5	-2	12	1	8	0	-4		-9	5	3	12	1	13	3	-1
90	-23	-1	-3	7	4	11	0	-9		-11	4	3	6	2	10	1	-9
80	-18	1	-6	-2	2	4	-4	-16		-10	3	1	-2	-1	4	-2	-13
70	-11	6	-8	-7	3	1	-2	-13		-5	7	2	1	-1	0	1	-9
60	-6	8	-4	-4	3	-5	-1	-9		0	11	5	4	4	2	4	0
50	-3	6	0	-10	2	-3	0	-3		1	6	5	0	0	1	1	2
40	-6	1	2	-1	-2	1	2	-5		-2	2	4	2	-4	3	1	1
30	-19	-3	-2	2	-4	1	4	-13		-9	-1	1	2	-6	1	2	-6
20	-23	-5	-8	0	-7	-10	1	-17		-13	0	-6	-2	-7	-5	-1	-9
10	-16	7	-11	-1	-6	-13	0	-13		-9	2	-7	-5	-8	-8	-4	-8
0	-7	15	-12	-6	-10	-12	-3	-14		-4	3	-6	-7	-13	-9	-6	-12
10°E	-3	15	-8	-8	-14	-6	0	-14		-1	5	-3	-5	-14	-4	-2	-11
20	-1	14	0	-10	-16	2	7	-10		-2	7	0	-7	-16	0	3	-9
30	-4	8	2	-6	-17	1	7	-10		-5	6	2	-5	-14	-1	3	-11
40	-4	0	3	-5	-15	-7	4	-7		-7	-1	1	-4	-14	-9	0	-10
50	0	-5	-3	-8	-13	-12	-8	-9		-1	-4	-2	-5	-11	-10	-6	-9
60°N, 170°W	-15	1	-1	-9	9	-11	-10	-16		-11	-3	-5	-9	5	-10	-9	-15
160	-17	-2	-5	-12	8	-6	-10	-14		-11	-6	-5	-10	5	-3	-5	-15
150	-8	-8	-11	-11	-1	-4	-16	-14		-6	-8	-10	-10	-2	-3	-8	-17
140	1	-13	-14	-7	-8	-5	-16	-11		-1	-11	-12	-7	-9	-4	-10	-12
130	7	-14	-11	2	-8	-5	-12	-2		7	-13	-9	2	-7	-2	-6	-4
120	7	-13	-6	12	-3	-1	-2	3		4	-13	0	14	3	8	4	6
110	-4	-14	-4	14	-2	3	0	-1		-3	-13	7	18	6	12	5	1
100	-13	-13	-2	11	1	8	2	-3		-14	-12	6	12	4	12	5	-2

500/3

500/1000/3

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
60°N, 90°W	-16	-8	-4	2	1	7	1	-10	-16	-11	4	4	0	5	0	-10
80	-14	-7	-8	-4	-3	-1	-7	-17	-15	-9	0	-1	-4	-4	-5	-15
70	-4	-4	-8	-7	-2	-5	-8	-17	-5	-3	1	-4	-7	-7	-5	-14
60	2	-1	-8	-11	-3	-7	-6	-12	-3	-2	0	-4	-4	-6	-4	-8
50	3	-2	-6	-17	-3	-6	-6	-9	-5	-1	-2	-9	-4	-4	-4	-4
40	1	-8	-5	-23	-9	-4	-8	-10	-8	-6	-5	-14	-8	-4	-4	-3
30	-5	-10	-2	-20	-13	-4	-5	-13	-11	-5	-3	-8	-11	-4	-3	-4
20	-12	-11	-7	-19	-12	-9	-8	-15	-12	-2	-6	-8	-9	-5	-6	-6
10	-12	-4	-10	-18	-13	-10	-15	-16	-8	-1	-8	-12	-12	-7	-11	-9
0	-6	4	-7	-17	-17	-7	-16	-16	-5	0	-4	-12	-16	-5	-12	-11
10°E	-4	9	-4	-17	-21	-5	-11	-18	-1	1	-1	-9	-18	-2	-9	-11
20	-3	12	2	-14	-24	-2	-5	-17	-4	2	5	-4	-18	0	-3	-11
30	-2	12	9	-6	-22	1	6	-11	-5	6	9	2	-16	0	5	-7
40	1	9	11	0	-20	-2	9	-8	-6	1	8	4	-16	-4	3	-6
50	4	5	9	1	-13	0	5	-7	-3	-1	4	4	-10	-2	3	-6
65°N, 160°W	-7	-6	-6	-10	6	-5	-4	-15	-2	-6	-3	-8	3	-8	0	-15
140	1	-12	-9	-4	2	-9	-8	-6	6	-8	-3	4	7	1	3	0
120	6	-18	-5	6	2	-3	-4	-1	5	-14	2	16	9	8	5	6
100	-3	-18	0	8	5	4	0	-3	-8	-16	5	9	3	4	0	-6
80	-1	-8	1	-3	4	-1	-5	-14	-5	-9	3	0	1	-5	-7	-14
60	10	-3	2	-9	3	-6	-7	-9	2	-3	1	-3	-1	-7	-8	-7
40	11	-8	3	-18	-3	-3	-9	-2	-4	-7	-3	-10	-7	-10	-5	-2
20	4	-11	5	-19	-7	-3	-11	-7	-5	-6	-1	-9	-6	-3	-6	-3
0	0	0	5	-20	-11	4	-18	-10	-2	-3	3	-10	-14	1	-13	-9
20°E	0	8	12	-6	-17	3	-7	-10	2	2	13	2	-17	1	-4	5
40	4	12	19	7	-19	-2	7	-4	-2	6	11	14	-13	-4	4	7
70°N, 170°W	3	2	4	-6	2	-19	5	-14	0	-5	-3	-7	-1	-16	0	18
150	7	-4	-4	-6	3	-16	-4	-7	9	-6	-6	-3	3	-8	-3	8
130	12	-11	-4	4	5	-4	-6	1	12	-12	-3	7	6	-3	-3	1

500/3

500/1000/3

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
11°N, 110°W	12	-14	0	8	9	-1	-5	2		3	-16	2	8	4	-1	-4	-6
90	9	-7	8	-1	11	0	-7	-9		0	-10	5	2	5	-3	-6	-11
70	11	0	13	-1	13	2	-2	-7		4	-1	9	2	5	-6	-4	-9
50	16	-2	9	-6	3	-4	-12	-6		4	-3	6	4	4	-1	-4	2
30	13	-8	7	-8	-1	-1	-7	-2		0	-8	-1	0	-5	-5	-2	-1
10	9	-8	10	-14	-9	2	-13	-6		0	-7	1	-7	-11	-3	-8	-6
10°E	6	0	14	-7	-12	5	-14	-8		-1	-3	9	0	-13	1	-6	-4
30	3	6	22	9	-11	2	0	-5		0	5	19	15	-11	-1	4	1
50	0	10	14	15	-9	0	2	-5		-5	6	8	13	-5	-1	1	3
15°N, 160°W	15	5	8	-1	0	-12	3	0		9	-3	-2	-3	-2	-10	-4	-8
140	21	1	2	-2	5	-12	-5	2		12	-4	-3	-3	2	-9	-7	-6
120	21	0	3	0	11	-9	-9	2		9	-5	1	-1	3	-7	-6	-7
100	18	2	11	-2	13	-3	-11	-5		6	-5	6	-1	4	-7	-7	-10
80	17	5	16	-7	12	1	-8	-8		6	0	13	-1	6	-4	-6	-9
60	16	7	17	-3	8	3	-8	-3		6	6	12	5	6	-1	-4	-1
40	16	0	11	-2	4	0	-8	-2		3	-1	8	8	4	-1	-2	0
20	15	-7	10	0	3	3	-5	1		3	-7	-1	3	-6	-4	-3	-5
0	11	-8	16	-2	-7	3	-11	-6		2	-9	1	4	-11	-3	-6	-7
20°E	4	-4	15	7	-10	4	-8	-6		-1	0	8	11	-11	-1	-2	-3
40	-1	3	18	16	-4	4	-2	-3		-4	5	10	15	-5	-1	1	2
80°N, 160°W	20	6	12	-4	-8	-7	-3	10		7	-2	1	-5	-5	-10	-3	-4
120	26	11	12	-7	10	-7	-10	3		6	3	4	-8	2	-9	-7	-6
80	25	15	27	-9	16	2	-9	0		7	7	17	-3	11	-2	-4	-4
40	18	4	18	1	11	3	-8	2		3	1	10	5	5	-1	-2	-1
0	12	-8	12	6	1	4	-7	0		1	-9	6	9	-5	-2	-2	-3
40°E	0	-1	15	15	1	6	-3	4		-1	3	9	13	-1	3	-1	4
85°N, 90°W	21	15	15	-5	17	1	-9	6		3	4	12	-8	6	-7	-6	-6
0°	10	-1	17	7	10	5	-6	6		1	-5	6	3	1	-1	-3	0
90°N	17	14	24	8	13	8	-1	15		4	3	10	0	2	-3	-3	1

Abweichungen der absoluten und relativen Topographie 500 und
500/1000 mb in gpm

Juli + August + September 1958-65

	500/4								500/1000/4							
	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
60°N, 120°W	-4	5	5	1	5	0	1	-4	6	2	6	2	4	1	4	-2
110	1	7	9	4	7	10	4	1	6	5	8	-3	0	2	-2	-3
100	-1	2	3	1	5	8	3	0	5	3	-1	-3	4	6	3	0
90	-2	0	1	-3	2	0	0	-1	5	3	1	-5	5	3	3	2
80	0	3	-2	0	-4	-7	-3	-3	2	2	0	-1	1	-3	1	0
70	2	4	-2	3	-6	-7	-4	-2	1	1	0	3	-1	-3	-1	-4
60	5	2	4	6	1	3	1	0	7	0	3	4	2	3	1	-1
50	4	-2	7	7	6	5	5	2	8	-3	4	2	4	1	0	0
40	6	-2	9	7	4	5	1	3	8	-1	9	4	5	2	3	3
30	5	-2	9	4	3	6	-5	1	10	0	10	2	2	3	0	0
20	5	-3	6	3	-1	0	-4	-4	10	4	9	2	1	-3	0	-2
10	8	-3	3	5	8	-1	4	-3	9	4	4	8	7	0	5	-1
0	7	0	2	8	13	4	10	2	7	2	1	4	7	2	0	1
10°E	9	4	6	7	10	8	7	7	3	0	0	-3	4	4	0	2
20	0	-6	0	-2	2	3	-3	3	-1	-7	-2	-9	-1	0	-8	0
30	-3	-14	-5	-6	-2	-6	-9	-4	-6	-9	-3	-3	2	0	-6	-2
40	-4	-8	-7	-5	1	-6	-4	-2	-10	-9	-8	-5	0	-5	-4	-4
50	-3	-3	-5	-4	-4	-3	-1	-2	-8	0	-9	-8	-9	-8	-3	-11
40°N, 120°W	1	6	9	4	5	1	4	-6	6	6	8	-2	1	-1	2	-6
110	3	7	12	5	6	13	6	-4	7	5	8	0	3	-9	4	-5

500/4

500/1000/4

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
41.°N, 100°W	-3	3	7	-1	3	11	2	-5		6	7	6	-1	3	11	5	-3
40	-7	2	0	-3	-5	1	-3	-6		-3	0	-3	-7	-7	-3	-3	-4
80	-8	5	-2	0	-10	-10	-6	-6		0	3	1	-3	-7	-7	-4	-4
10	-2	9	2	5	-9	-9	-5	1		4	4	3	6	-8	-6	-4	-1
60	2	6	5	8	-6	1	-2	2		7	-1	4	6	-3	2	-2	0
50	4	3	9	9	3	8	4	6		8	-1	7	6	3	5	1	4
40	4	1	13	14	6	14	5	12		7	1	10	9	5	8	3	8
30	2	1	13	12	4	15	2	10		6	2	6	4	1	7	-1	4
20	3	1	9	8	2	10	2	4		4	3	4	2	-1	2	-1	-1
10	6	1	3	9	7	-1	5	-4		6	4	1	6	5	-2	3	-5
0	11	2	0	12	14	1	12	-3		11	11	2	10	12	2	11	-1
10°E	9	1	-1	10	11	6	8	3		7	5	-1	4	7	5	4	2
20	1	-10	-6	-2	2	3	-7	1		-2	-4	-6	-8	0	0	-11	-3
30	-7	-17	-11	-10	-2	-4	-14	-5		-7	-7	-7	-11	-1	-2	-11	-5
40	-7	-11	-9	-10	0	-7	-10	-4		-6	-3	-8	-10	0	-5	-7	-3
50	-5	-4	-6	-8	1	-5	-3	0		-5	3	-7	-12	-7	-10	-6	-6
41.°N, 130°W	-1	-2	5	4	-2	-14	-5	0		12	3	5	-3	-4	-8	-2	1
120	2	-1	9	4	-1	-1	-2	-6		7	-1	4	2	-4	-1	-4	-5
110	1	3	12	8	5	15	5	-4		4	2	13	5	0	12	4	-7
100	-3	5	11	1	4	15	2	-4		5	6	11	1	5	14	5	-3
90	-7	9	5	0	-4	6	-4	-8		-3	1	1	-6	-8	-1	-6	-8
80	-7	14	1	1	-12	-7	-9	-10		1	1	0	3	-10	-5	-6	-7
70	-8	12	2	7	-12	-11	-8	-2		2	7	2	7	-9	-7	-6	-3
60	-6	6	3	9	-8	-2	-3	5		6	5	6	7	-5	0	-3	4
50	-2	5	7	9	2	10	3	12		5	2	8	7	1	7	2	8
40	-5	1	13	8	8	20	9	17		4	1	11	11	5	12	5	10
30	-6	4	10	11	0	18	5	9		1	1	6	7	-1	10	1	7
20	-11	7	4	10	-1	14	6	3		-2	4	1	1	-4	5	1	-2
10	-7	5	-2	8	1	0	8	-8		-2	5	-6	3	0	-4	4	-9

500/4

500/1000/4

	58	59	60	61	62	63	64	65	58	59	60	61	62	63	64	65
10°N, 0°	1	4	-7	10	6	-5	11	-13	3	4	-9	5	4	-6	8	-11
10°N	6	3	-10	7	4	0	5	-9	4	1	-7	4	4	2	2	-6
20	1	-7	-12	1	-1	4	-6	-5	-3	-7	-9	-5	-3	2	-9	-6
30	-7	-13	-11	-6	-1	2	-13	-5	-7	-13	-13	-14	-7	-2	-15	-10
40	-12	-16	-11	-12	1	-4	-11	-2	-12	-12	-14	-18	-5	-8	-16	-9
50	-15	-14	-9	-13	1	-8	-7	-1	-11	0	-14	-14	-6	-12	-11	-8
10°N, 150°W	-10	-3	-1	15	-1	1	-6	11	1	1	-5	9	-1	2	-2	4
140	-2	-5	-3	13	-5	-9	-11	10	4	-3	-4	6	-7	-6	-8	3
130	-1	-8	-2	4	-6	-10	-13	6	5	-7	-3	-1	-9	-9	-13	0
120	1	-7	5	4	-5	0	-9	-2	1	-10	-1	1	-7	-1	-10	-2
110	-6	-6	6	4	-2	10	-6	-8	0	-3	5	1	-2	10	-3	-9
100	-10	3	8	3	2	16	-3	-9	-4	6	5	1	-2	11	-2	-11
90	-14	6	3	4	-3	9	-5	-15	-9	6	1	1	-7	3	-7	-17
80	-13	9	0	7	-6	-3	-7	-18	-4	9	-2	6	-5	-5	-5	-18
70	-13	11	-2	8	-4	-7	-6	-12	-2	10	-1	8	-5	-6	-4	-9
60	-9	8	0	8	1	-5	-4	-3	1	8	3	8	0	-2	-1	0
50	-10	5	5	7	6	7	1	8	3	6	10	7	3	5	3	9
40	-10	4	9	10	7	15	6	11	3	1	8	9	2	9	5	8
30	-16	5	5	7	-4	15	6	2	-2	4	5	6	-4	10	4	3
20	-22	11	-3	4	-7	10	8	-5	-5	6	-4	1	-4	3	2	-4
10	-13	14	-14	4	-6	-4	9	-13	-8	7	-9	1	-5	-5	2	-9
0	-2	15	-16	4	-4	-8	8	-19	-1	7	-11	0	-5	-9	3	-12
10°E	4	11	-14	6	-4	0	7	-13	6	7	-9	2	-5	0	2	-9
20	5	2	-9	2	-8	9	2	-5	1	-2	-9	-6	-11	7	-3	-6
30	-2	-10	-9	-5	-9	7	-7	-4	-4	-9	-10	-10	-11	1	-9	-9
40	-8	-15	-8	-11	-4	2	-8	-1	-9	-11	-11	-13	-8	-3	-10	-7
50	-15	-16	-11	-20	-3	-6	-10	-5	-15	-13	-13	-16	-6	-11	-11	-9
55°N, 170°W	-21	0	-1	-14	0	-3	-14	-4	-14	-1	0	-11	-3	0	-7	-5
160	-23	-7	-5	-8	-1	1	-12	5	-12	-4	-3	-4	-3	3	-6	1

500/4

500/1000/4

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
45°N, 150°W	-17	-9	-10	1	-9	-1	-15	8		-10	-7	-13	-3	-8	0	-11	0
140	-10	-13	-10	5	-12	-5	-18	11		-7	-11	-15	-5	-14	-6	-16	-1
130	-3	-12	-3	6	-5	-1	-14	11		-3	-13	-7	0	-6	0	-12	3
120	-1	-11	2	6	-3	4	-9	4		-1	-12	-4	0	-6	7	-9	1
110	-8	-9	2	1	-3	10	-10	-6		-2	-8	4	-1	-5	10	-8	-6
100	-15	-4	-1	-1	-3	10	-7	-17		-2	6	4	3	-1	12	-2	-16
90	-16	1	-5	5	-3	7	-3	-23		-5	7	1	8	-2	6	-1	-21
80	-11	4	-7	8	-1	-3	-2	-25		-4	7	-1	8	-2	-5	0	-21
70	-9	5	-9	7	2	-7	-1	-20		-4	8	0	7	-1	-7	1	-16
60	-7	3	-6	4	6	-7	-1	-13		0	9	3	9	5	-2	3	-5
50	-9	0	-2	-8	9	-1	-2	-4		2	5	4	3	5	1	2	1
40	-9	-2	0	-5	4	1	-1	-1		3	0	4	1	-1	1	0	1
30	-15	-2	-3	-7	-7	1	0	-7		-3	0	1	-1	-6	1	0	-4
20	-20	4	-10	-9	-14	-5	1	-13		-8	4	-4	-3	-9	-3	0	-8
10	-9	16	-13	-4	-12	-9	3	-14		-3	8	-6	-3	-8	-7	-1	-8
0	0	23	-15	-3	-14	-10	2	-20		2	7	-9	-3	-11	-9	-2	-11
10°E	5	19	-11	-1	-15	-4	1	-17		5	7	-6	1	-11	-3	0	-9
20	5	8	-3	-5	-17	9	1	-8		3	4	-3	-4	-14	6	0	-4
30	-1	-5	-2	-9	-18	12	-3	-6		-2	-1	-2	-7	-12	7	-3	-6
40	-10	-16	-3	-15	-13	6	-4	-4		-9	-8	-4	-10	-11	0	-4	-6
50	-16	-18	-8	-19	-10	-3	-11	-9		-12	-10	-8	-12	-9	-6	-8	-8
60°N, 170°W	-19	-2	0	-15	-4	-4	-15	-8		-14	-4	-1	-9	-4	-2	-8	-8
160	-22	-8	-5	-14	-2	0	-9	2		-13	-7	-2	-10	-1	5	-4	-4
150	-18	-12	-10	-7	-6	2	-12	8		-12	-11	-7	-7	-5	7	-6	-1
140	-12	-15	-9	-2	-7	4	-10	10		-8	-12	-8	-3	-4	9	-6	3
130	-4	-15	-6	1	-3	7	-10	9		-3	-12	-7	0	-3	10	-7	3
120	-2	-11	-2	3	0	11	-5	-6		1	-10	4	6	4	16	-2	2
110	-7	-12	-2	-7	-2	10	-5	-8		-1	-7	9	3	3	16	-2	-11
100	-9	-8	-5	-2	-2	7	-2	-18		-7	-6	6	4	3	10	2	-17

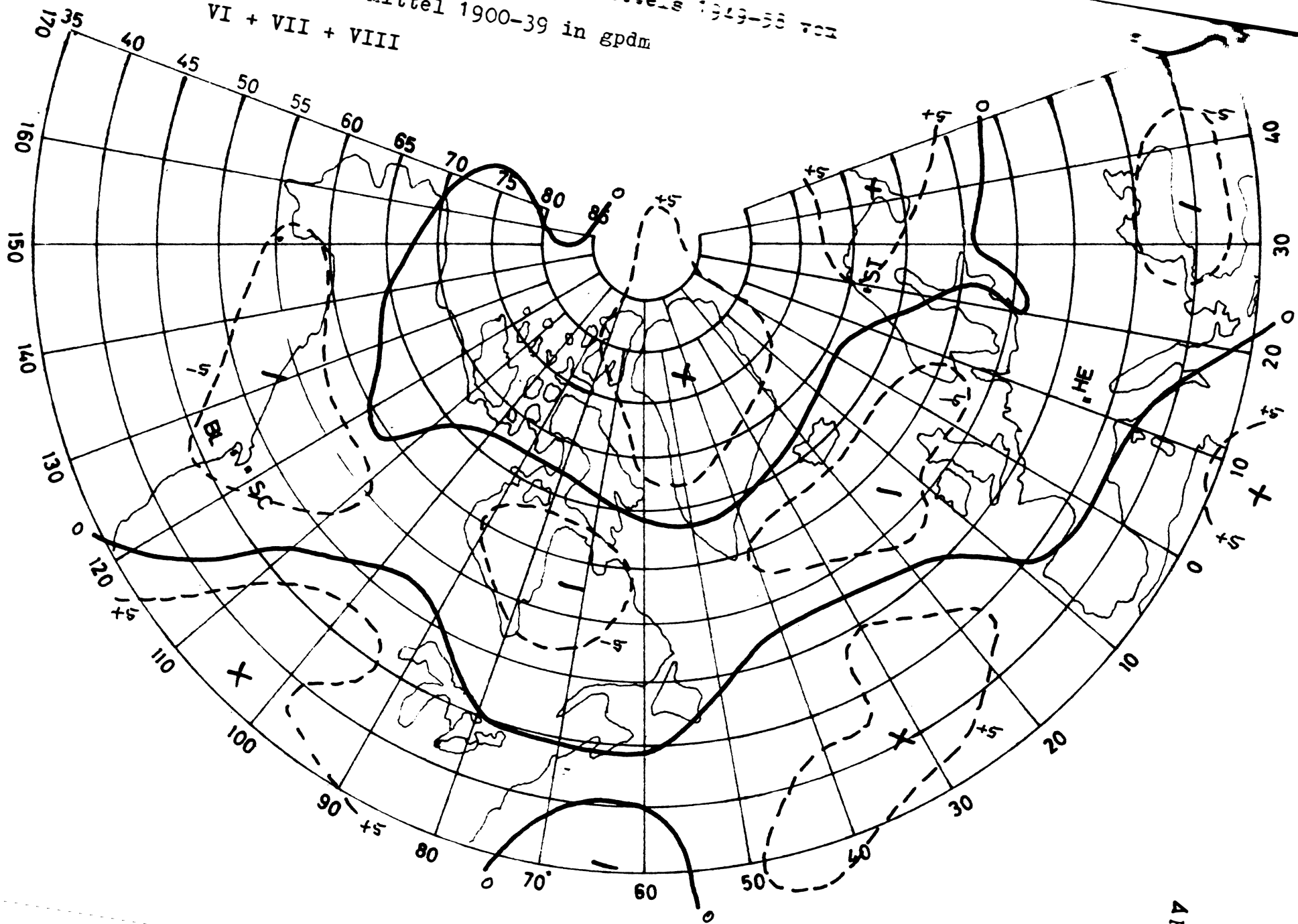
	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
11°N, 90°W	9	-3	-9	-3	-1	1	1	-27		-11	-2	1	3	1	0	1	-23
80	-9	-3	-12	-1	-1	-10	-2	-31		-10	-3	-1	2	-1	-10	0	-24
10	-6	-2	-11	-3	2	-15	-3	-26		-7	-2	-3	-1	-2	-14	1	-20
10	-4	-6	-10	-7	3	-15	-2	-18		-6	-3	-5	-3	0	-13	0	-12
40	-3	-8	-8	-15	5	-12	-3	-10		0	-3	-5	-7	1	-9	-1	-6
40	-3	-13	-9	-22	-2	-15	-6	-8		-1	-6	-6	-13	-4	-10	-3	-4
50	-5	-7	-4	-20	-11	-14	-5	-8		-5	-5	-2	-5	-8	-8	-3	-3
70	-9	-2	-8	-19	-14	-16	-7	-11		-8	4	-2	-3	-9	-8	-4	-5
10	-4	5	-9	-14	-15	-15	-12	-14		0	3	-6	-5	-12	-10	-7	-8
0	2	11	-7	-9	-17	-12	-13	-16		3	5	-6	-5	-13	-7	-9	-9
10°E	7	16	-3	-8	-20	-7	-11	-16		4	6	-3	-3	-14	-2	-8	-7
70	6	8	3	-9	-22	3	-9	-13		2	-1	2	-3	-14	4	-6	-5
50	3	0	9	-7	-18	11	-4	-7		0	-3	6	-1	-10	9	0	-2
40	-3	-8	10	-9	-12	11	-2	-6		-8	-6	4	-3	-9	6	-3	-3
50	-10	-13	7	-10	-6	9	-3	-7		-10	-7	0	-2	-3	4	0	-4
11°N, 160°W	-17	-8	-4	-10	-2	-2	-3	-2		-8	-7	-2	-7	-3	2	1	-7
140	-10	-14	-10	-5	-1	3	-5	9		-1	-11	-4	2	5	10	3	7
120	-3	-14	-6	-4	0	4	-5	1		6	-11	-1	5	6	8	1	1
100	0	-11	-8	-6	-1	-2	1	-17		-3	-9	1	-1	3	-2	0	-18
80	2	-7	-3	-7	5	-12	5	-24		-4	-2	1	-2	4	-11	2	-19
60	4	-8	-3	-10	8	-15	1	-11		-3	-3	-3	-3	2	-12	-1	-8
40	5	-14	0	-14	3	-16	-3	1		-2	-10	-4	-6	-3	-17	-5	-3
20	5	-4	4	-12	-6	-16	-10	-5		1	-7	1	-2	-8	-10	-9	-2
0	8	6	6	-7	-10	-8	-19	-8		7	-3	3	0	-11	-3	-14	-2
20°E	12	8	15	-2	-13	4	-10	-5		7	2	10	3	-11	5	-5	1
40	2	-3	24	-1	-8	9	-1	-1		-3	-2	11	6	-3	7	1	2
10°N, 170°W	-5	6	10	-4	-5	-6	0	-4		-3	-3	0	-4	-8	-7	-3	-15
150	-6	-3	-5	-7	-3	-4	-3	3		1	-7	-8	-2	-1	-1	-2	-1
130	3	-9	-9	-4	-1	-6	-4	6		6	-9	-8	1	3	-3	-2	2

500/4

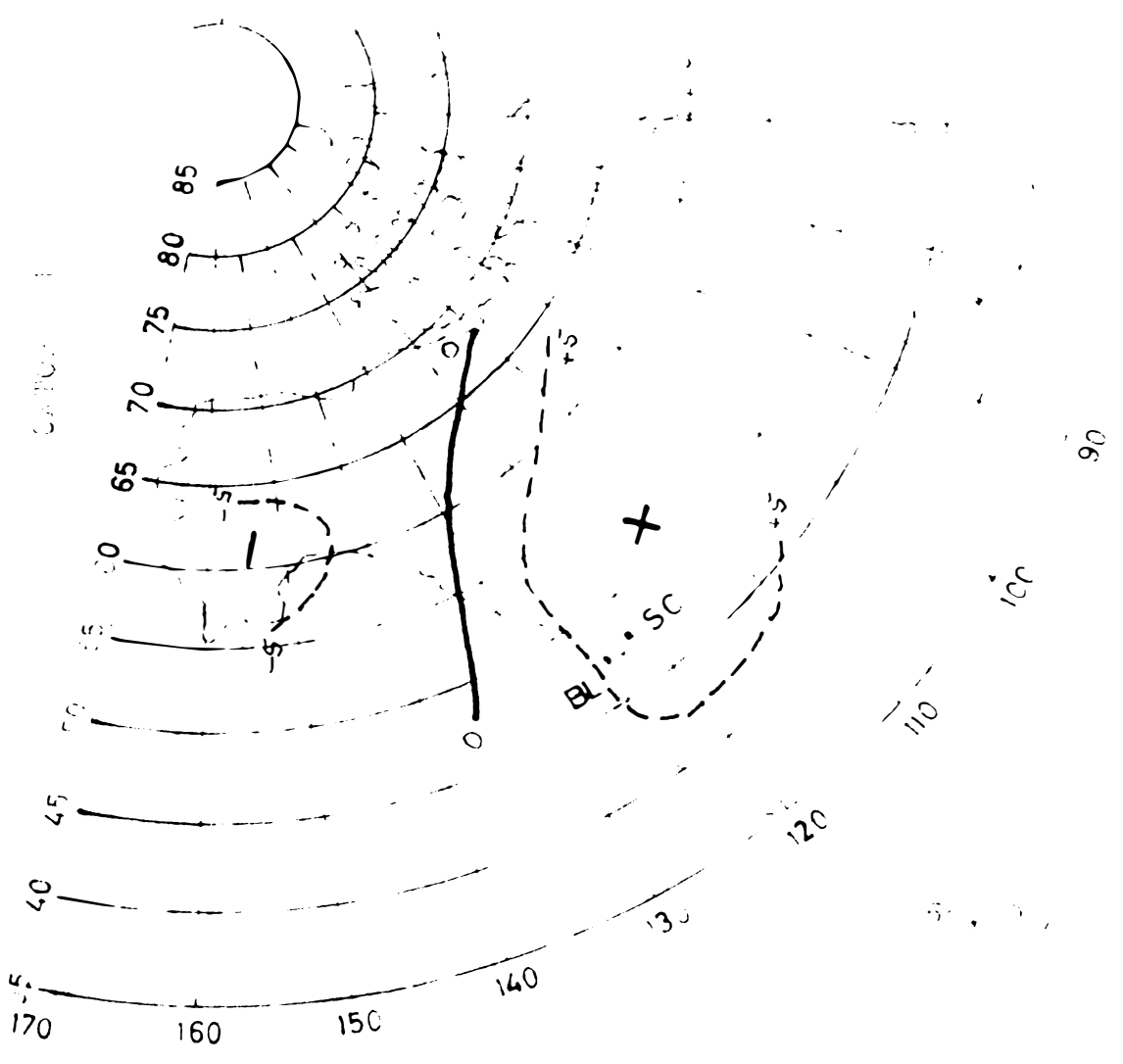
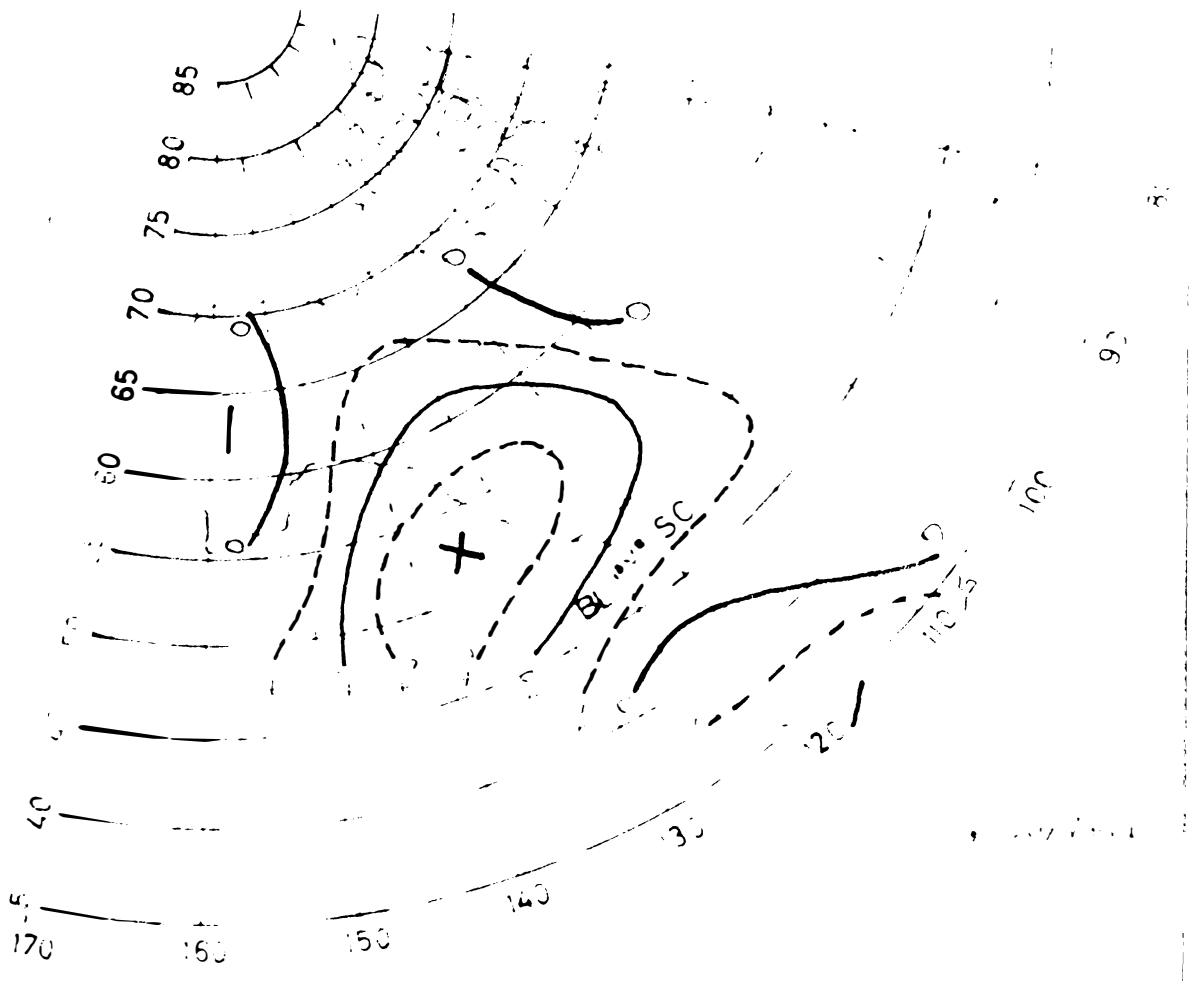
500/1000/4

	58	59	60	61	62	63	64	65		58	59	60	61	62	63	64	65
111°N, 110°W	10	-11	-7	-7	0	-4	0	-2		4	-11	-4	-6	-2	-7	-2	-10
90	9	-7	0	-12	1	-12	2	-17		1	-6	2	-6	1	-10	0	-14
70	8	-3	8	-7	9	-8	8	-6		2	-2	6	-3	4	-9	5	-6
50	10	-11	4	-8	3	-12	-5	-3		0	-4	1	4	2	-5	-2	2
30	4	-12	4	-3	0	-12	-6	0		-2	-7	0	3	-5	-12	-8	-4
10	12	-4	13	-1	-7	-11	-14	-6		5	-5	5	3	-9	-7	-12	-6
10°E	13	5	21	3	-6	-1	-15	-2		8	0	11	6	-7	2	-8	1
30	7	5	34	9	-4	8	1	3		1	3	21	11	-6	7	4	5
50	-5	1	27	7	1	5	2	-1		-6	3	12	7	2	0	2	4
111°N, 160°W	2	11	11	1	-6	-2	2	8		3	-1	-1	-1	-7	-4	-6	-5
140	7	2	0	-5	-3	-7	-1	6		7	-3	-7	-5	-4	-7	-6	-1
120	11	-2	-2	-9	0	-10	1	4		6	-7	-3	-9	-4	-8	-1	-4
100	12	-3	4	-12	2	-9	-1	-6		3	-6	2	-10	-3	-9	-2	-9
80	10	-3	8	-14	0	-6	0	-7		1	0	8	-6	-2	-4	-1	-7
60	8	-4	10	-8	-1	-2	-2	0		-2	-1	5	2	-3	-1	-1	-1
40	3	-8	6	-2	-2	-4	-4	0		-3	-2	4	7	-2	-1	-2	-1
20	8	-7	12	7	3	1	-2	4		0	-5	2	8	-6	-4	-6	-5
0	11	-2	23	7	-5	-2	-9	0		2	-2	6	9	-8	-1	-6	-2
20°E	3	4	27	11	-6	3	-5	2		1	2	13	11	-7	4	0	2
40	-2	8	33	15	2	6	5	6		-3	5	15	11	-1	2	4	5
80°N, 160°W	6	16	15	-1	-11	-2	2	13		-1	-1	-1	-3	-10	-5	-5	-3
120	13	11	9	-9	0	-6	1	4		-1	2	-1	-11	-8	-6	-4	-5
80	14	5	17	-11	1	0	-2	-1		2	2	10	-7	-2	0	-5	-5
40	4	0	12	2	-3	-3	-3	5		-4	-2	7	6	-7	3	-2	0
0	5	1	17	13	-2	4	2	11		-2	-2	9	12	-7	2	1	4
40°E	-2	13	27	16	4	4	8	17		-2	7	12	12	2	5	5	11
85°N, 90°W	9	16	21	1	2	2	2	9		-2	1	7	-5	-6	-3	-5	-3
0°	3	8	19	14	-1	5	7	17		-3	-1	6	6	-7	1	2	6
90°N	9	26	26	16	3	8	14	26		1	6	9	6	-5	0	2	7

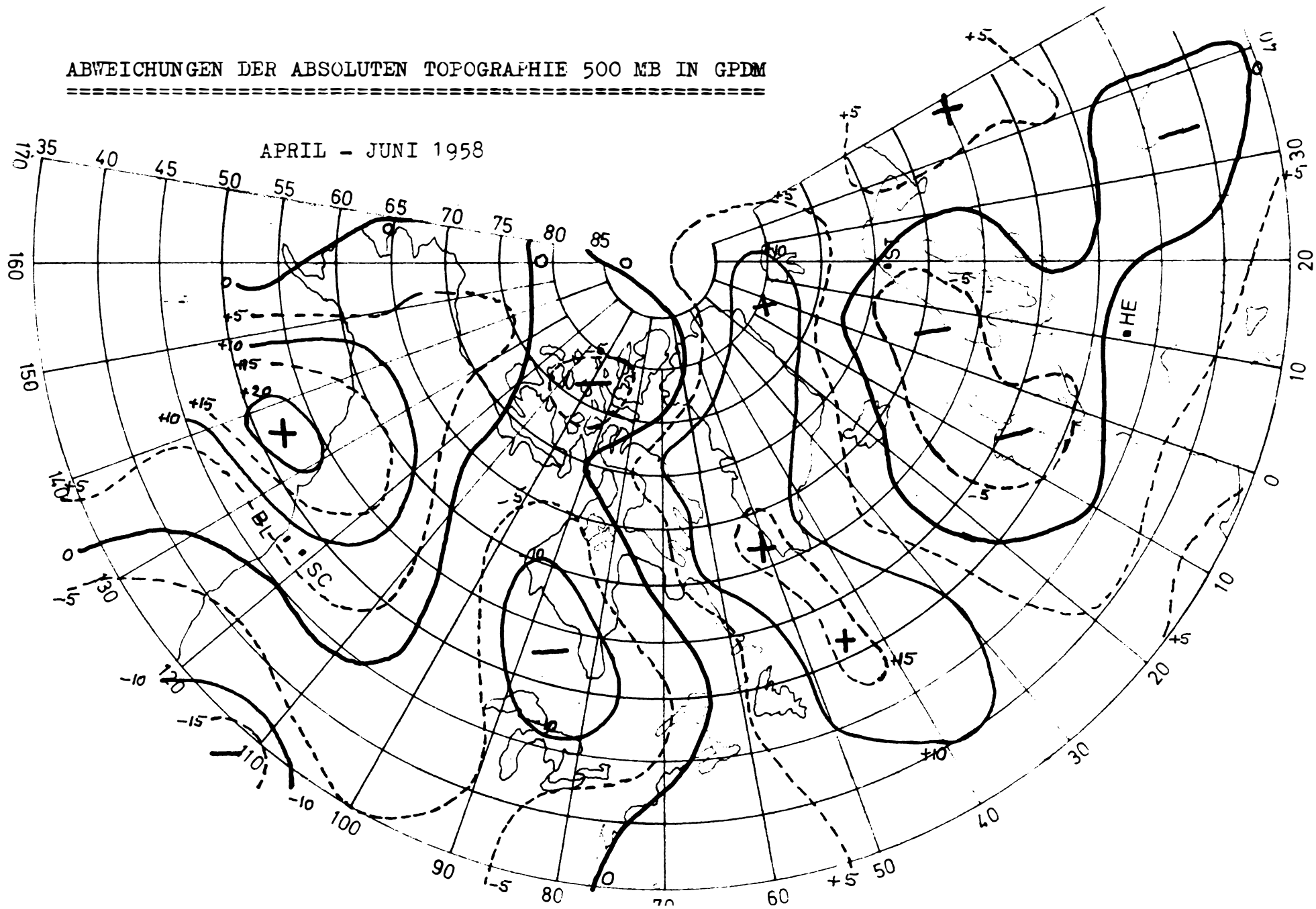
500 mb : Abweichungen des 10-jährigen Mittels 1949-58 von
40-jährigen Mittel 1900-39 in gpm
VI + VII + VIII



AH
500

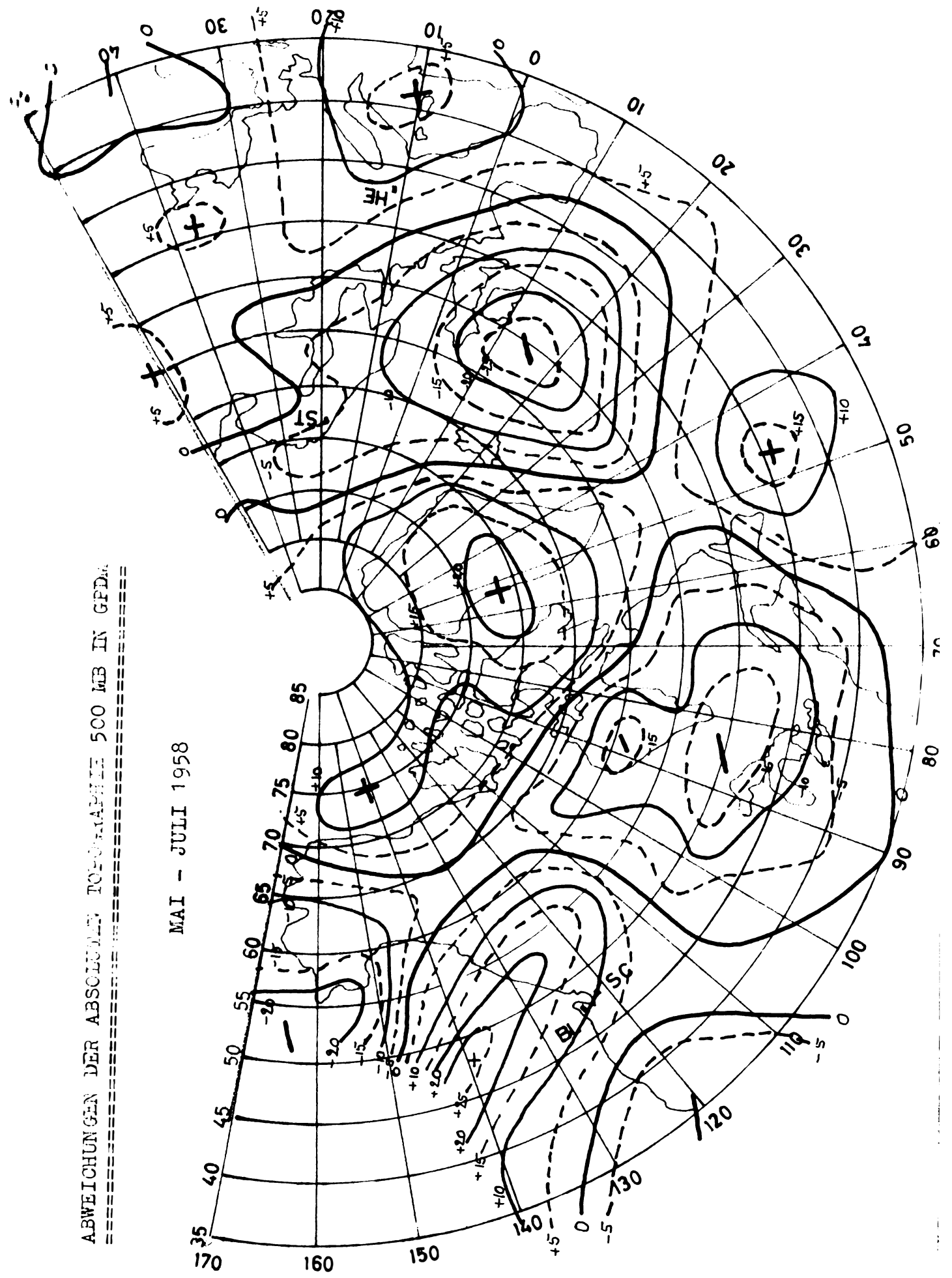


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDM



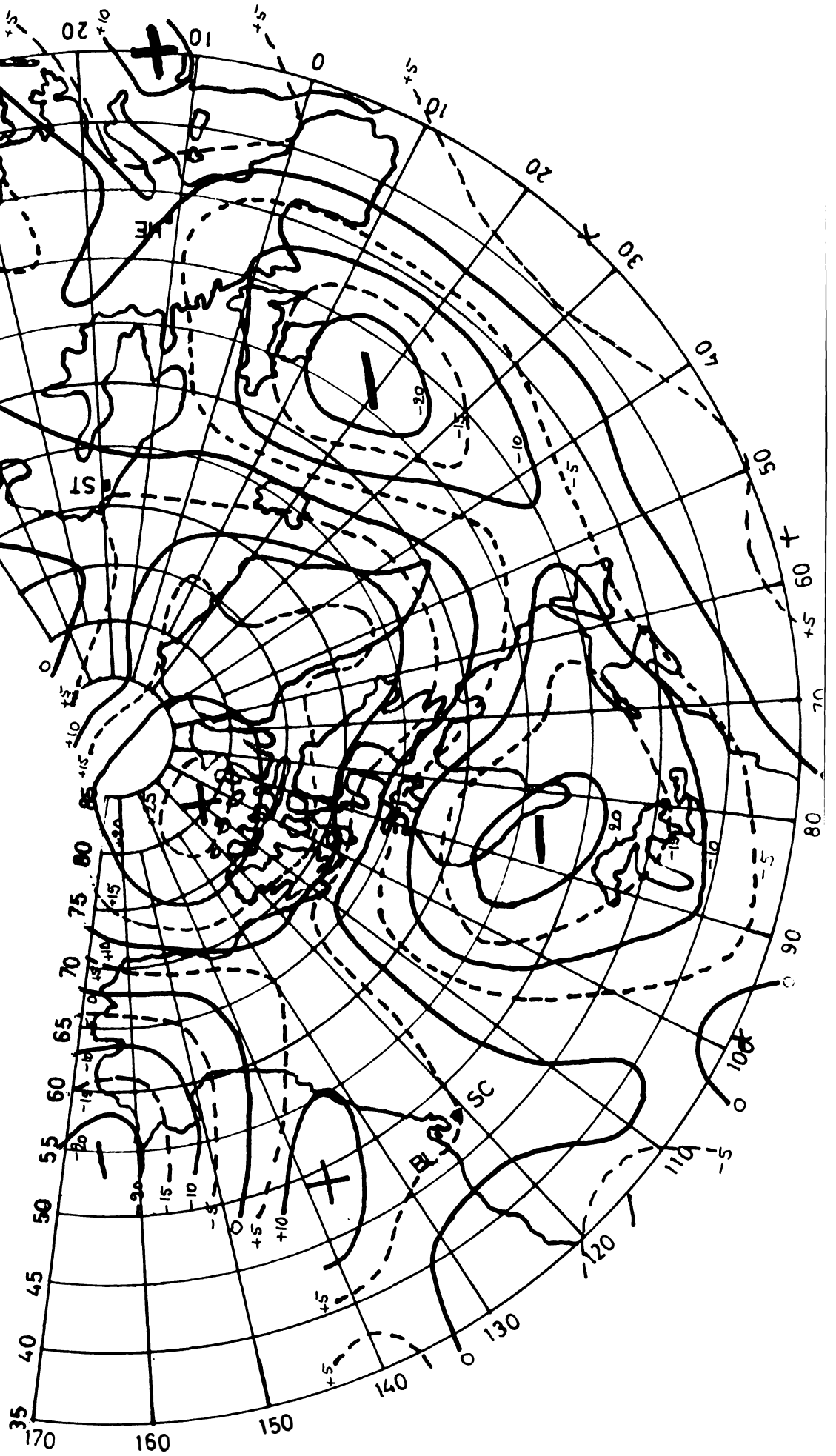
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TEMPERATUR 500 MB IN GFD.

MAI - JULI 1958



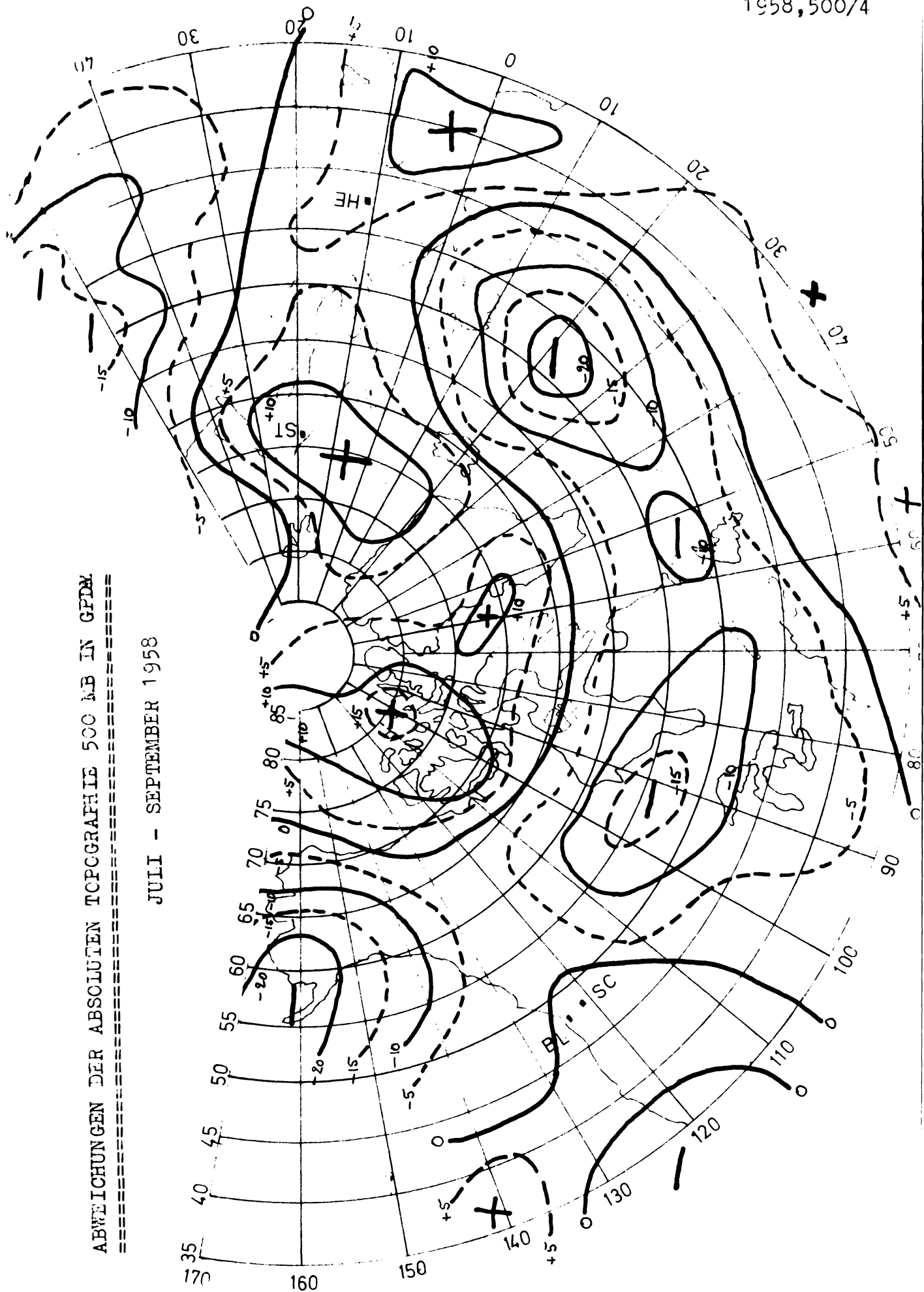
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE ZUM MEAN SEA LEVEL

JUNI - AUGUST 1958



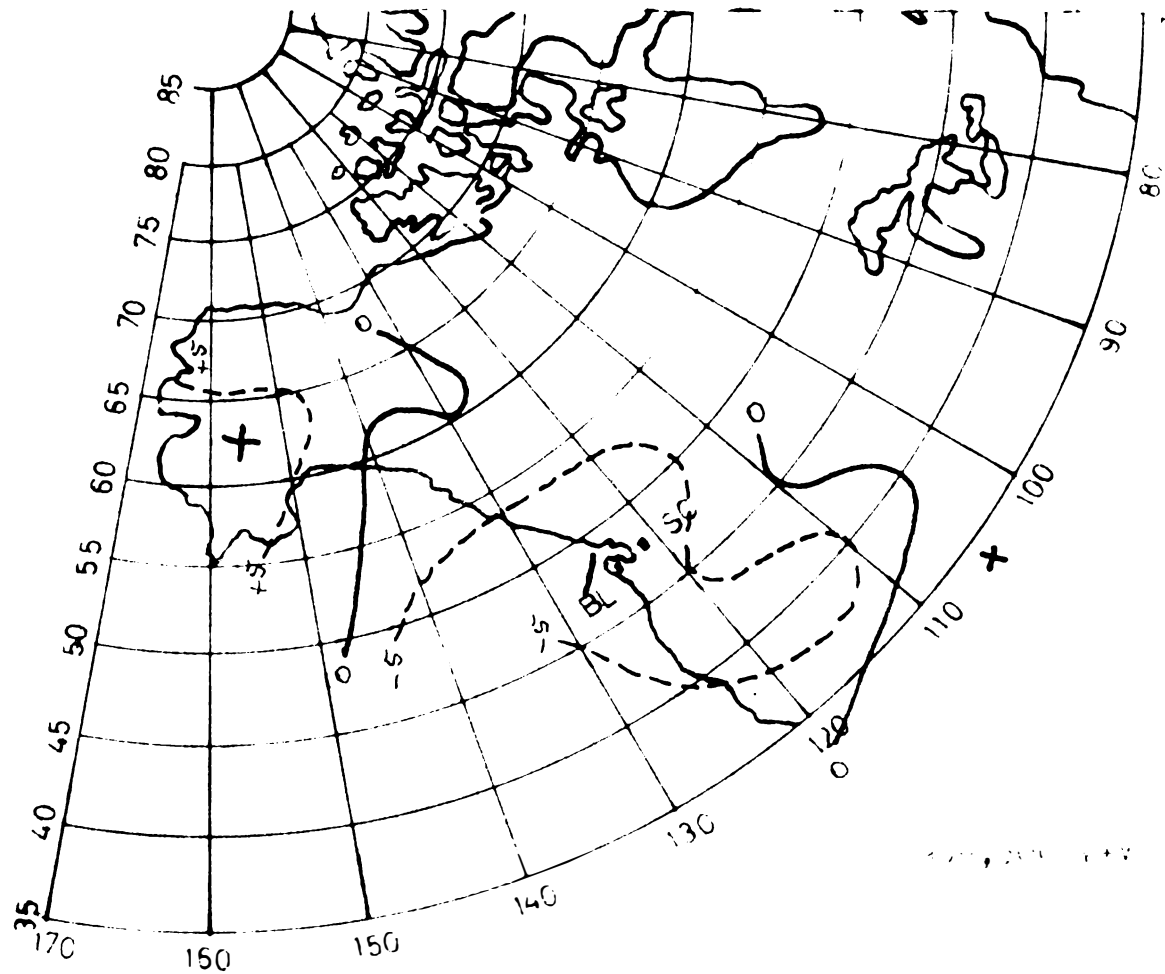
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAFIE 500 MB IN GFDK

JULI - SEPTEMBER 1958



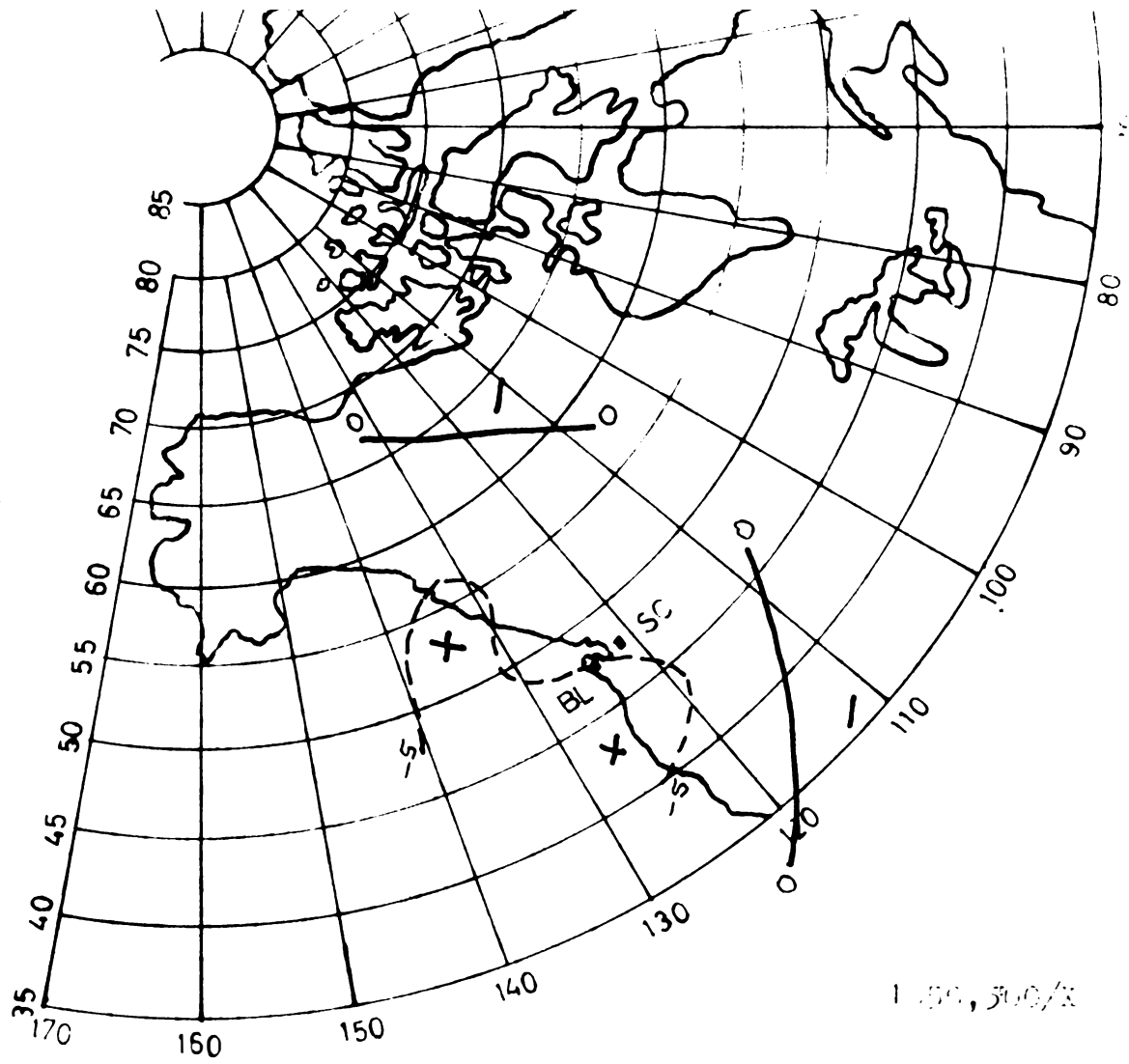
AS BEZUGSWEISE DER ABSCHLUSSE DER STATIONEN 500 MB
=====

MAI - JUNI 1959

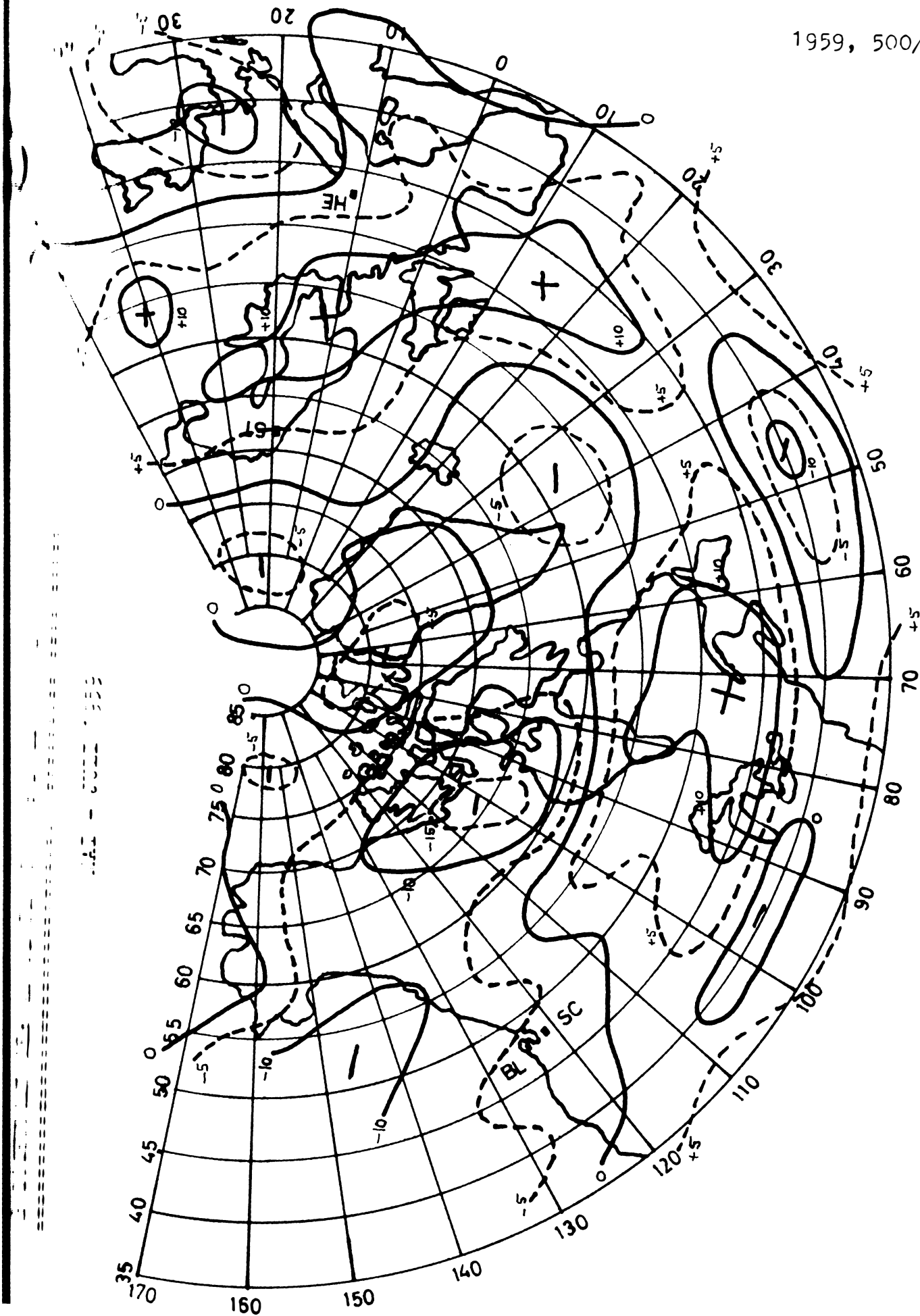


1:50, 500/3

OKTOBER 1959



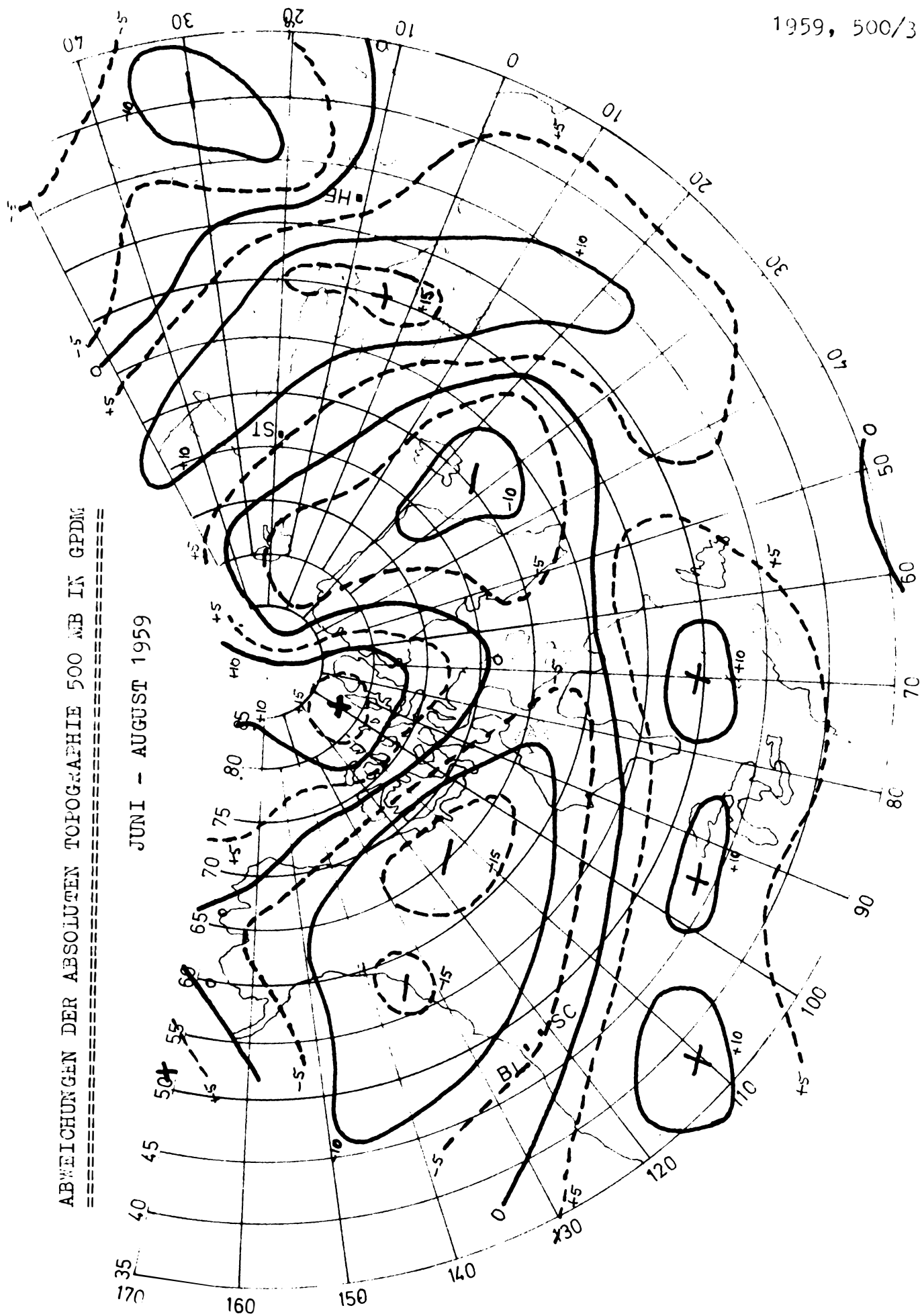
1:50, 500/3



DATE - 0000 - 1959

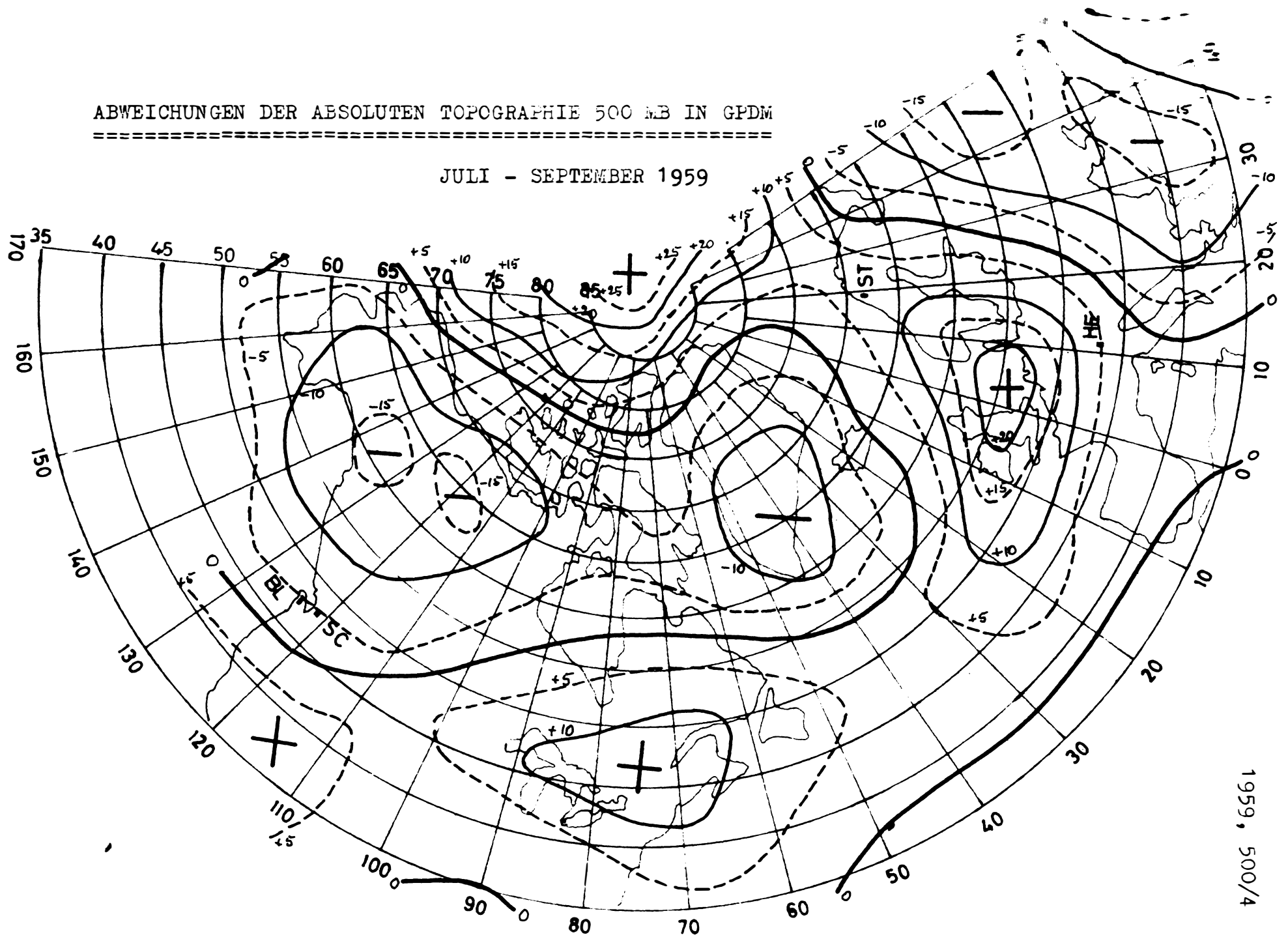
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDM

JUNI - AUGUST 1959



ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPM

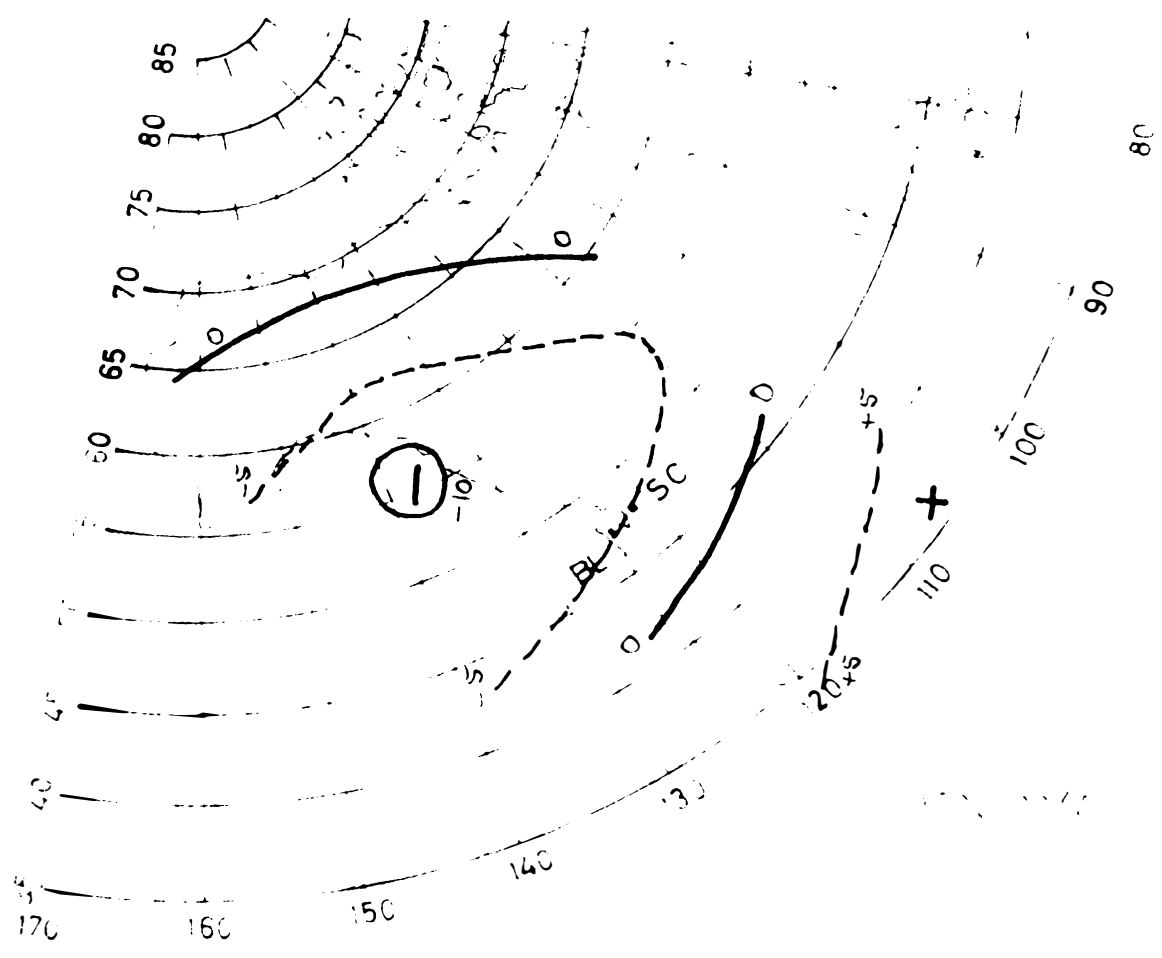
JULI - SEPTEMBER 1959



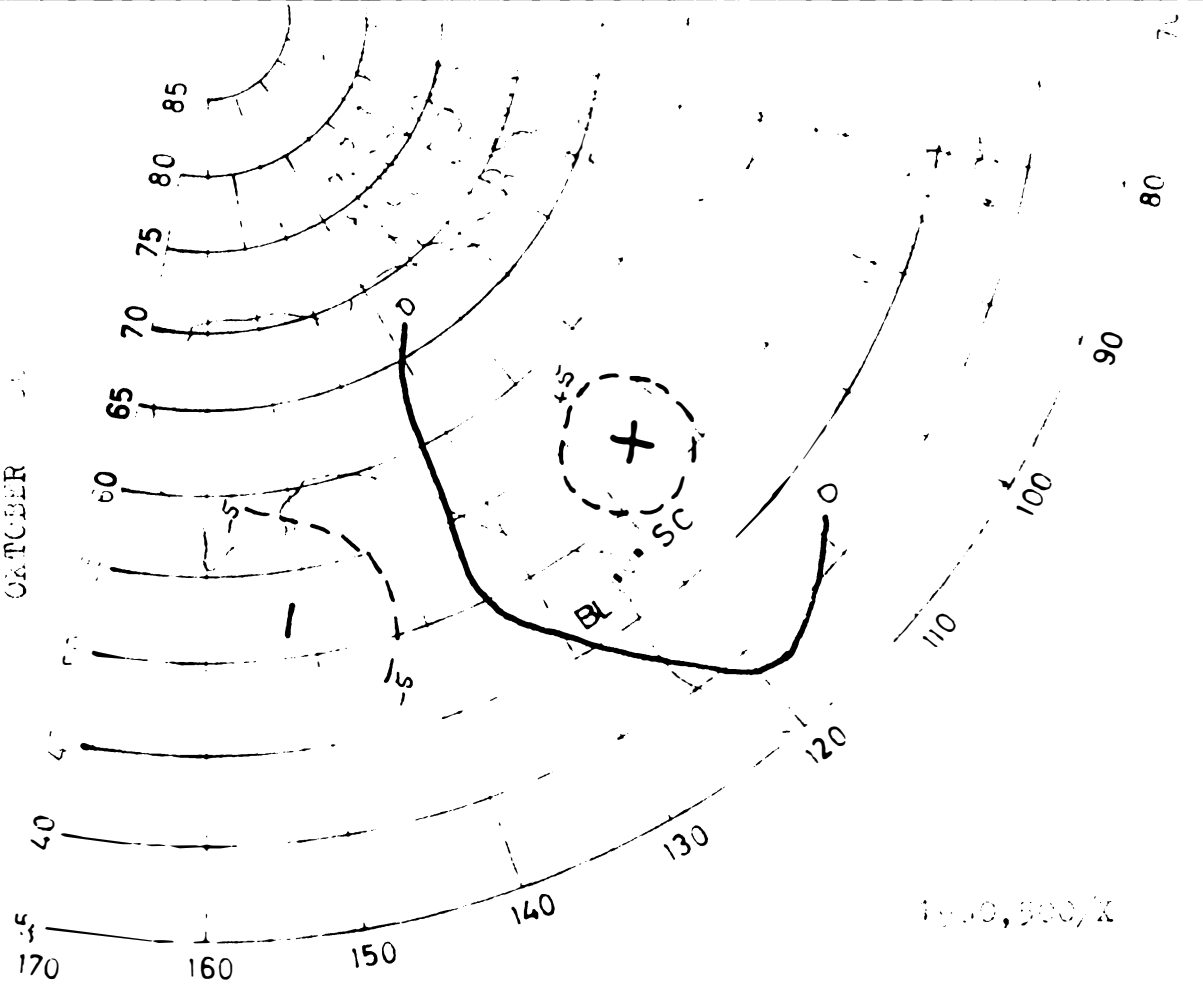
1959, 500/4

ANOMALY MAP FOR ABSOLUTE TEMPERATURE 20 MB

MAY + JUNE

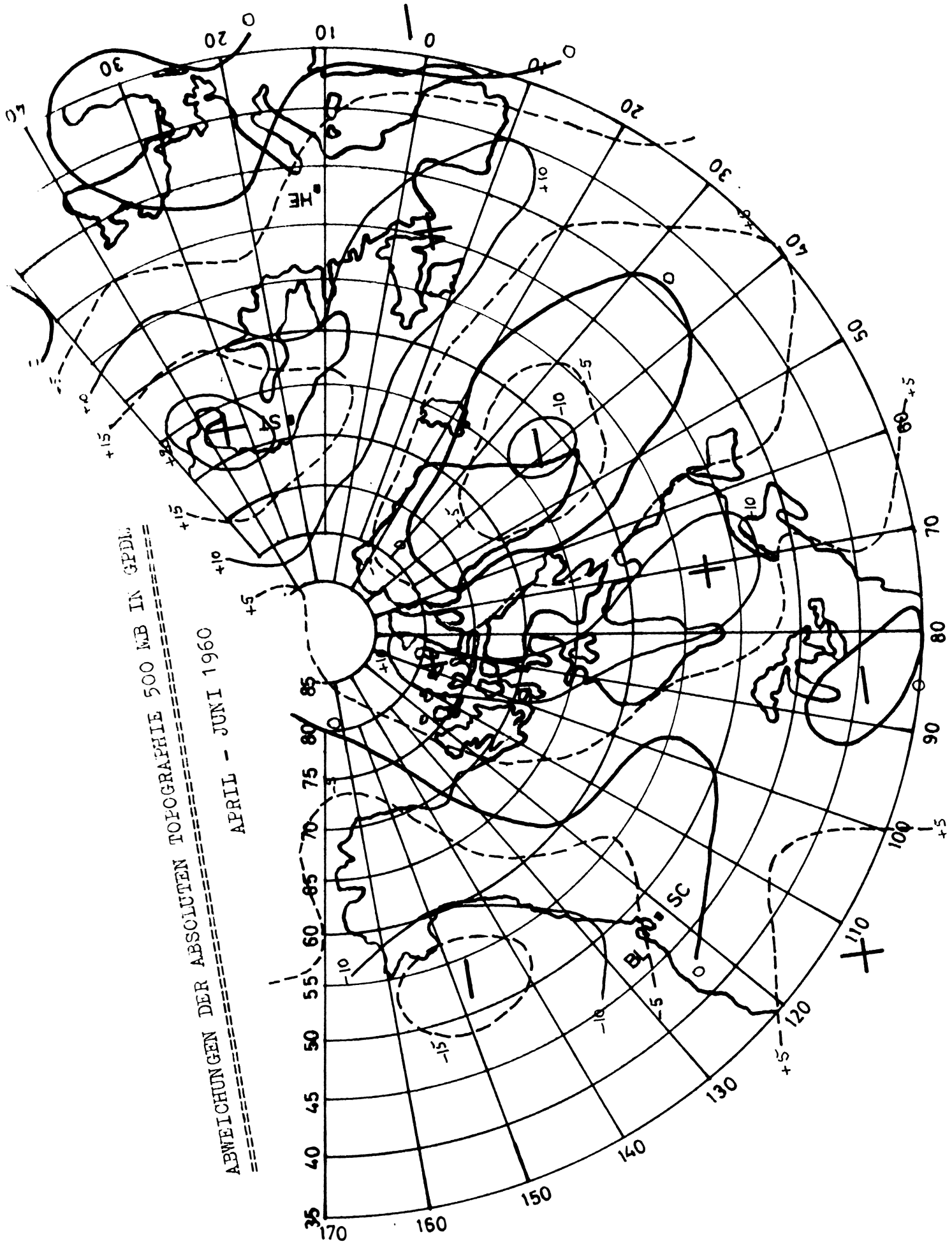


OCTOBER



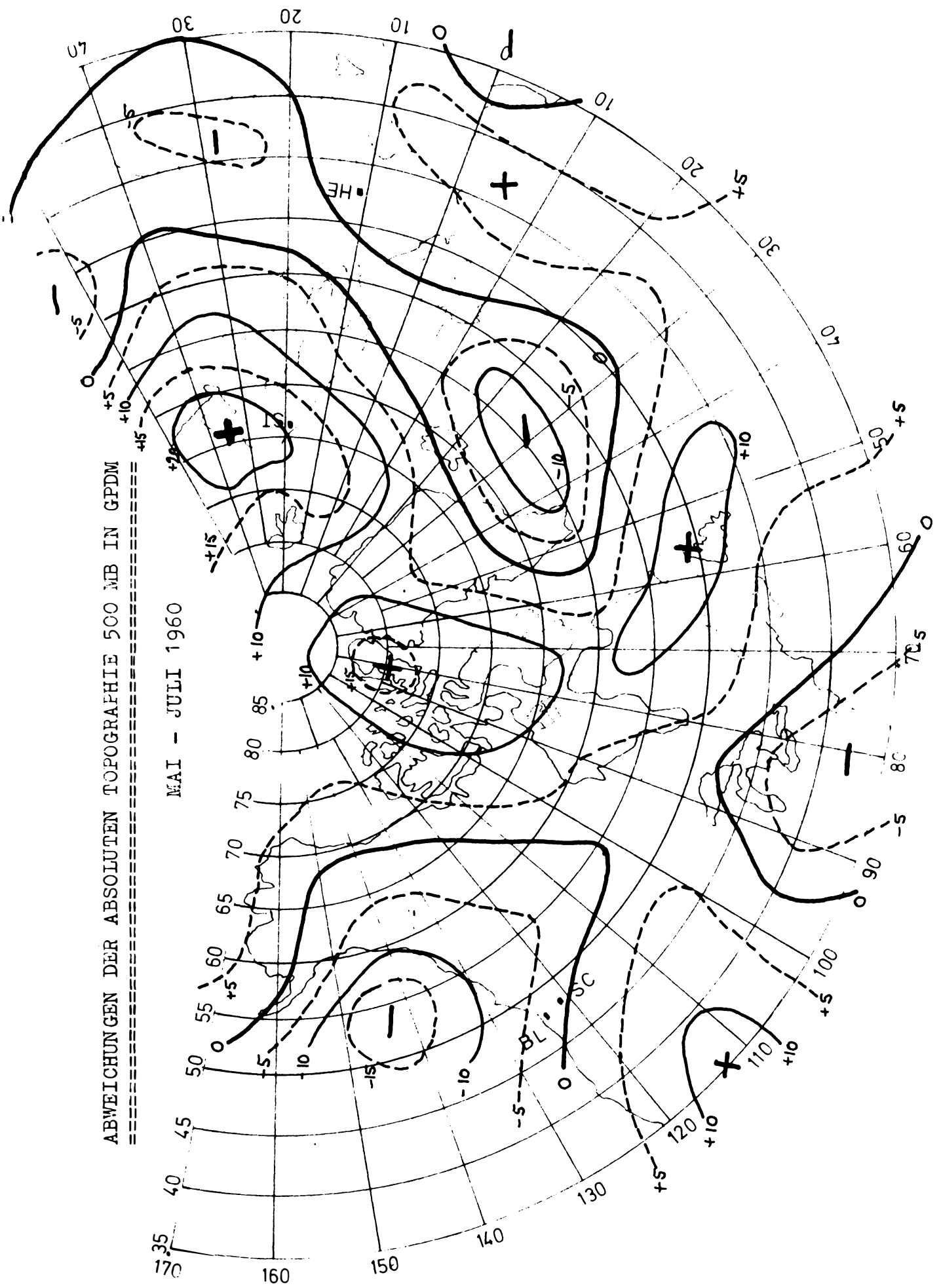
1000, 500, X

=====
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDL.
=====
APRIL - JUNI 1960

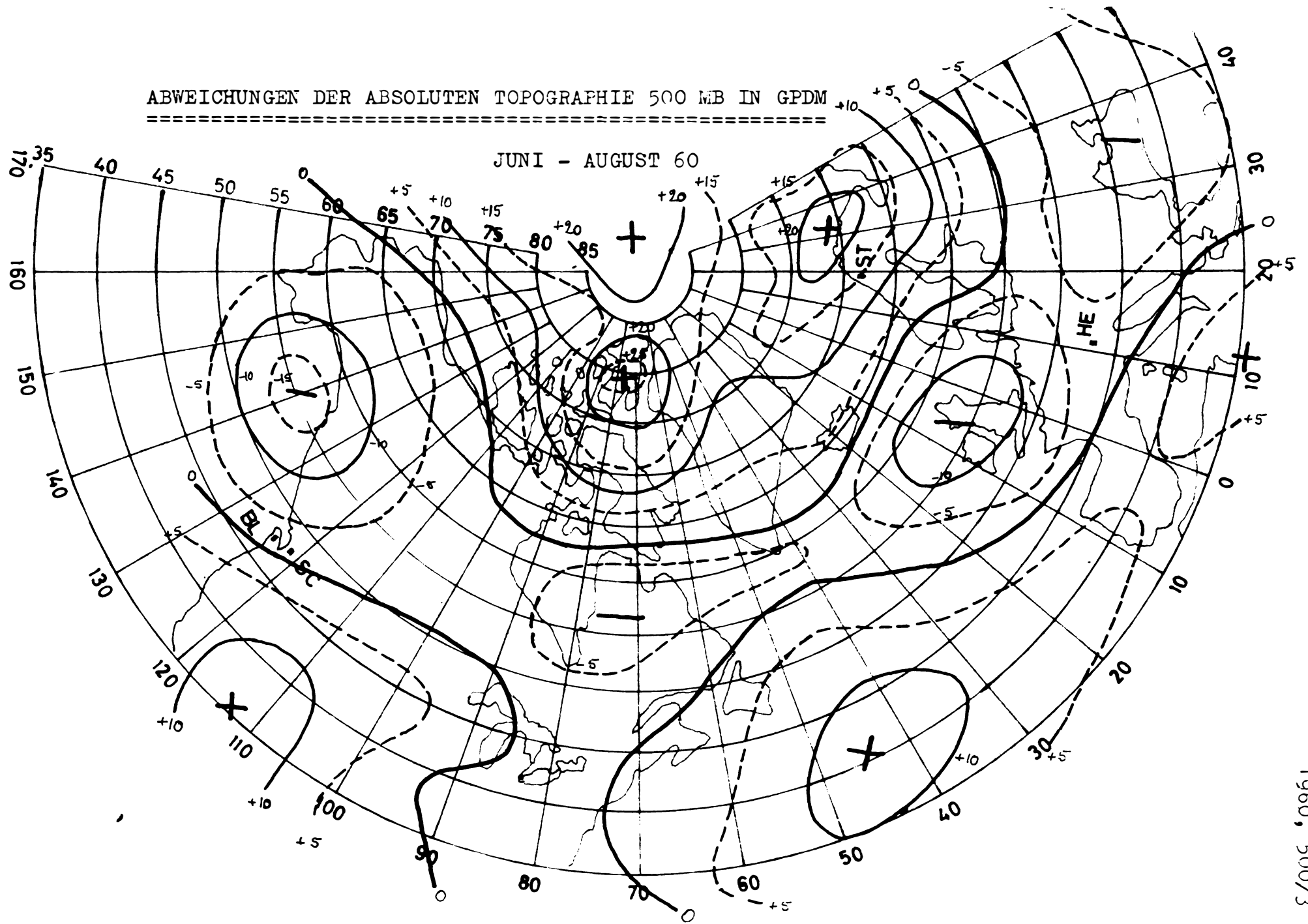


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPD

MAI - JULI 1960

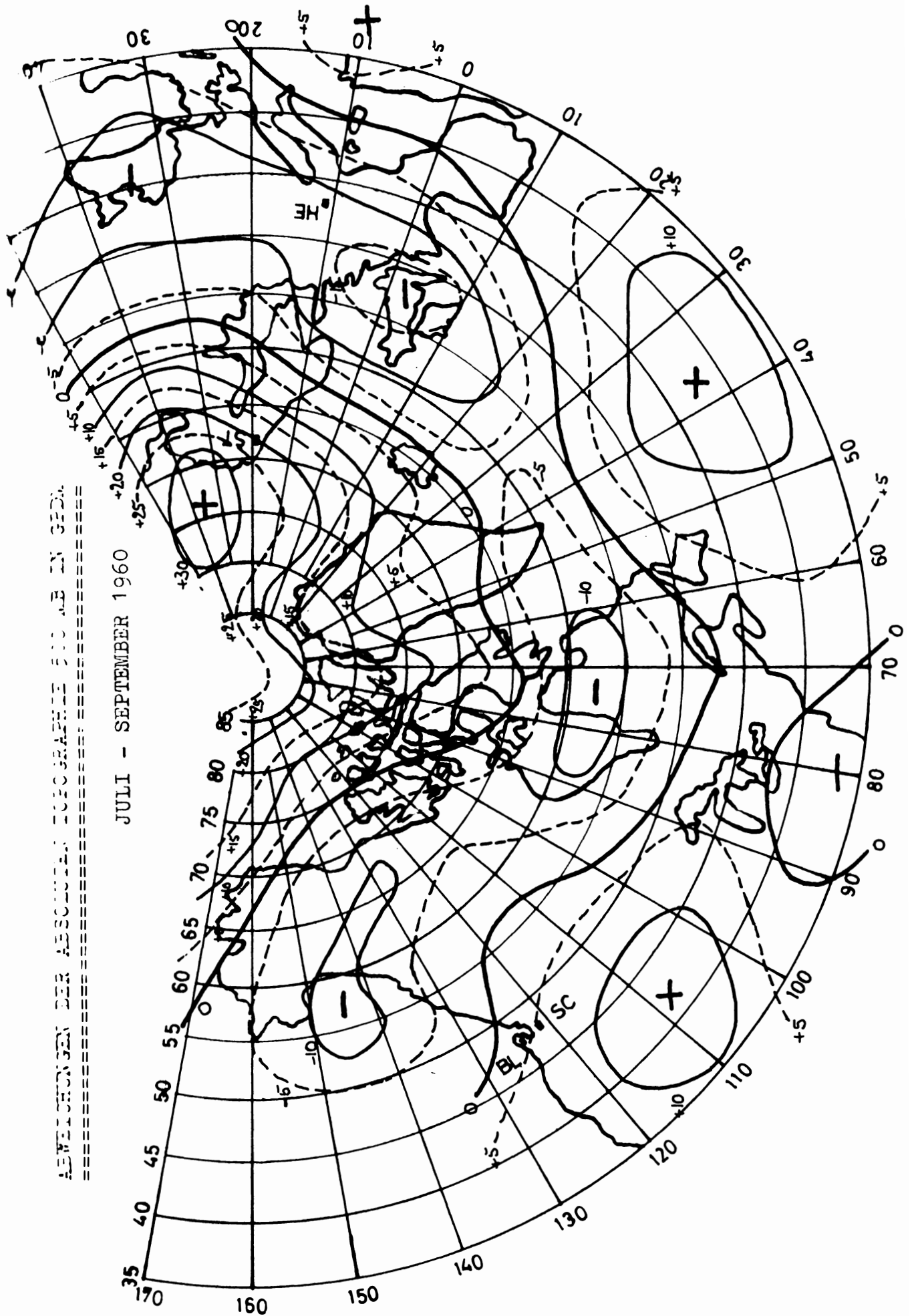


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDM



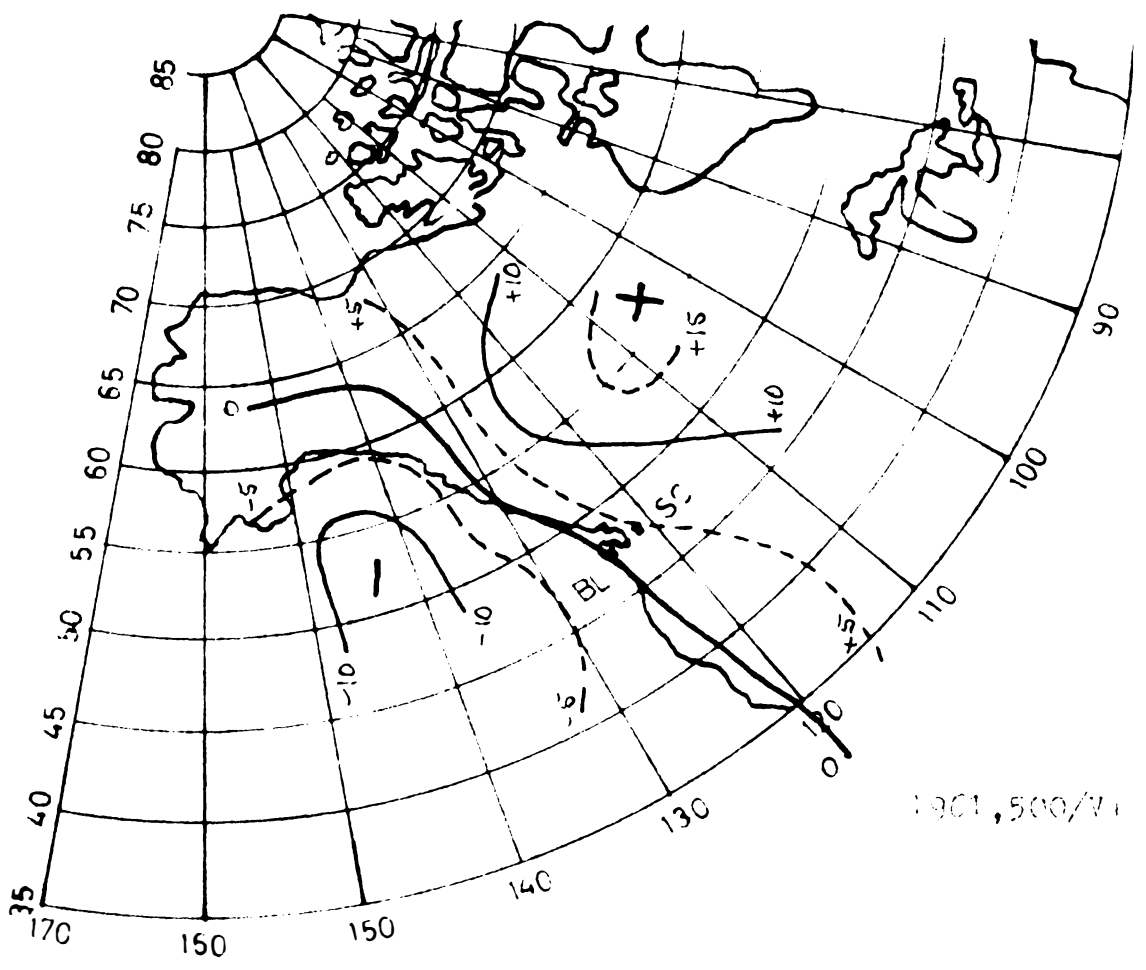
ABWEICHUNGEN DER ABSCHNITTEN GEOGRAPHIE 500 AB IN 3200

JULI - SEPTEMBER 1960

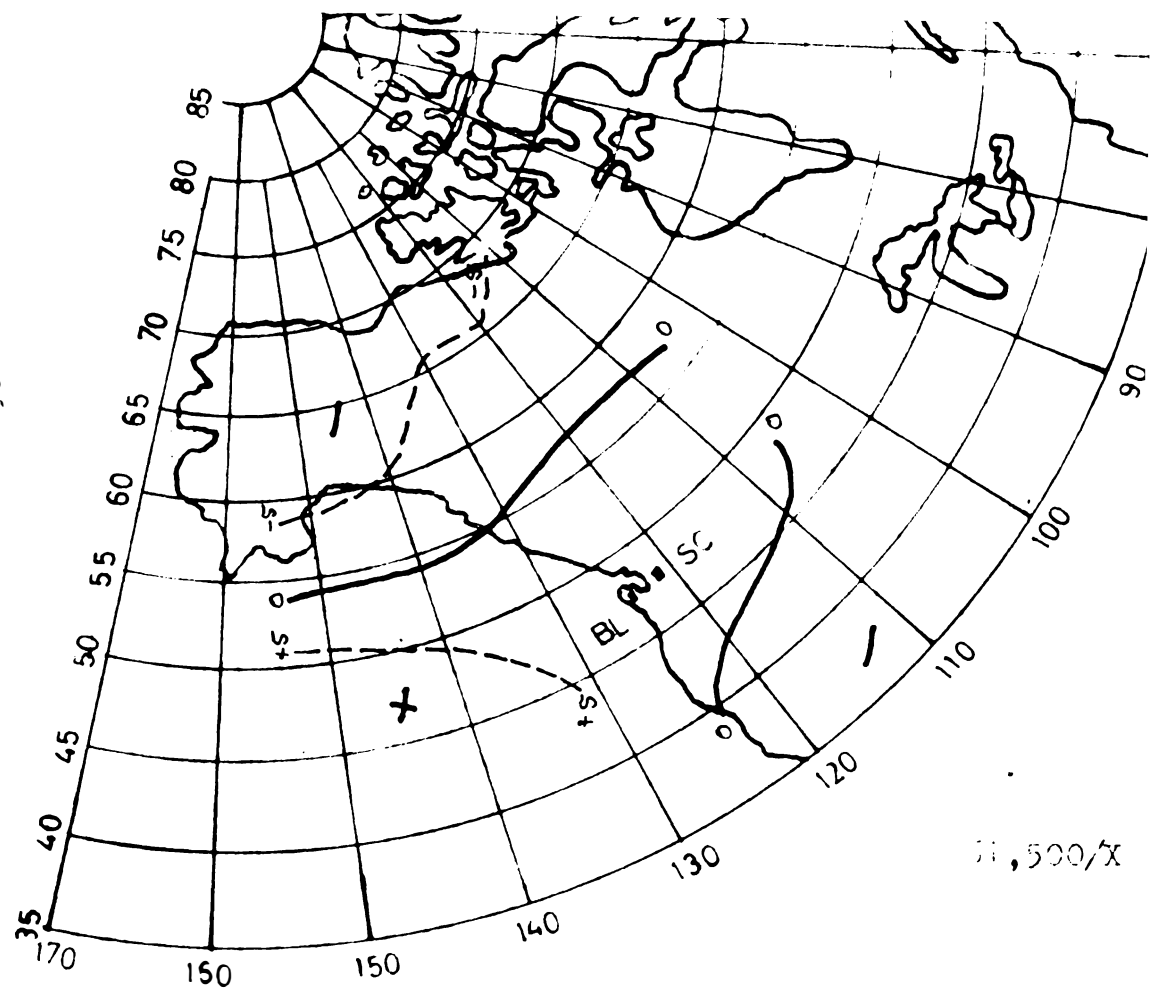


ABWEICHUNGEN DER AS GLEICH GEOGRAPHIE 2. AB

JULI + JUNI 1961

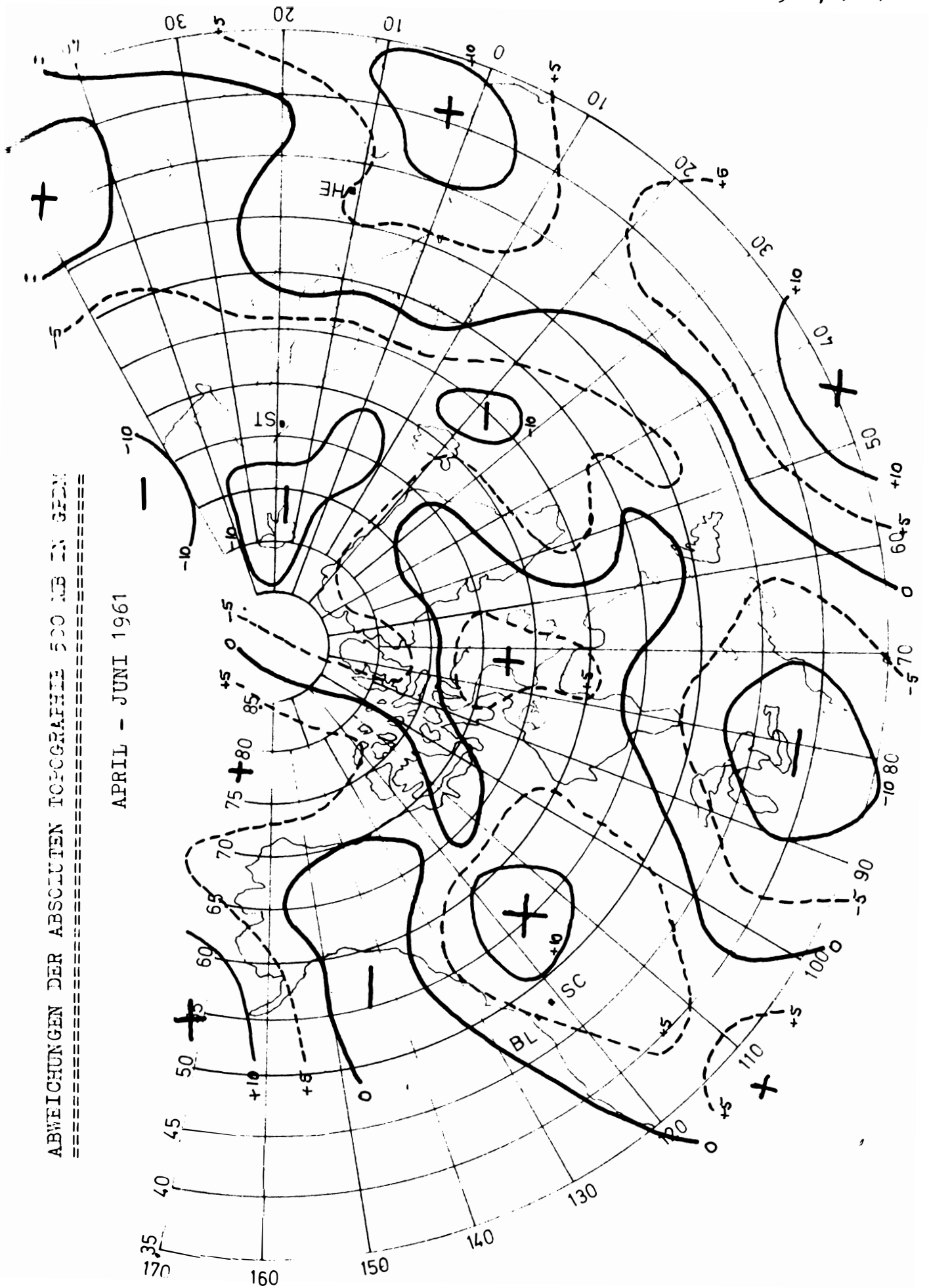


OKTOBER 1961



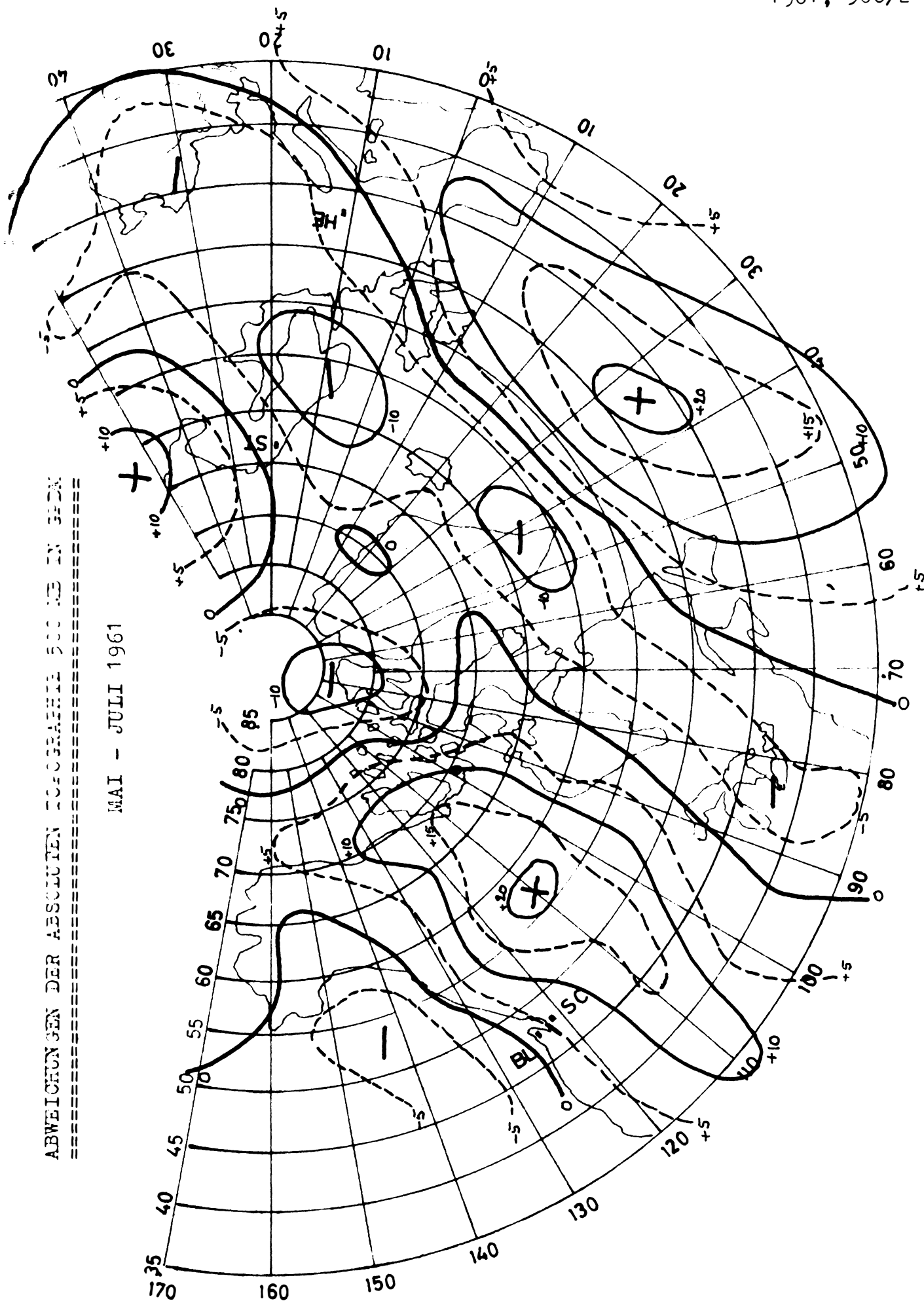
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GERM
=====

APRIL - JUNI 1961



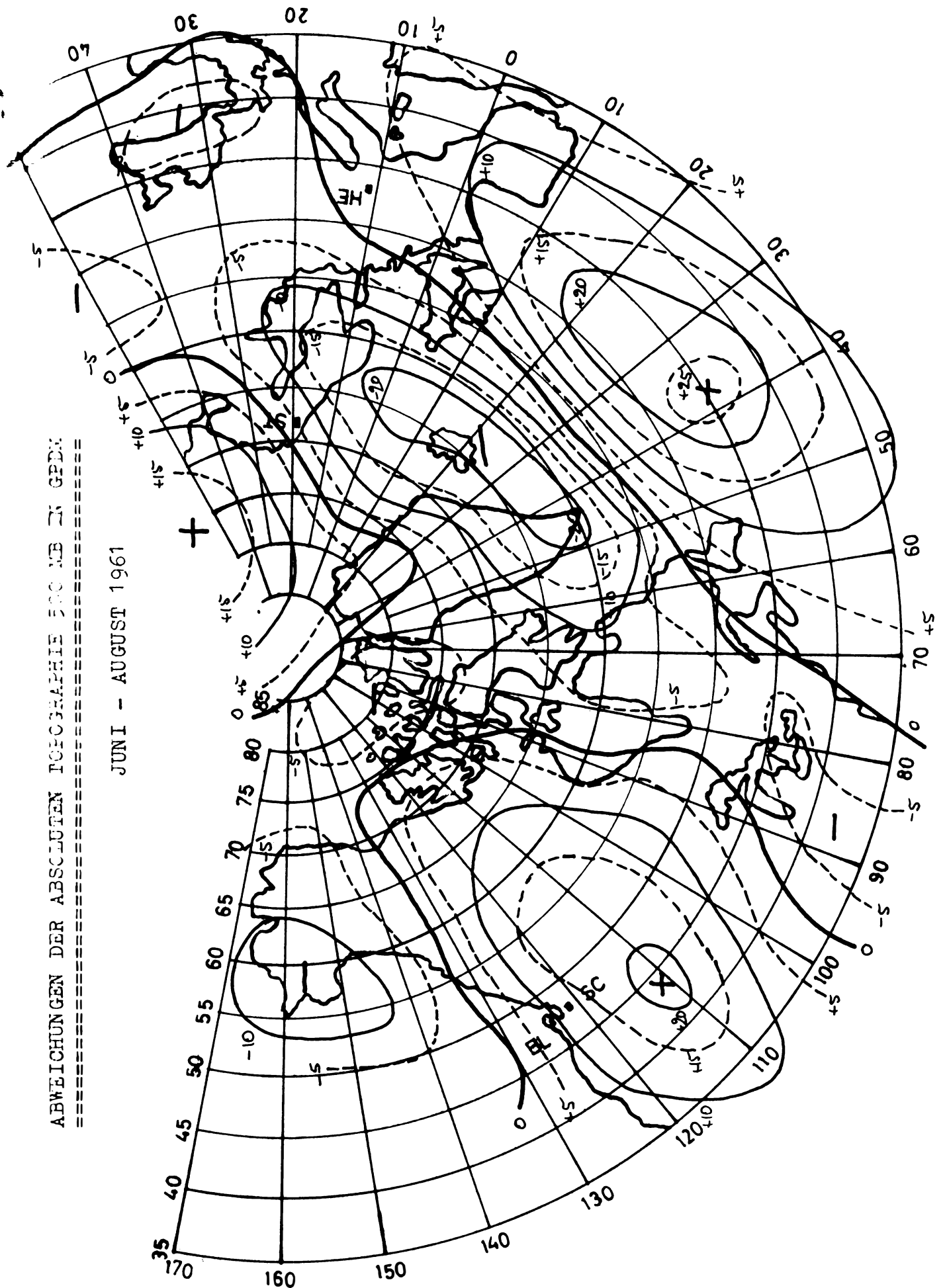
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TEMPERATUR 500 MB IM SDC

MAI - JULI 1961



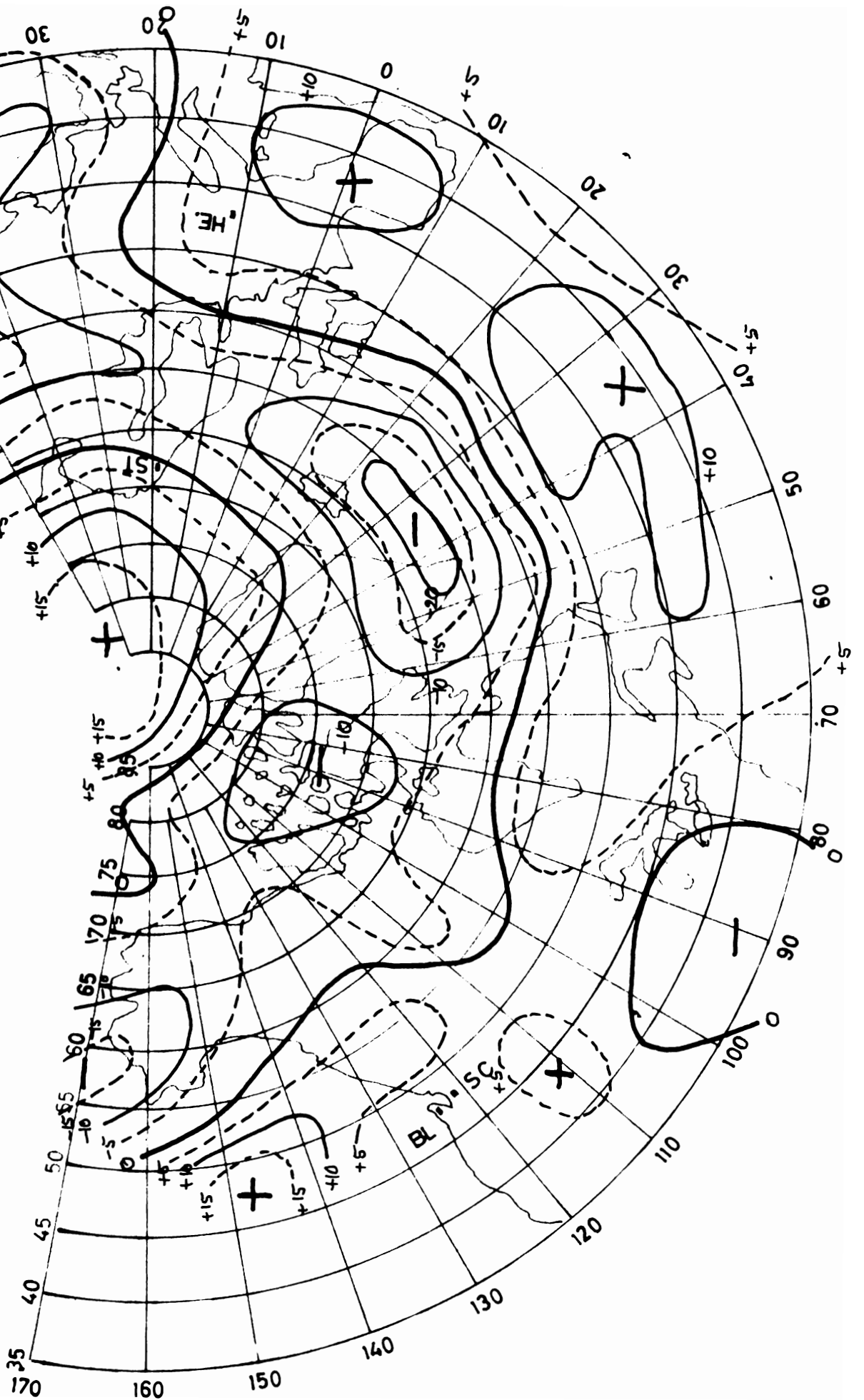
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDN

JUNI - AUGUST 1961



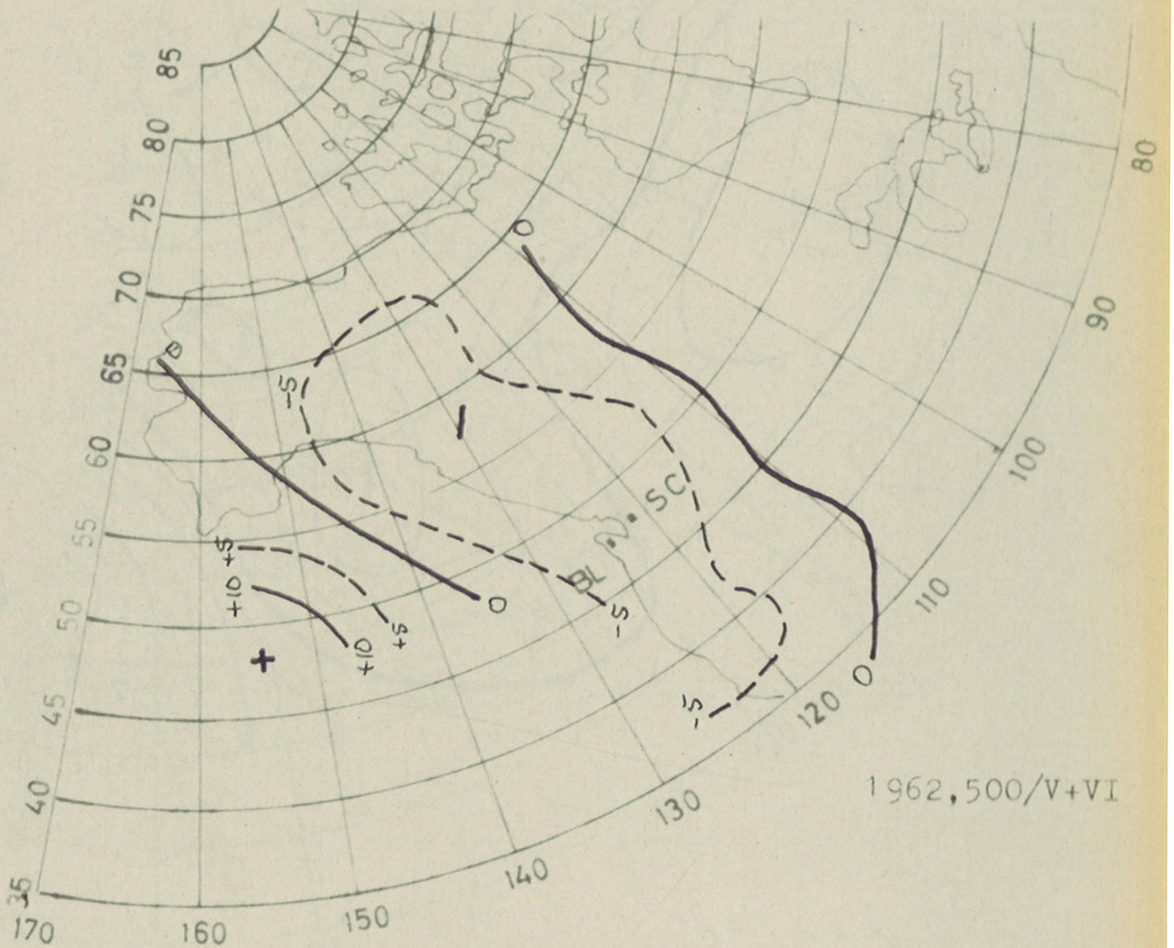
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 M.B. IN G.P.M.

JULI - SEPTEMBER 1961

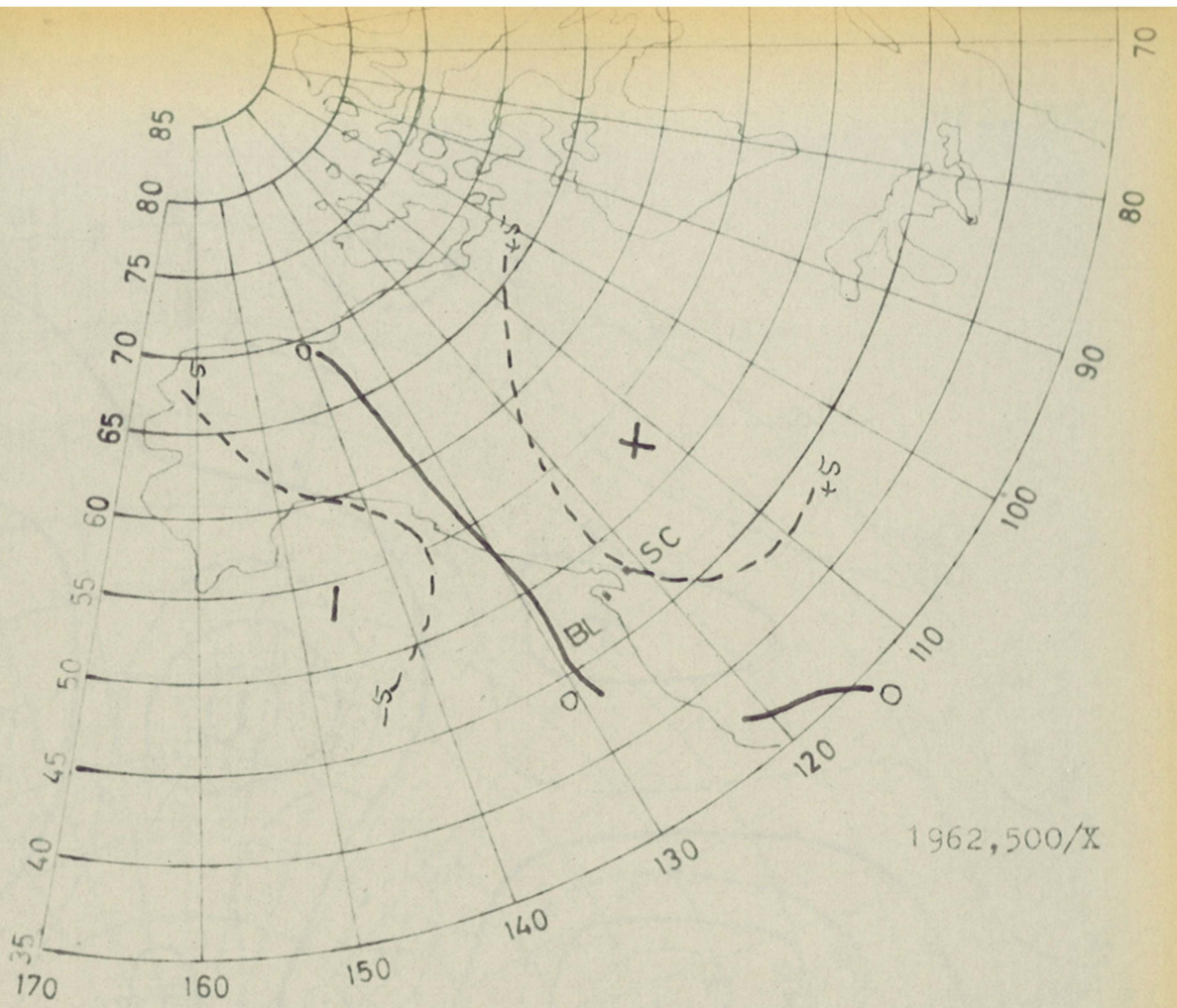


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB

MAI + JUNI 1962

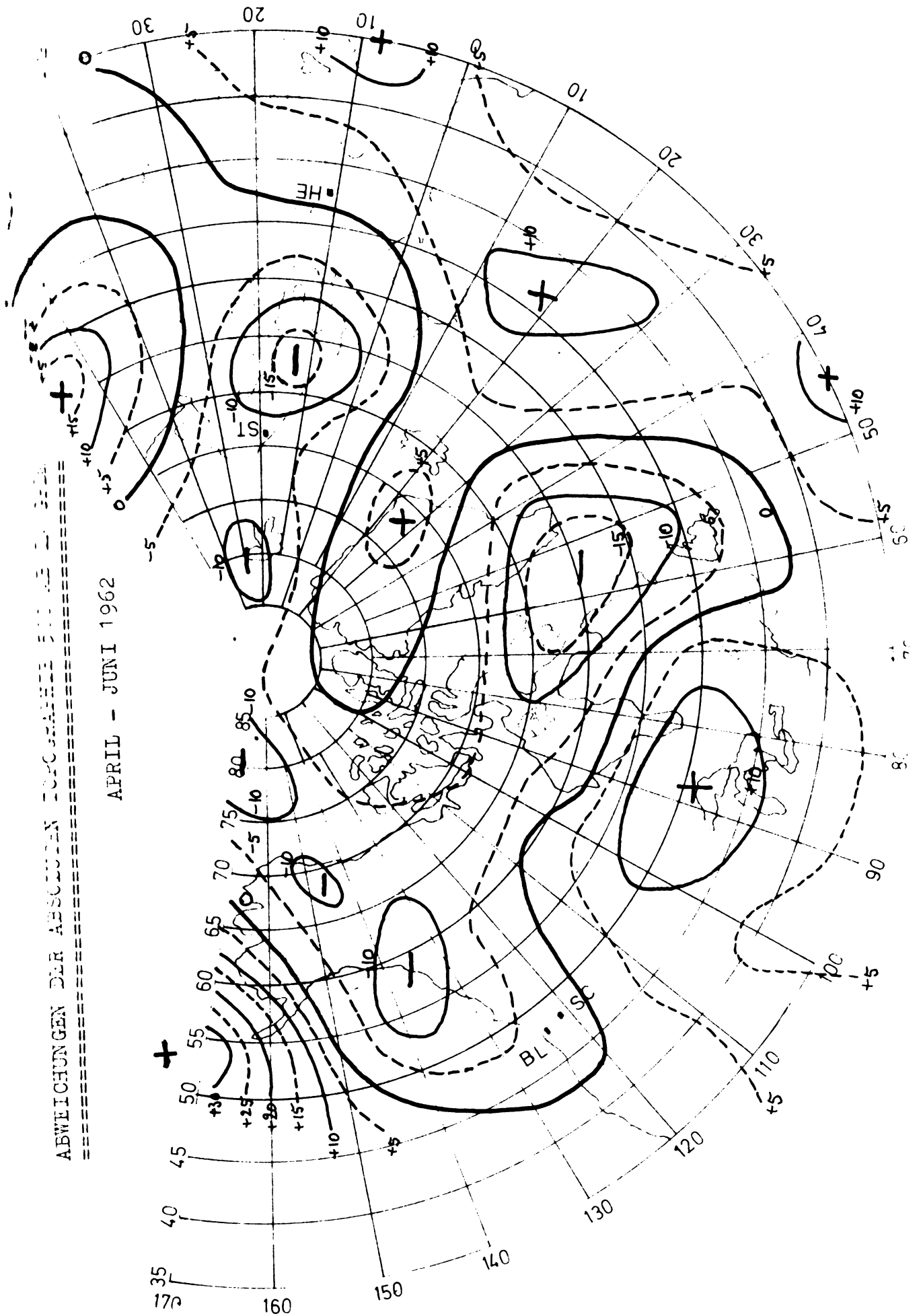


OKTOBER 1962



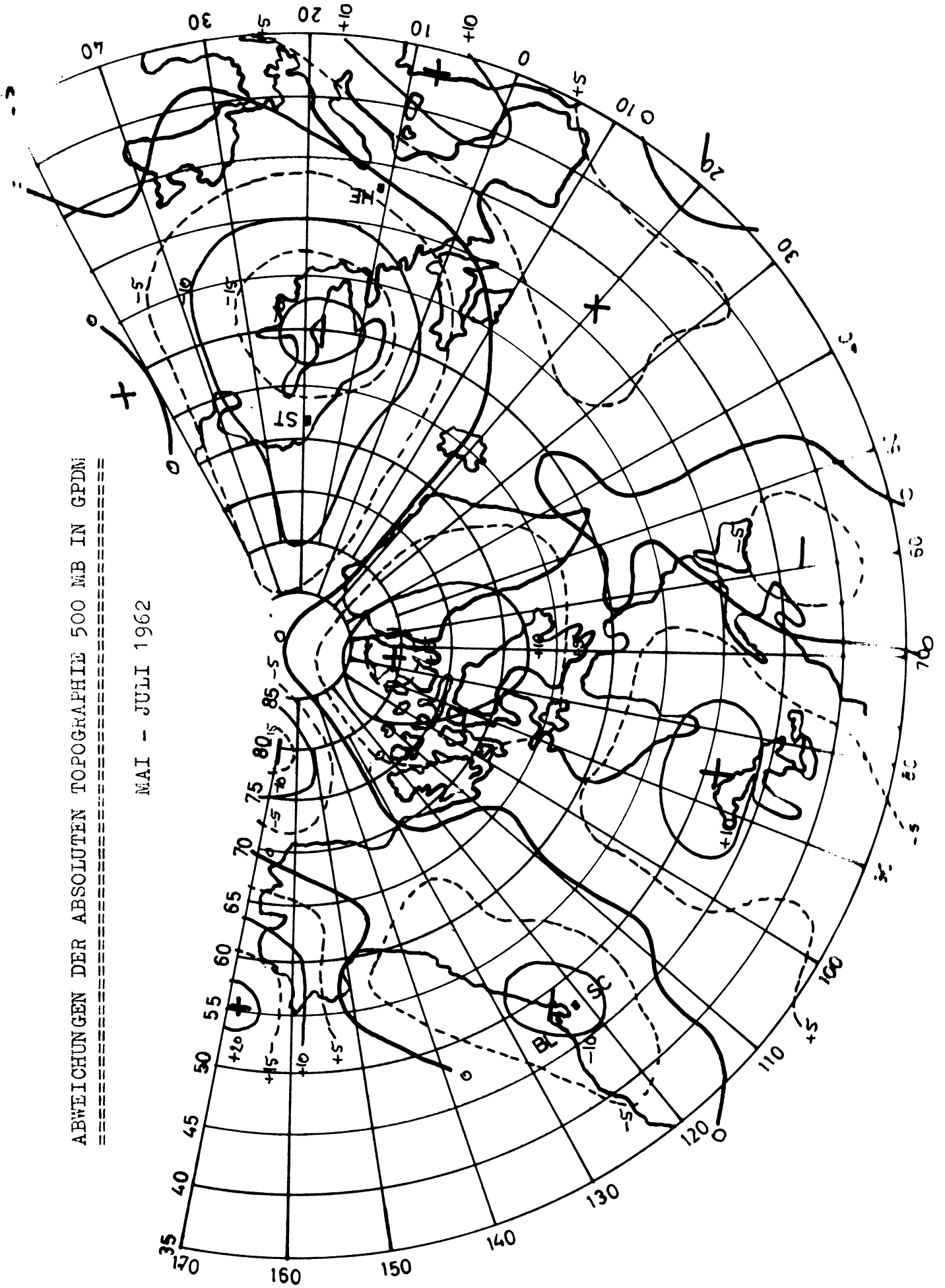
ABWEICHUNGEN DER ABSCHNITTEN DURCHSCHNITTE 500 hPa

APRIL - JUNI 1962



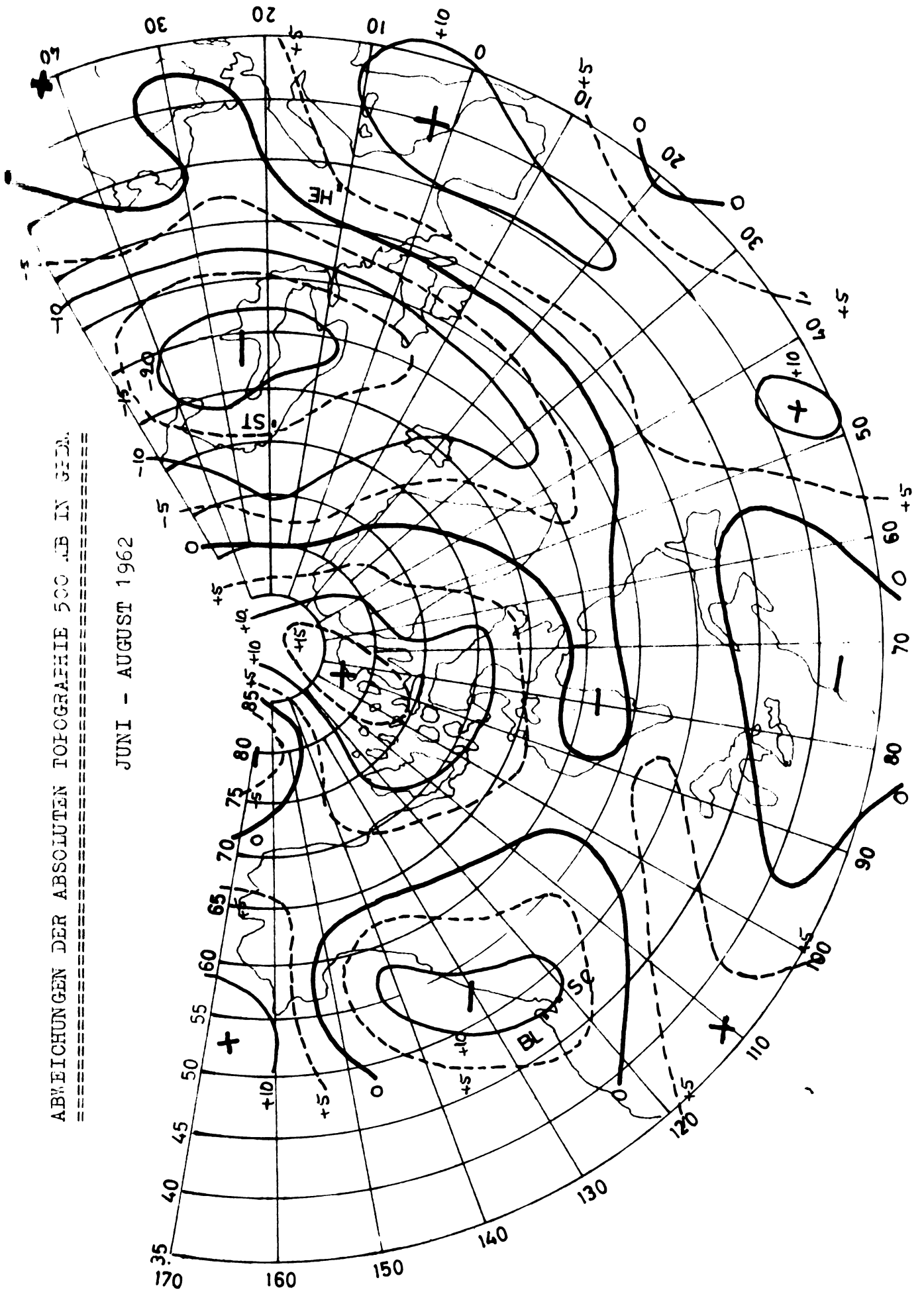
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPM

MAI - JULI 1962



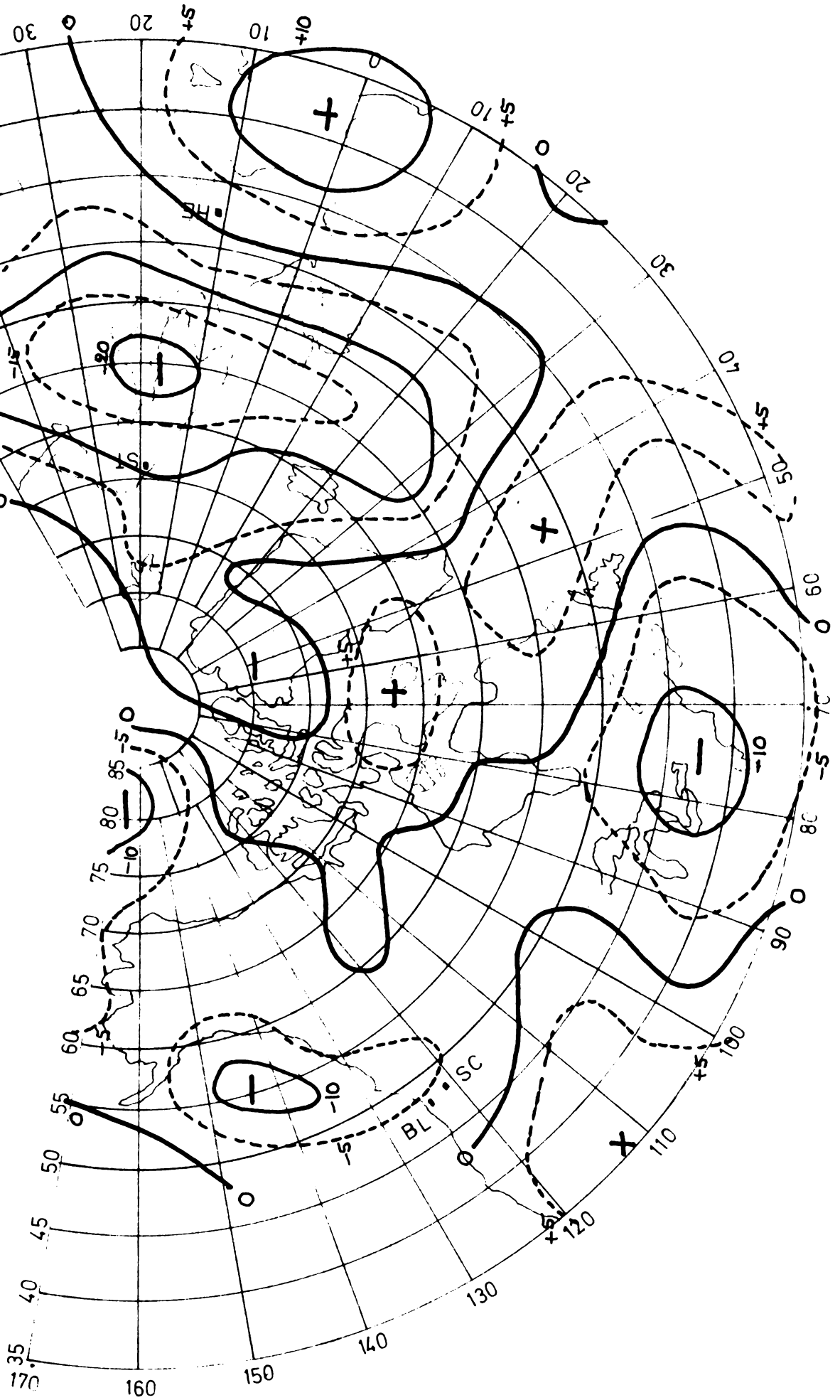
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GED.

JUNI - AUGUST 1962



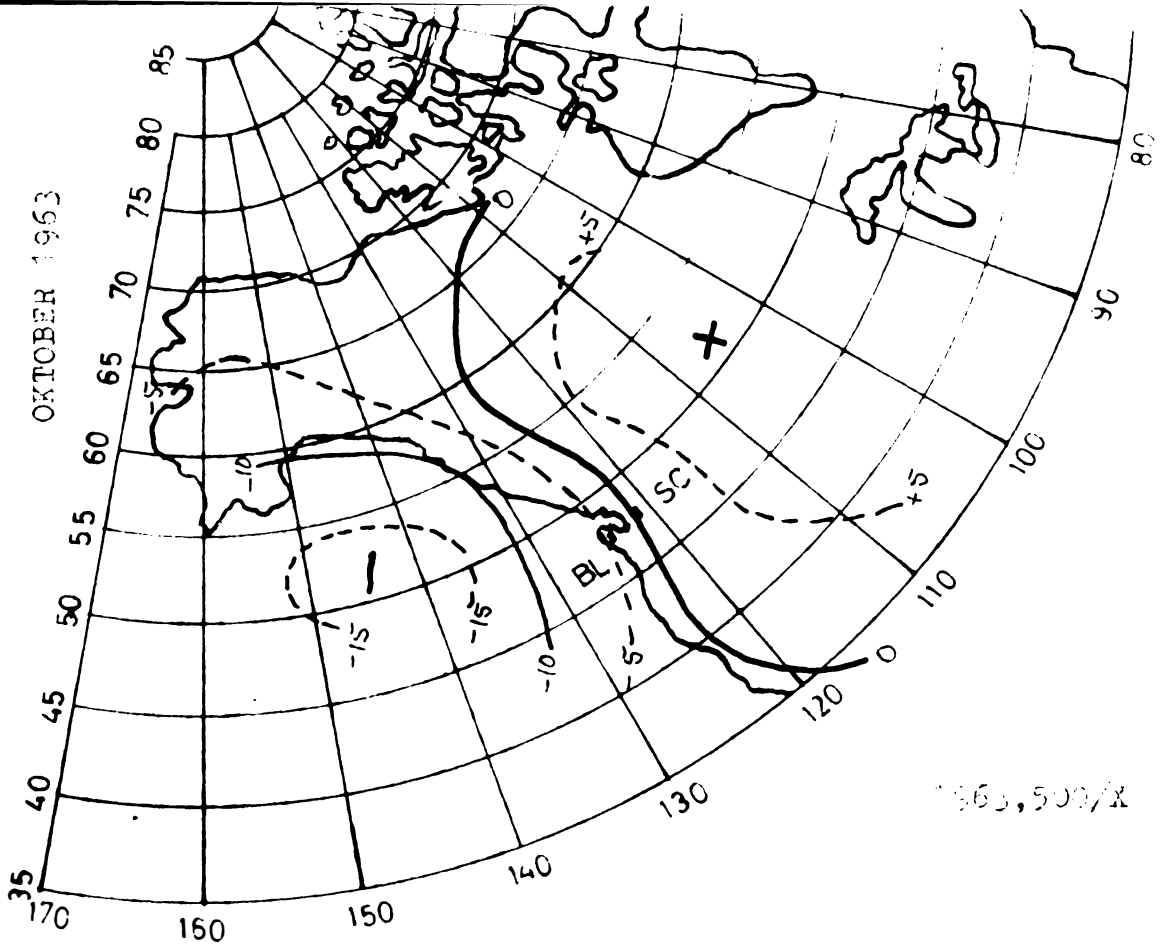
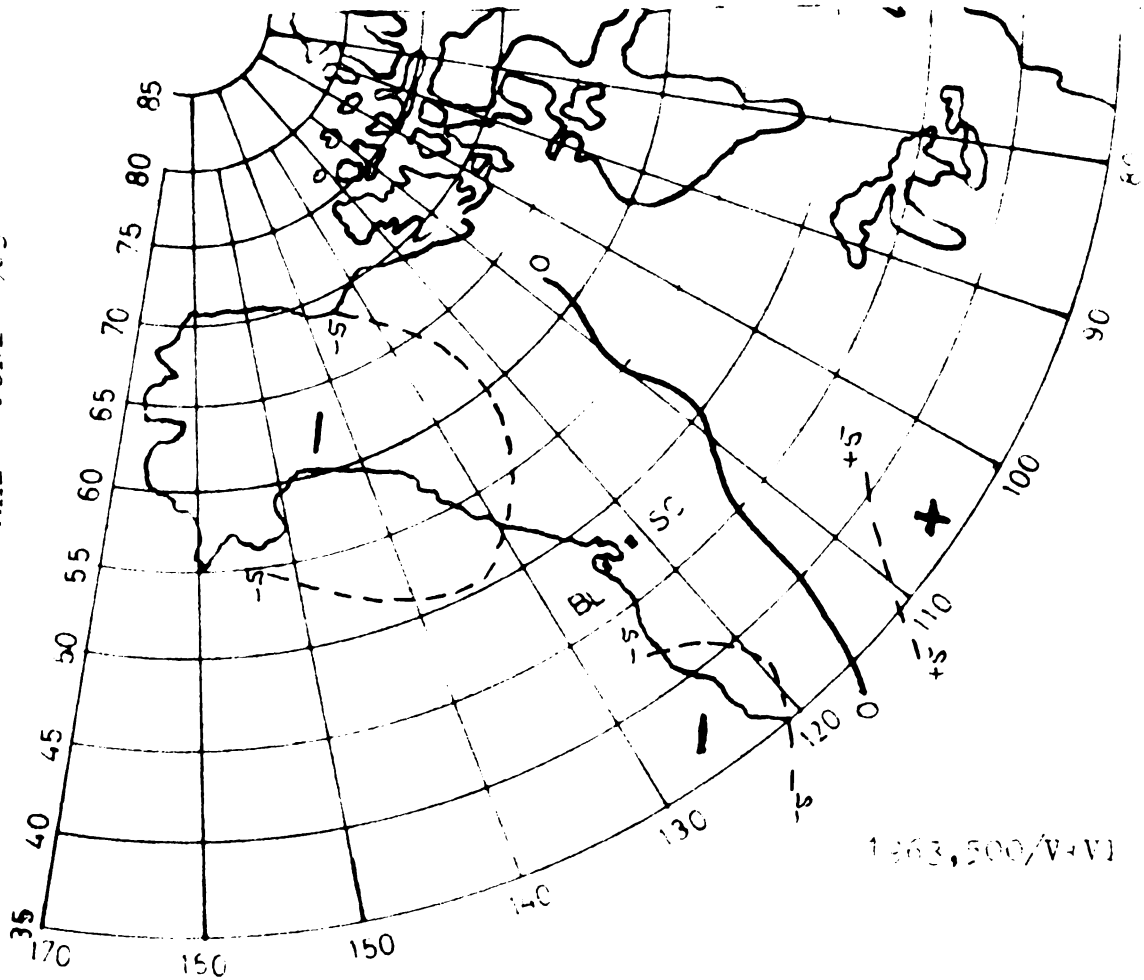
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDm.

JULI - SEPTEMBER 1962



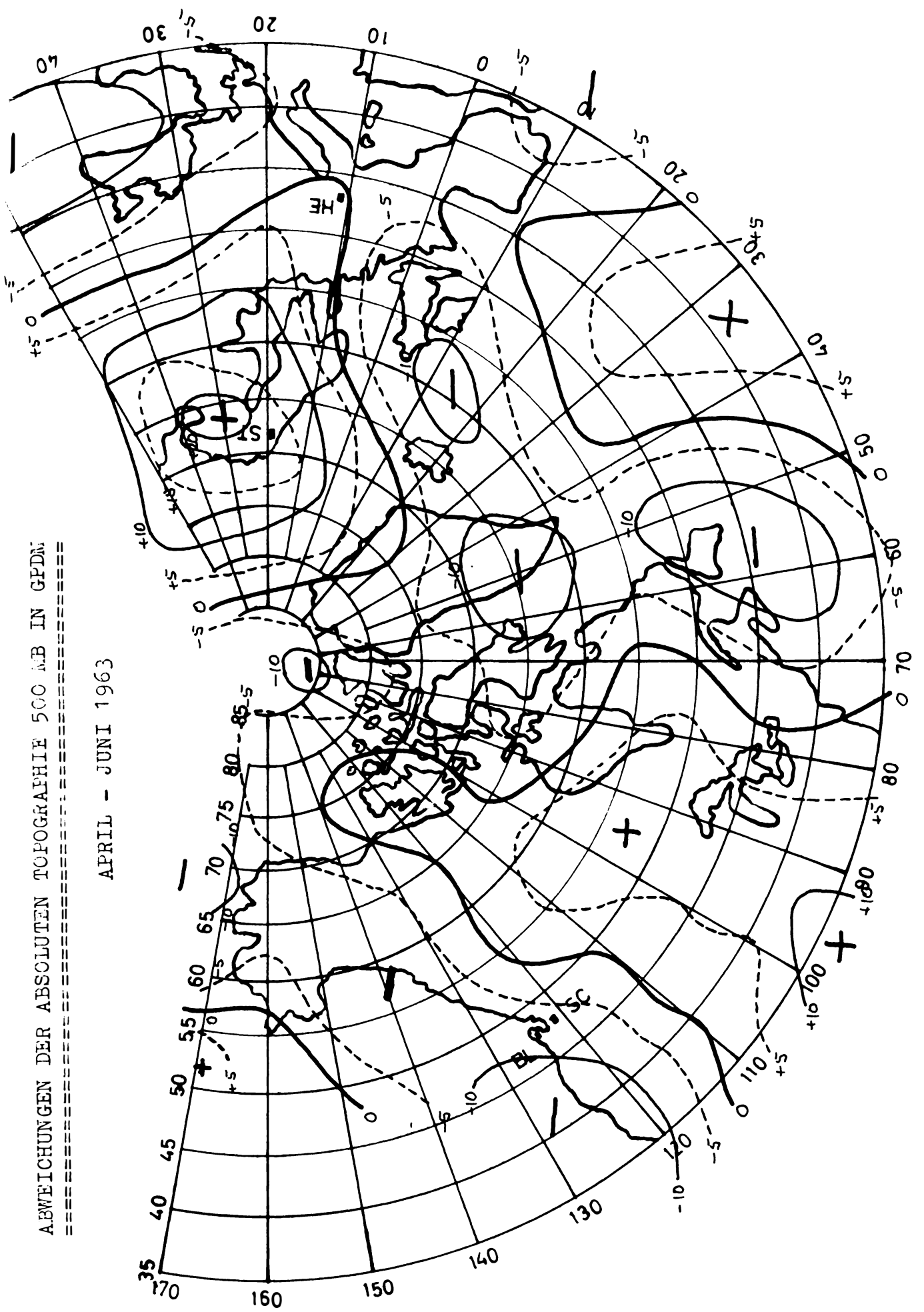
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 50 MB

MAI + JUNI 1963



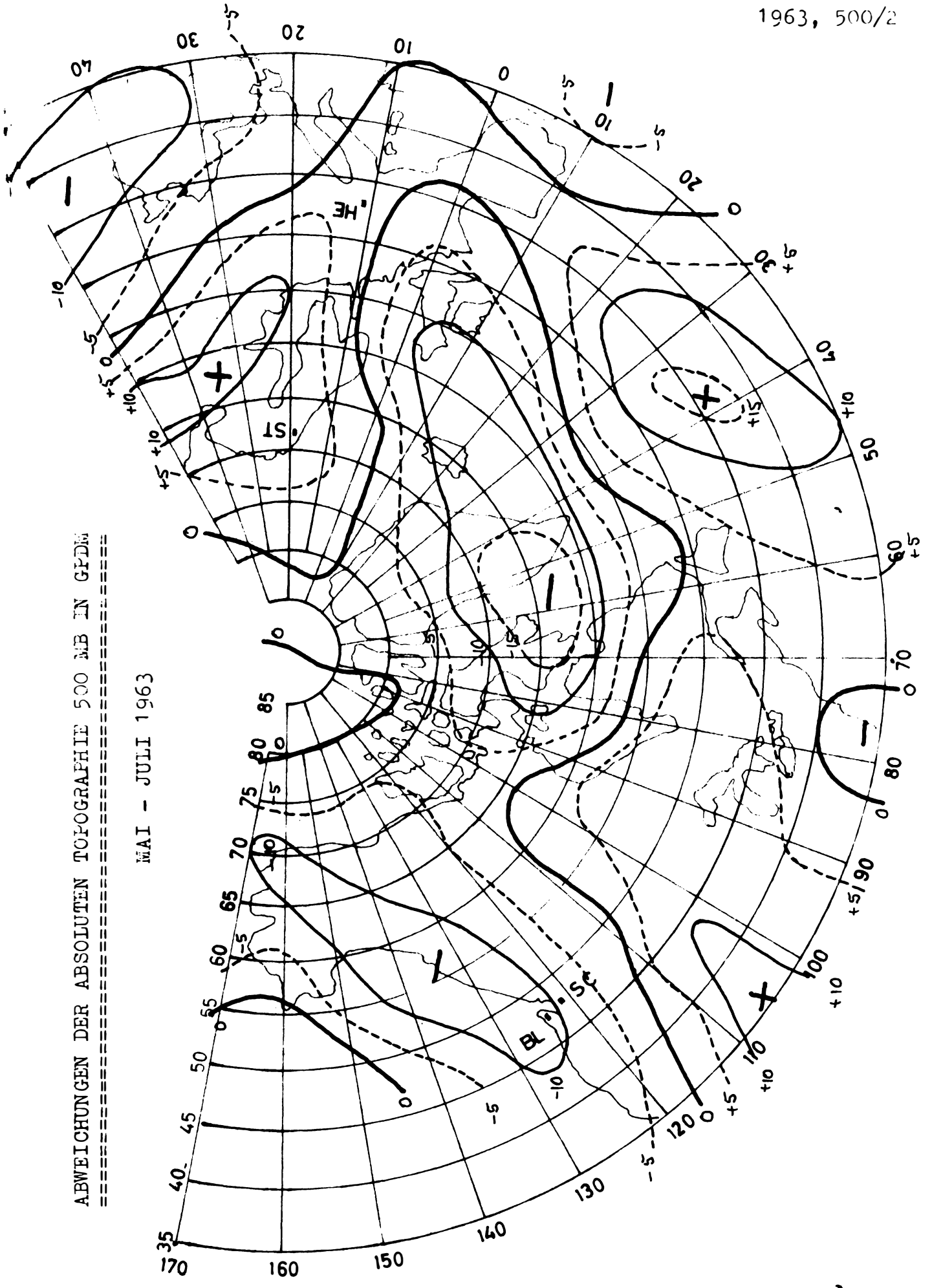
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDN

APRIL - JUNI 1963

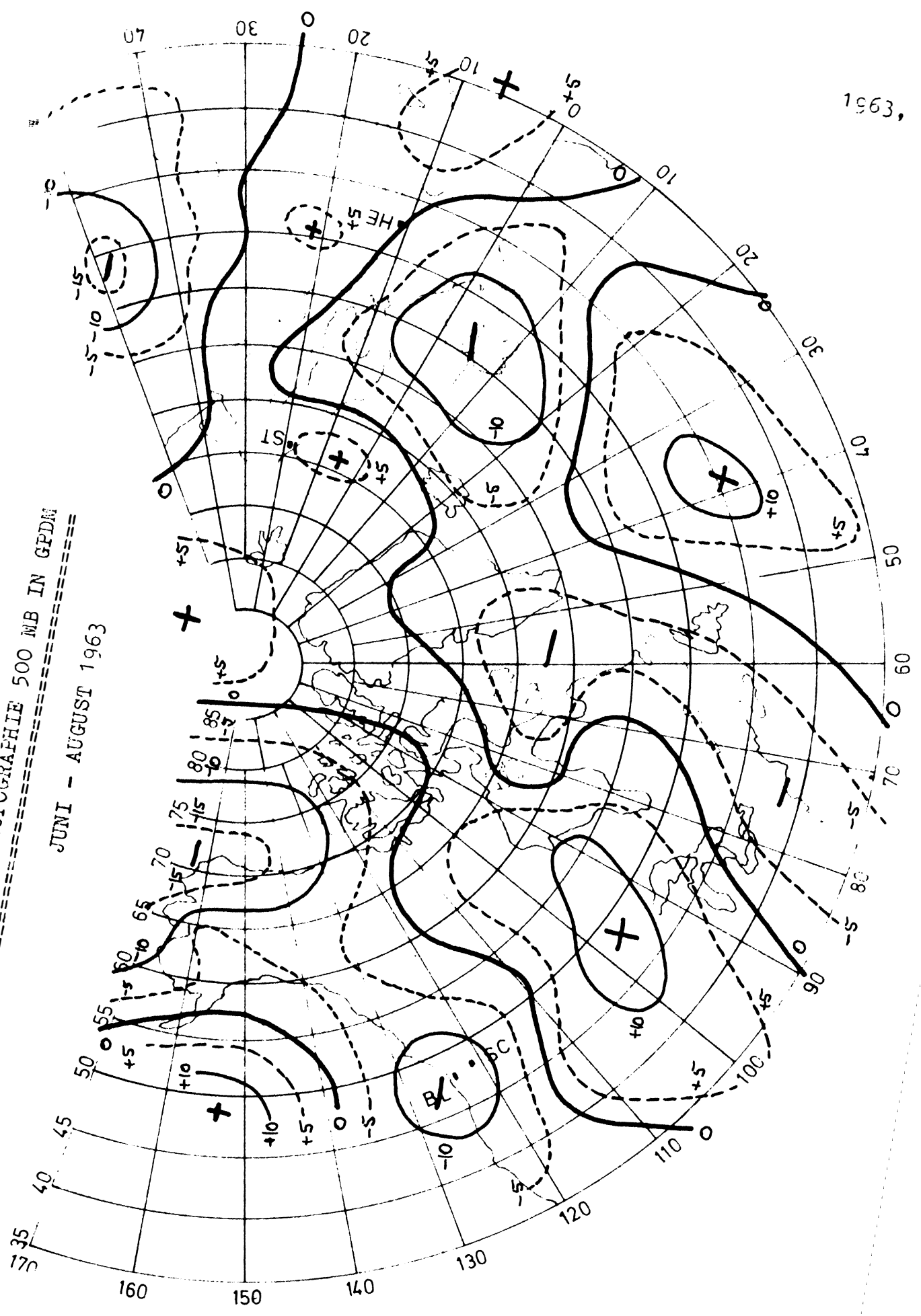


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GFDM
=====

MAI - JULI 1963

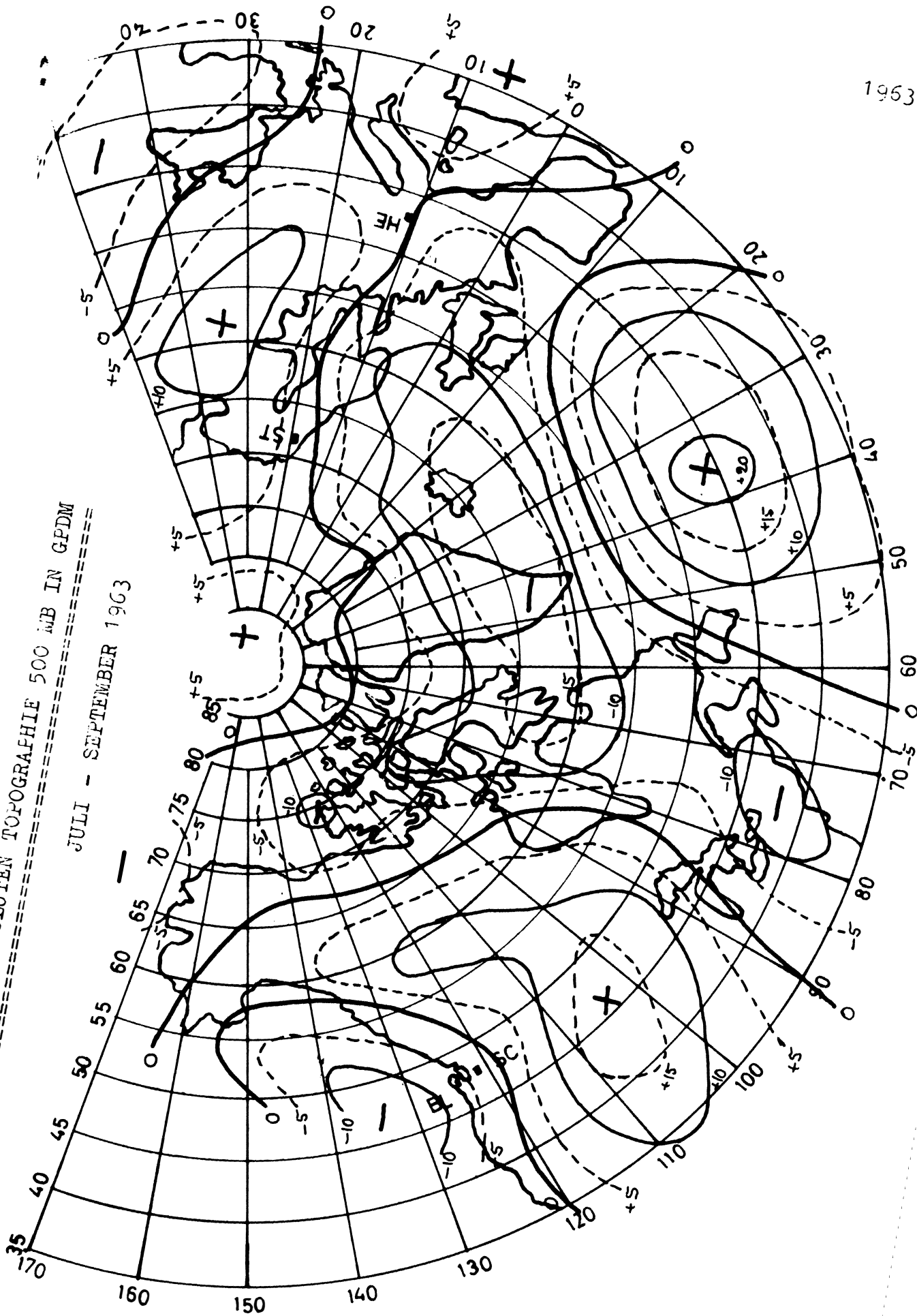


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDM
===== JUNI - AUGUST 1963 =====



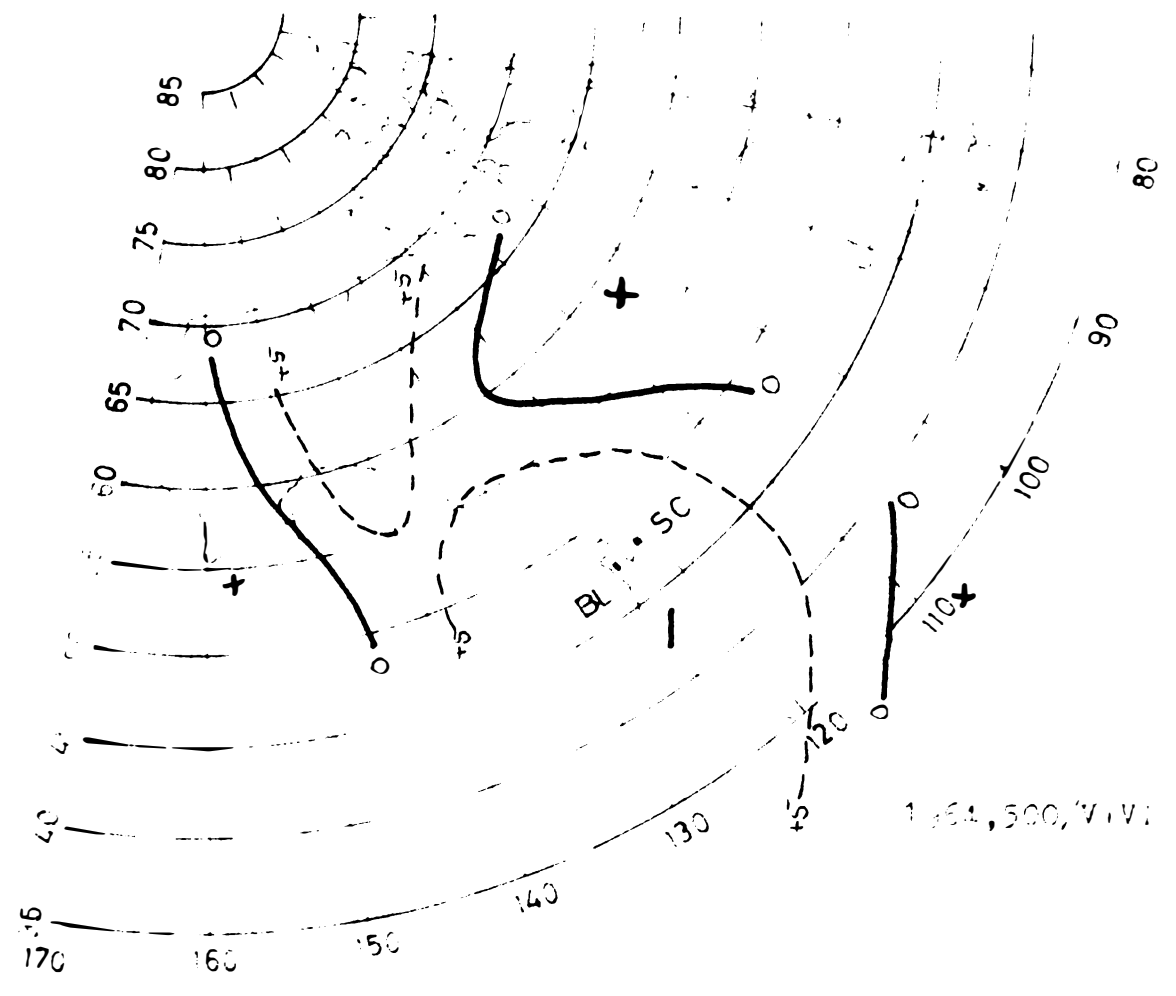
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GFDM
=====

JULI - SEPTEMBER 1963

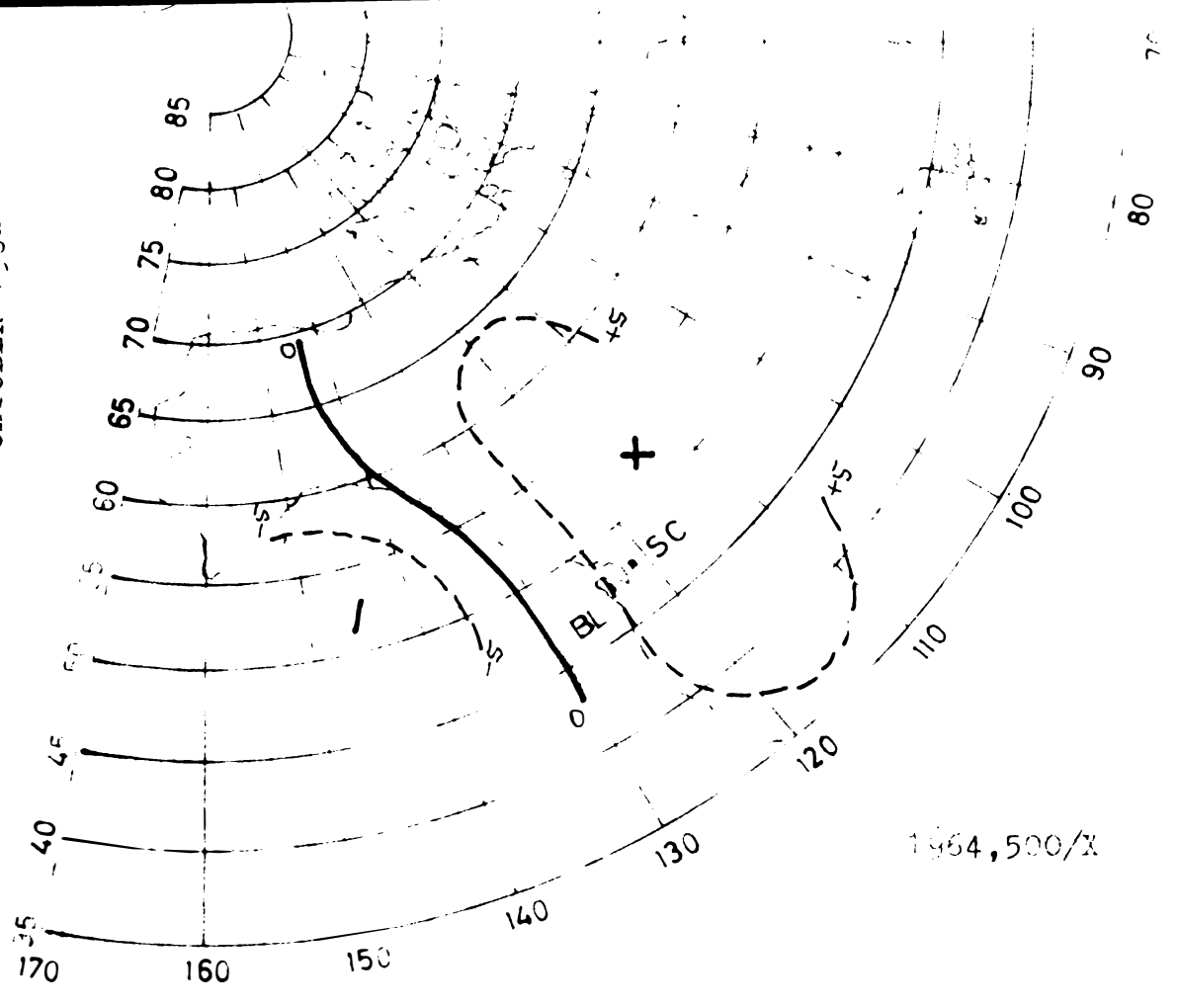


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEKTOPOGRAPHIE VON MB

MAI + JUNI 1964

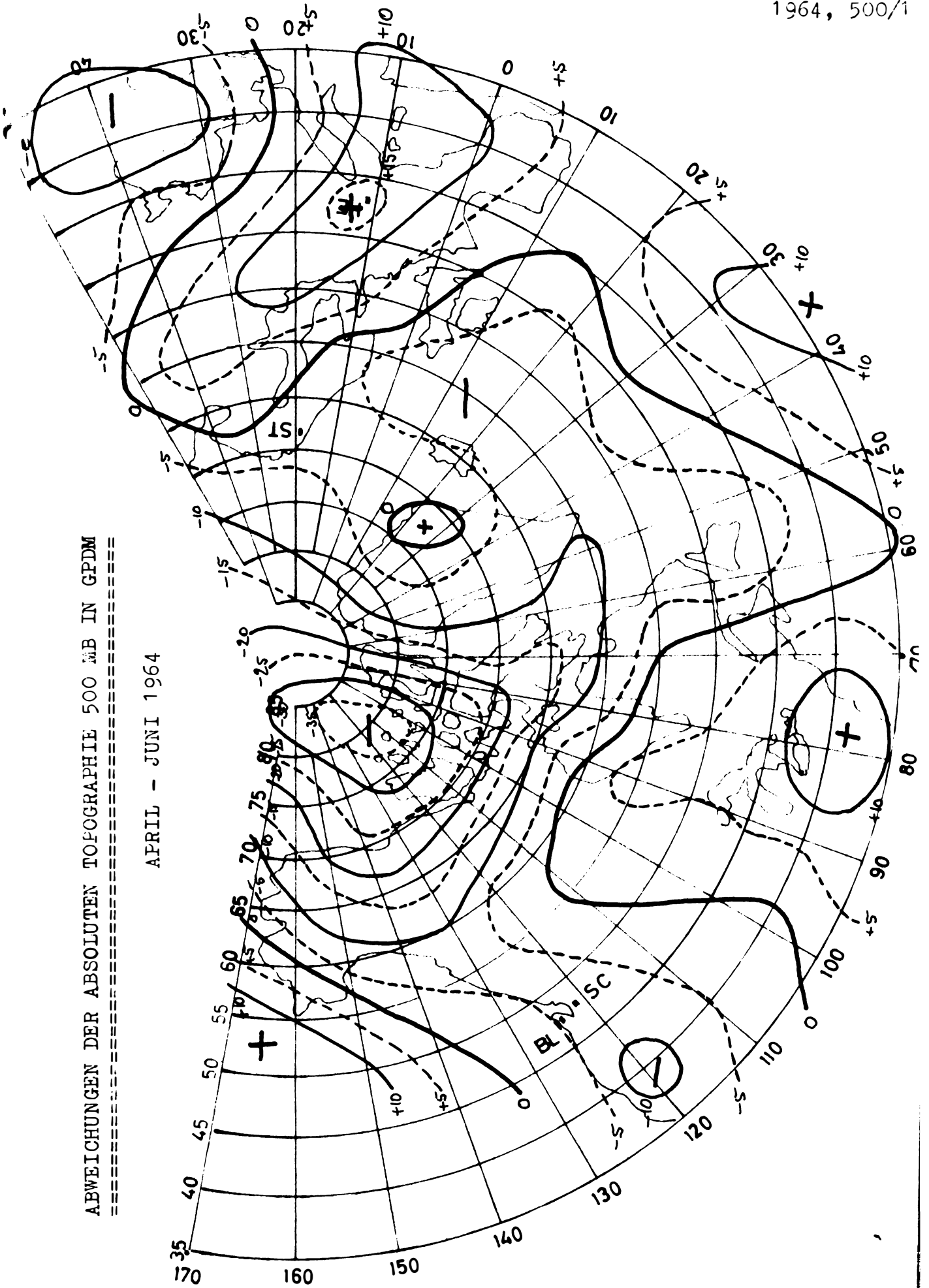


OKTOBER 1964

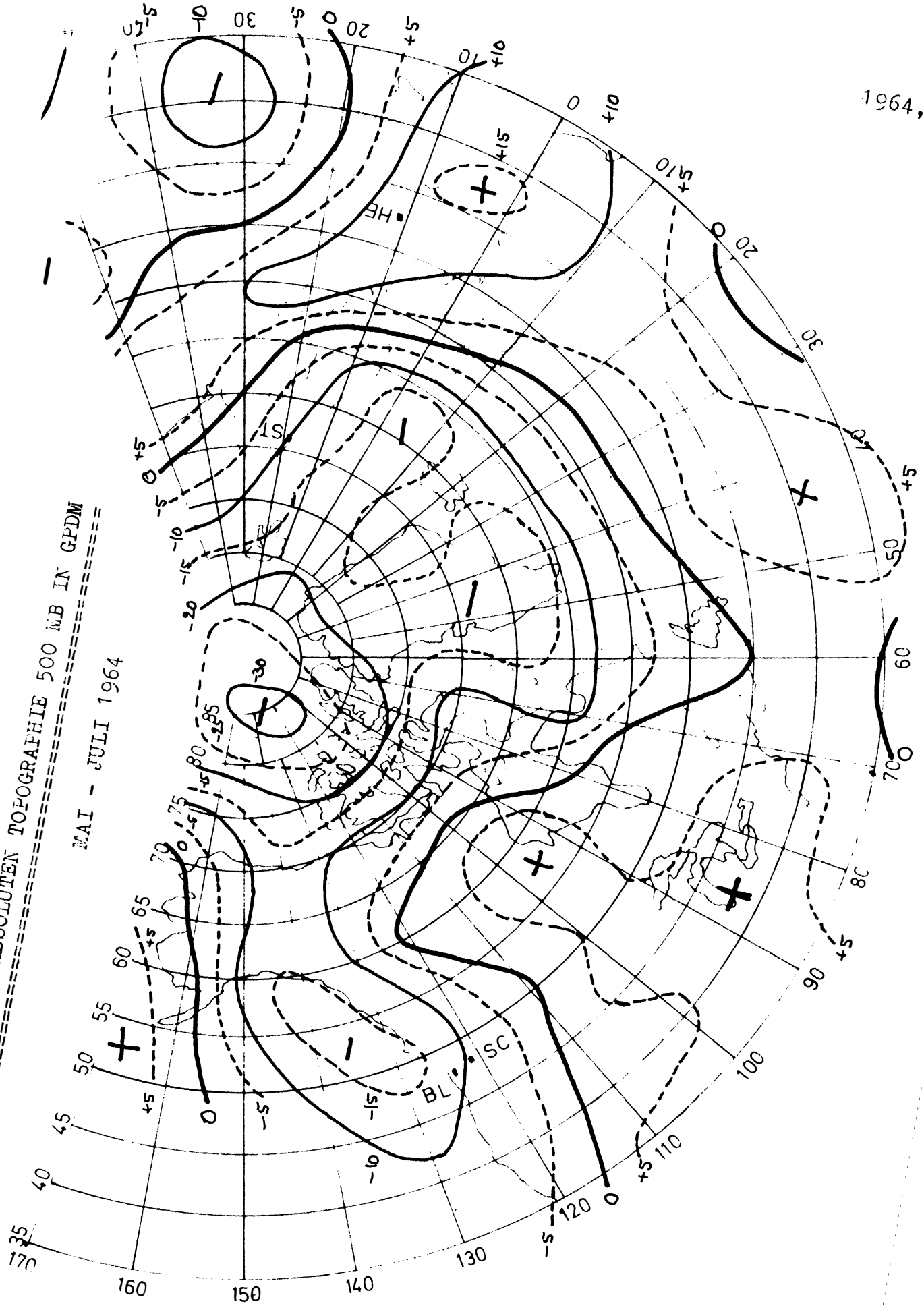


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPD

APRIL - JUNI 1964

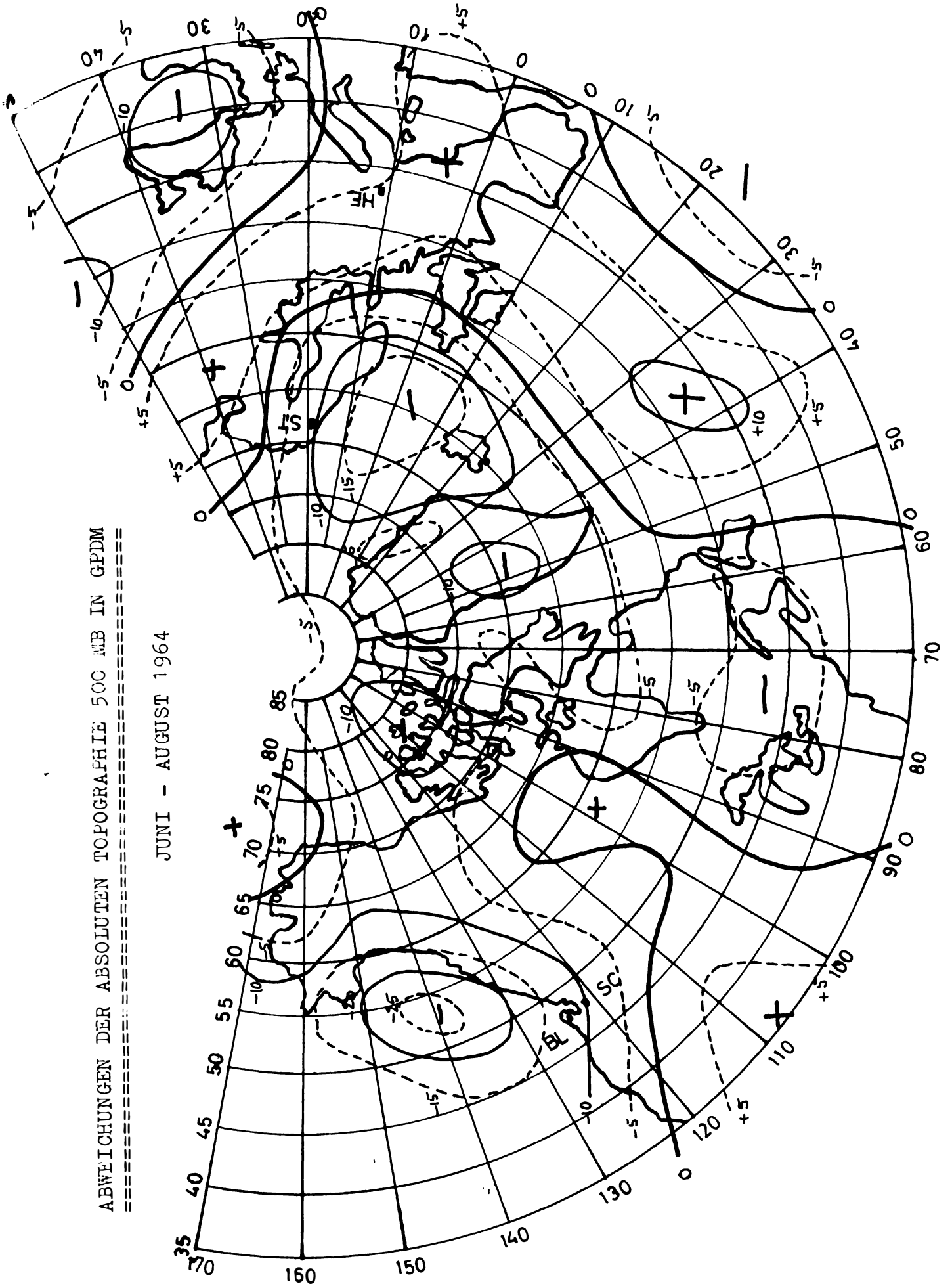


ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GFDM
MAI - JULI 1964



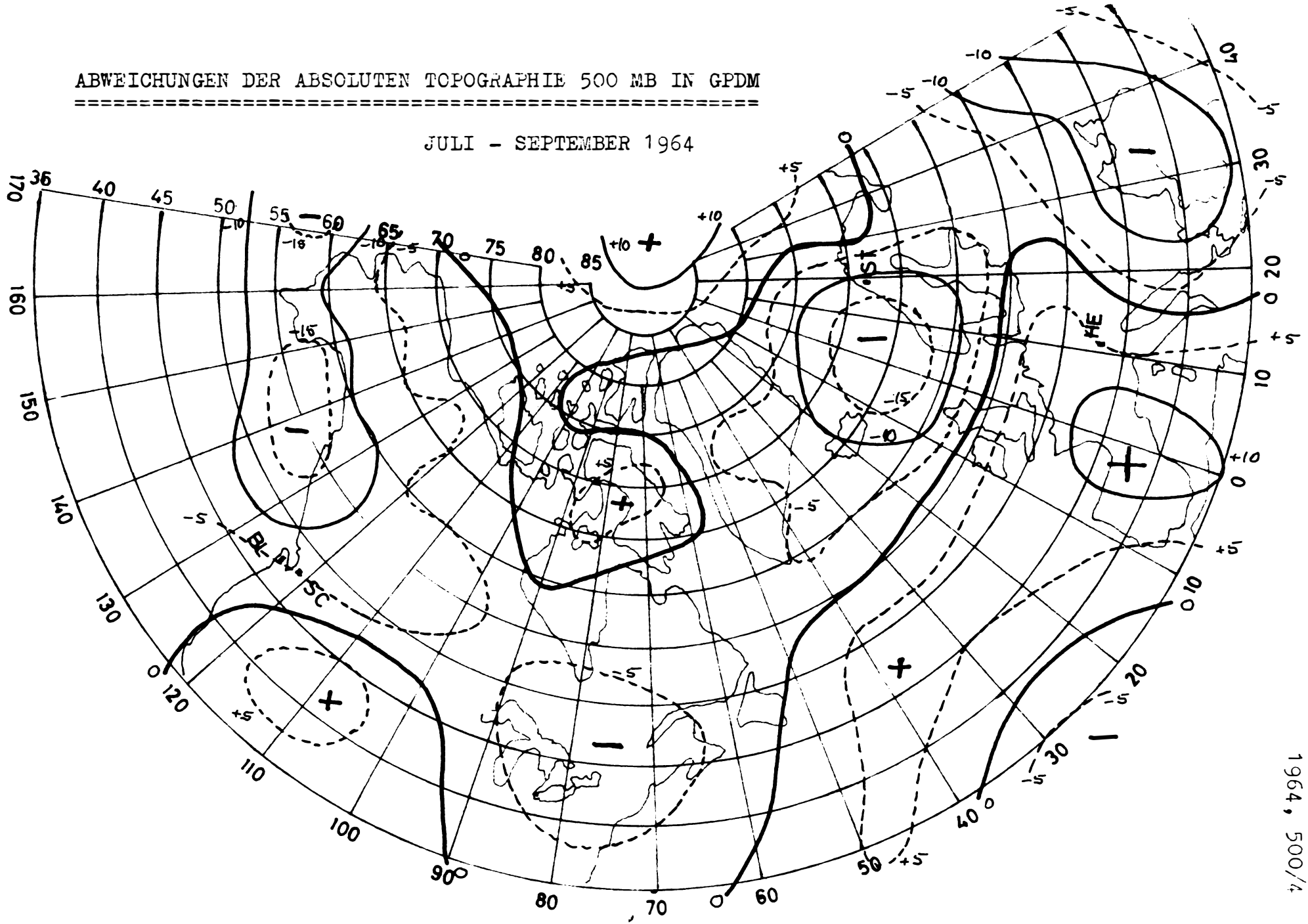
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GFDM
=====

JUNI - AUGUST 1964



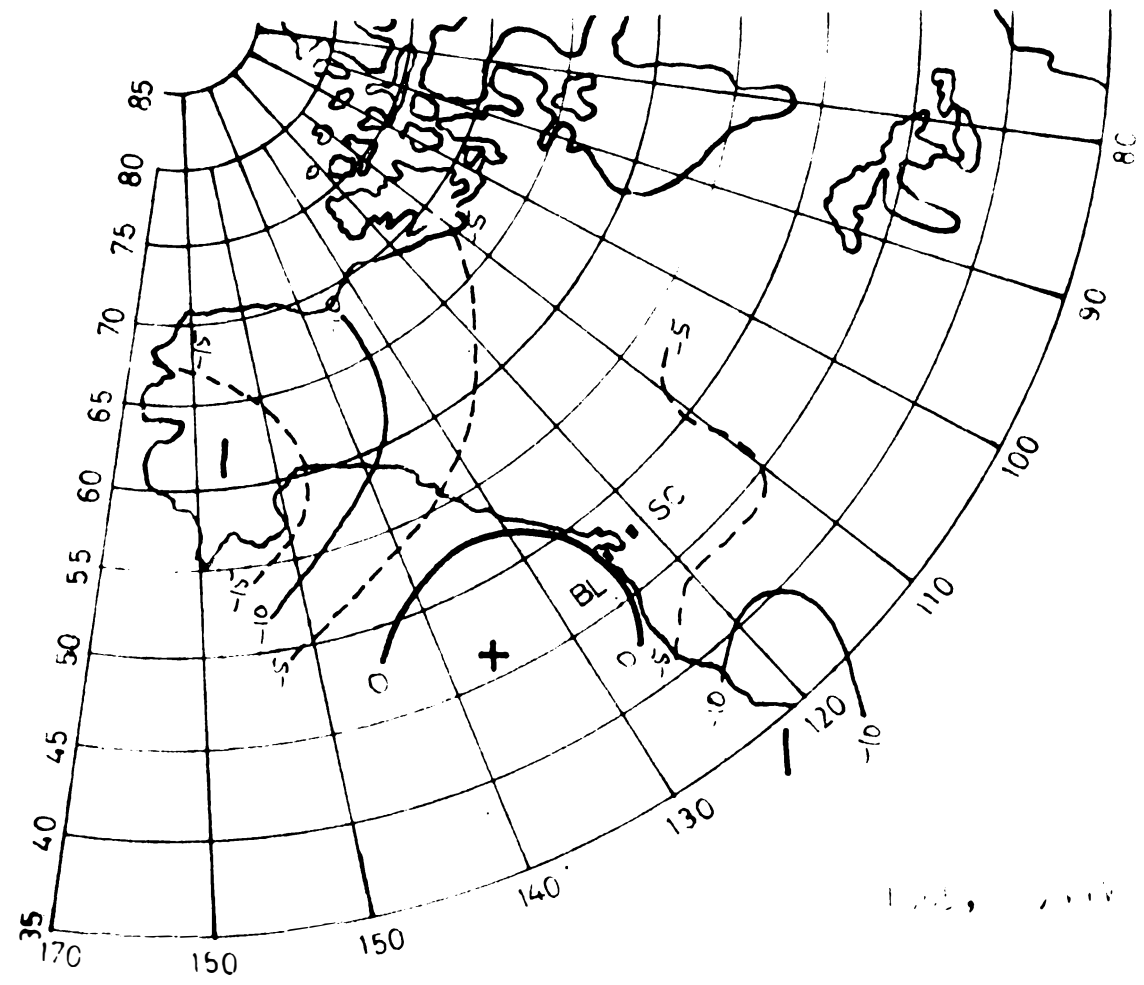
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDM

JULI - SEPTEMBER 1964



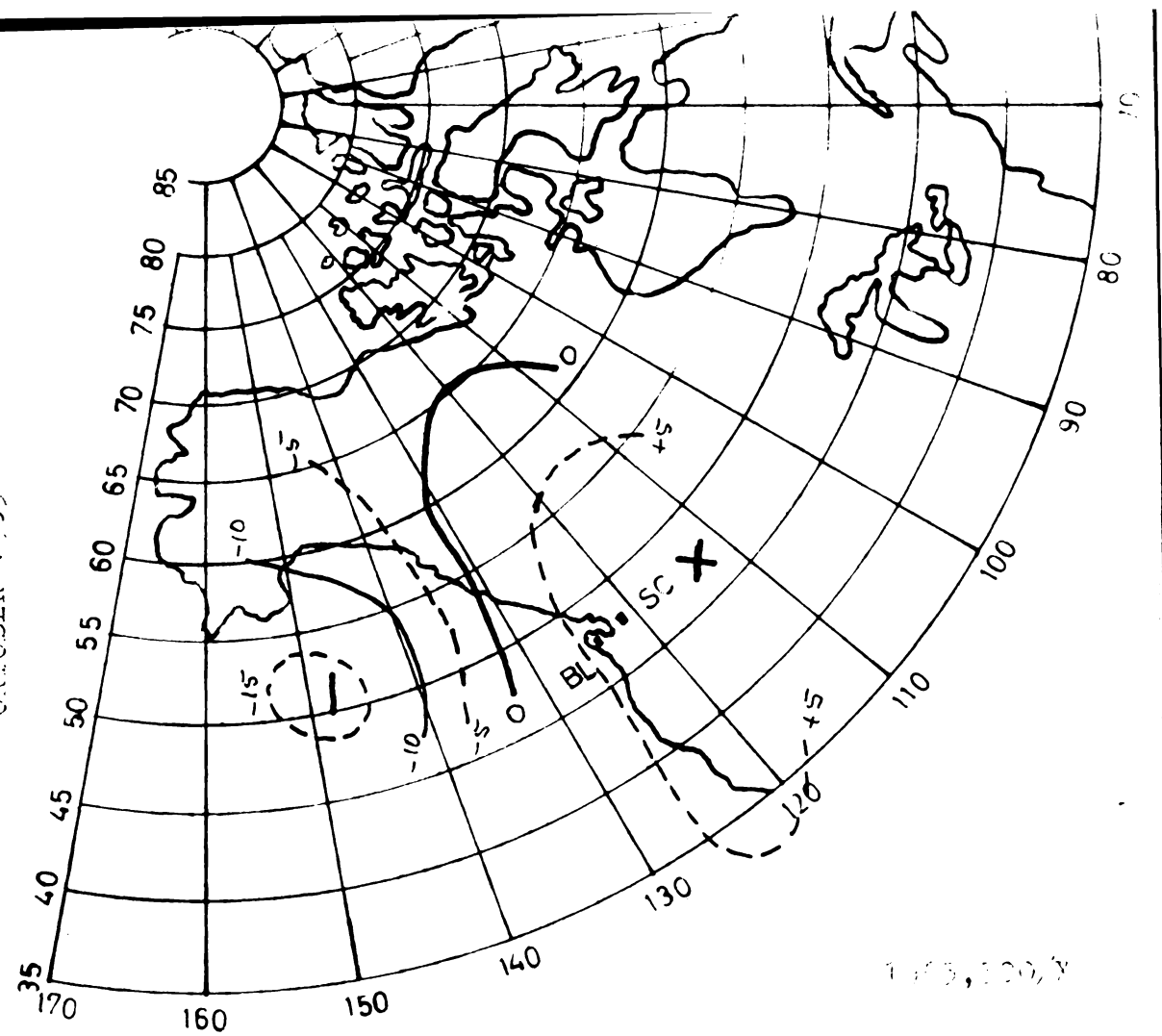
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 100 m.B.

AI + JUNI 1965



1:100,000

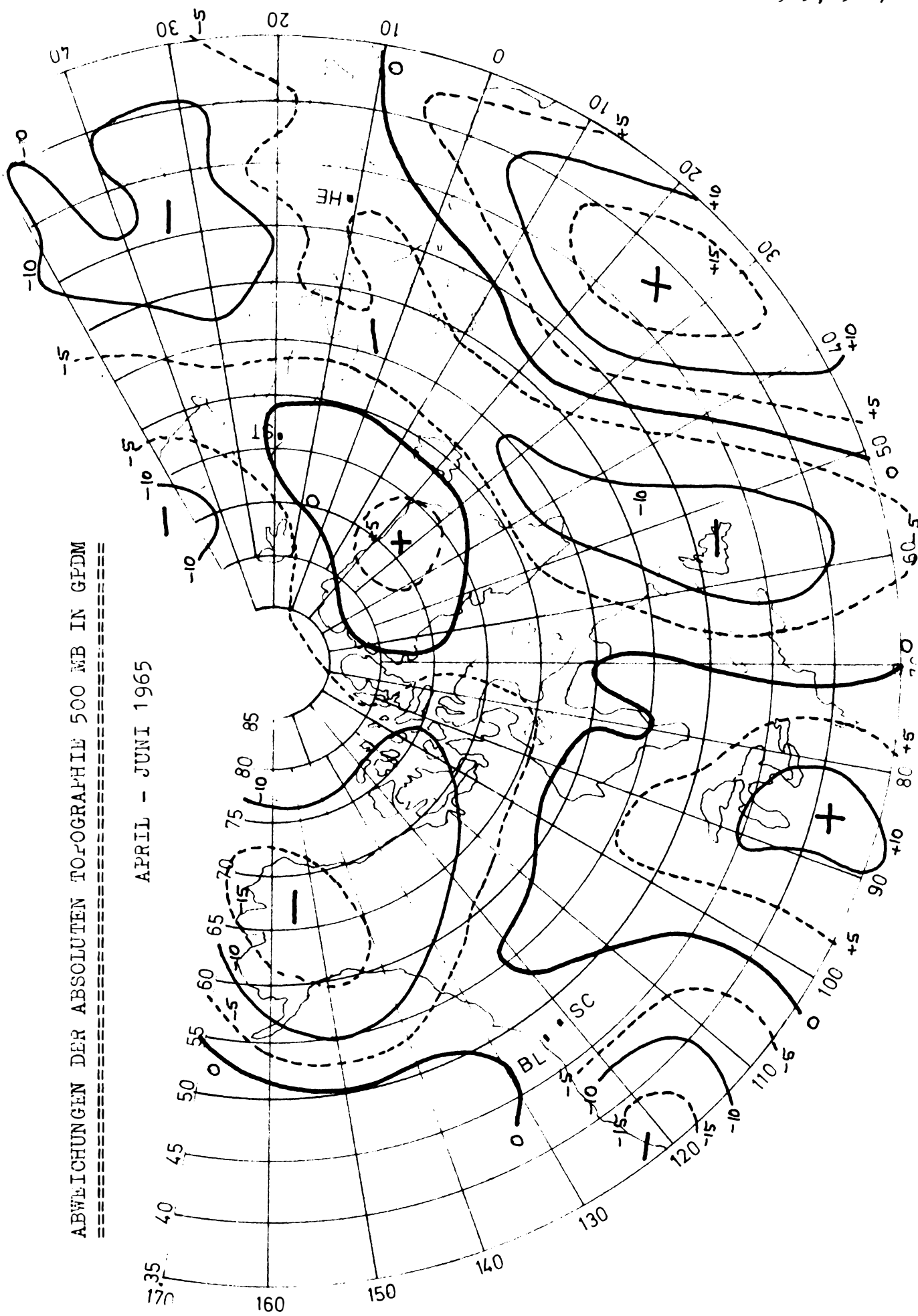
OKTOBER 1965



1:100,000

ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GFDM

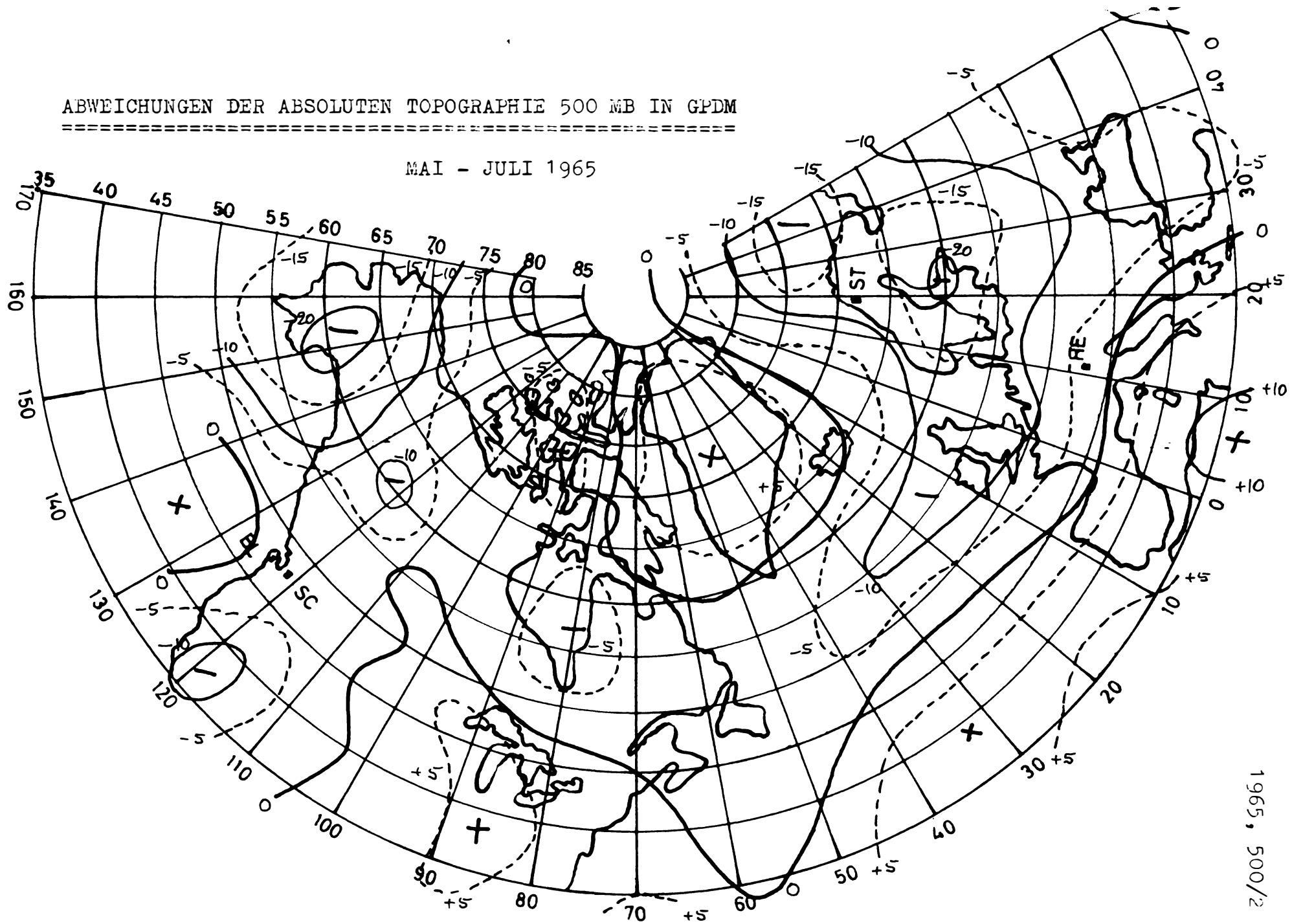
APRIL - JUNI 1965



ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPDM

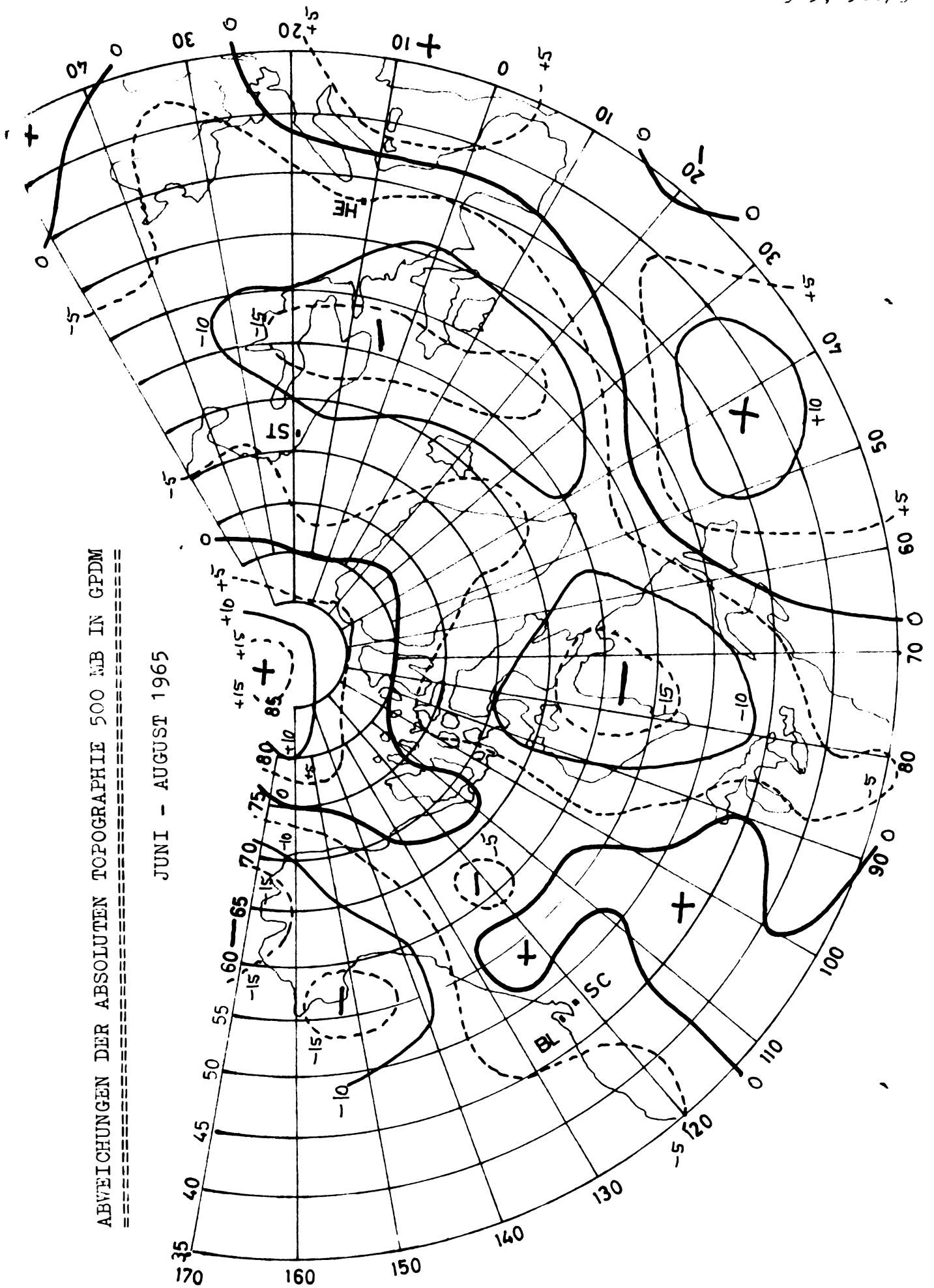
=====

MAI - JULI 1965



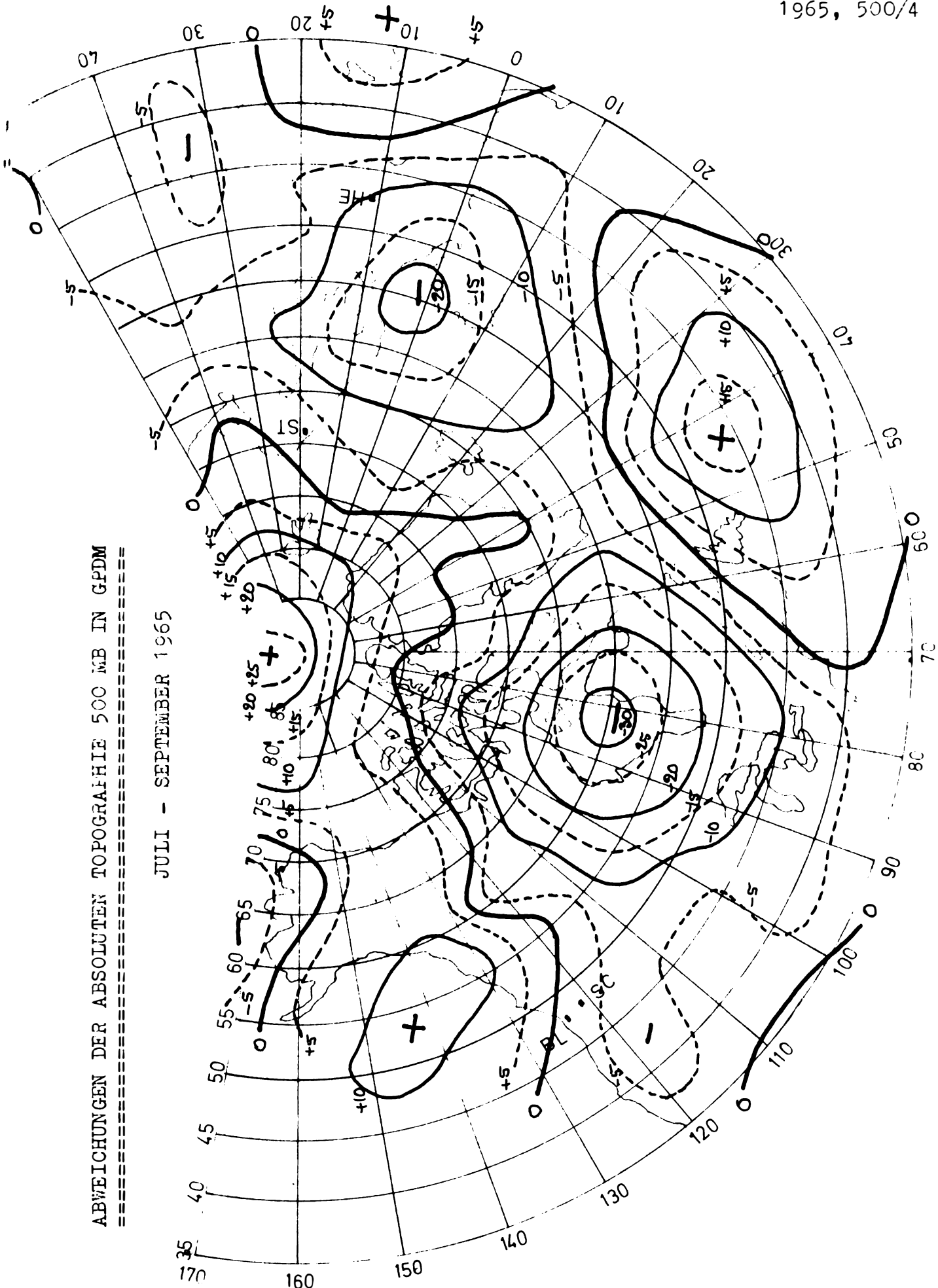
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GPD

JUNI - AUGUST 1965



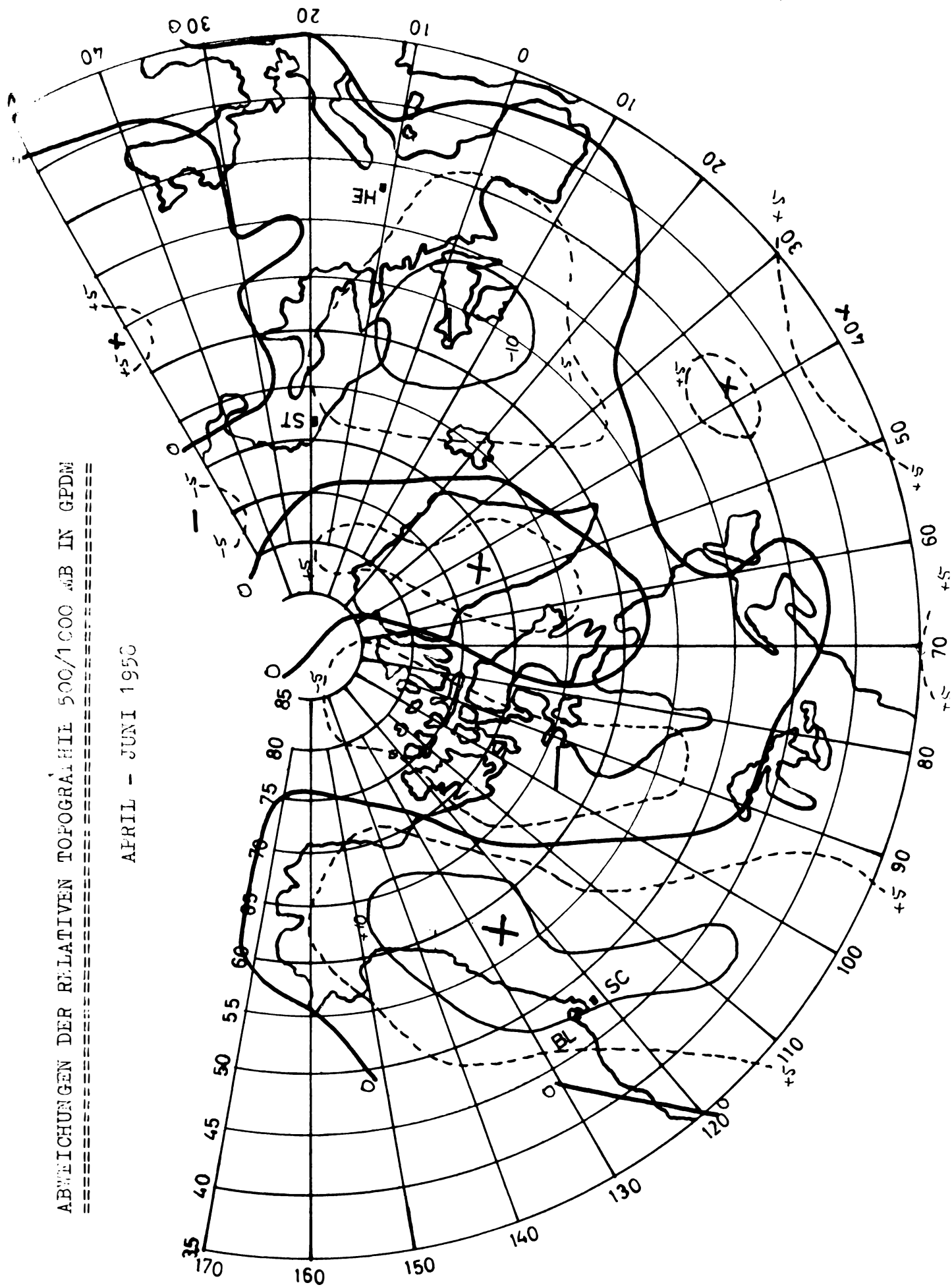
ABWEICHUNGEN DER ABSOLUTEN TOPOGRAPHIE 500 MB IN GFDM

JULI - SEPTEMBER 1965



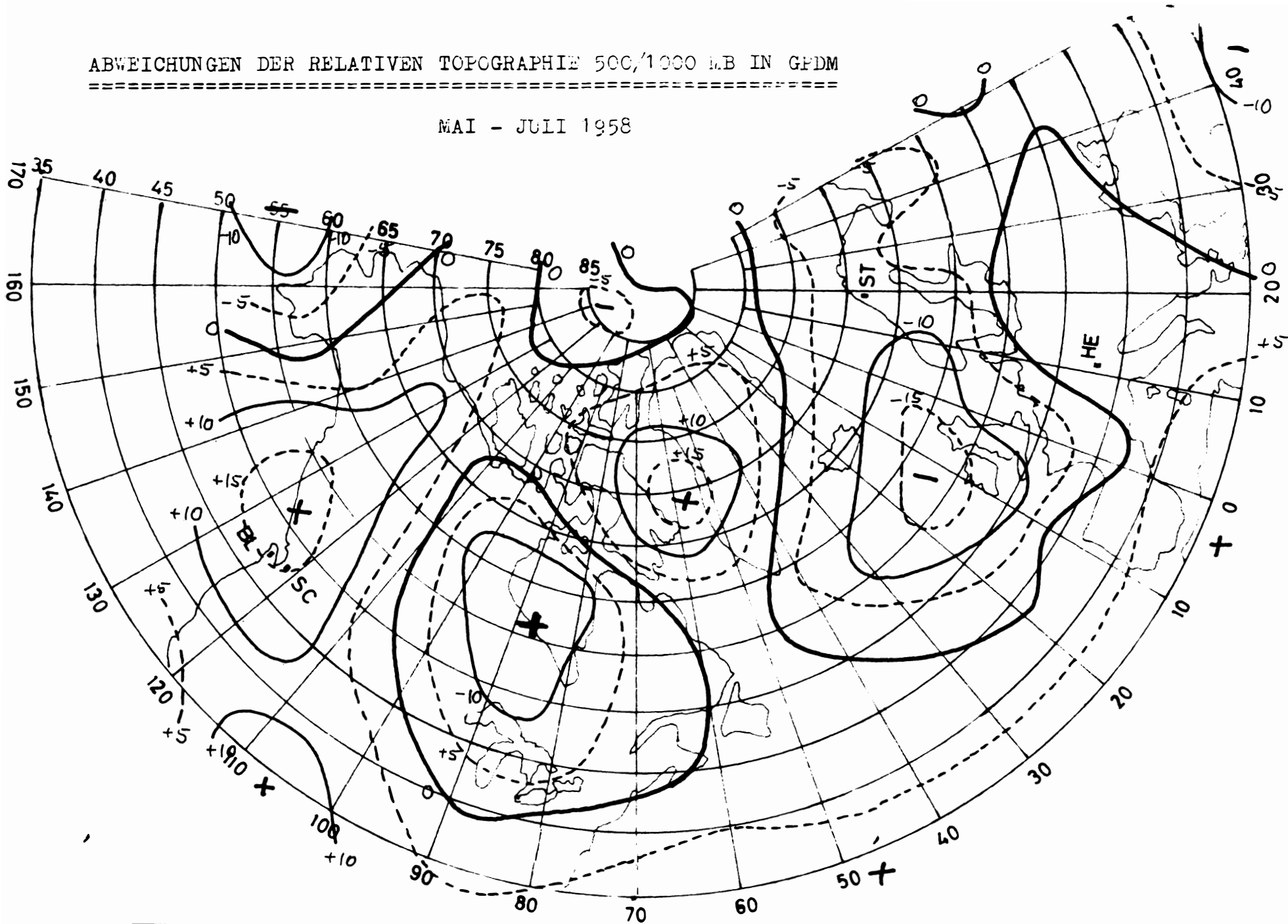
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

APRIL - JUNI 1950



ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GFDM

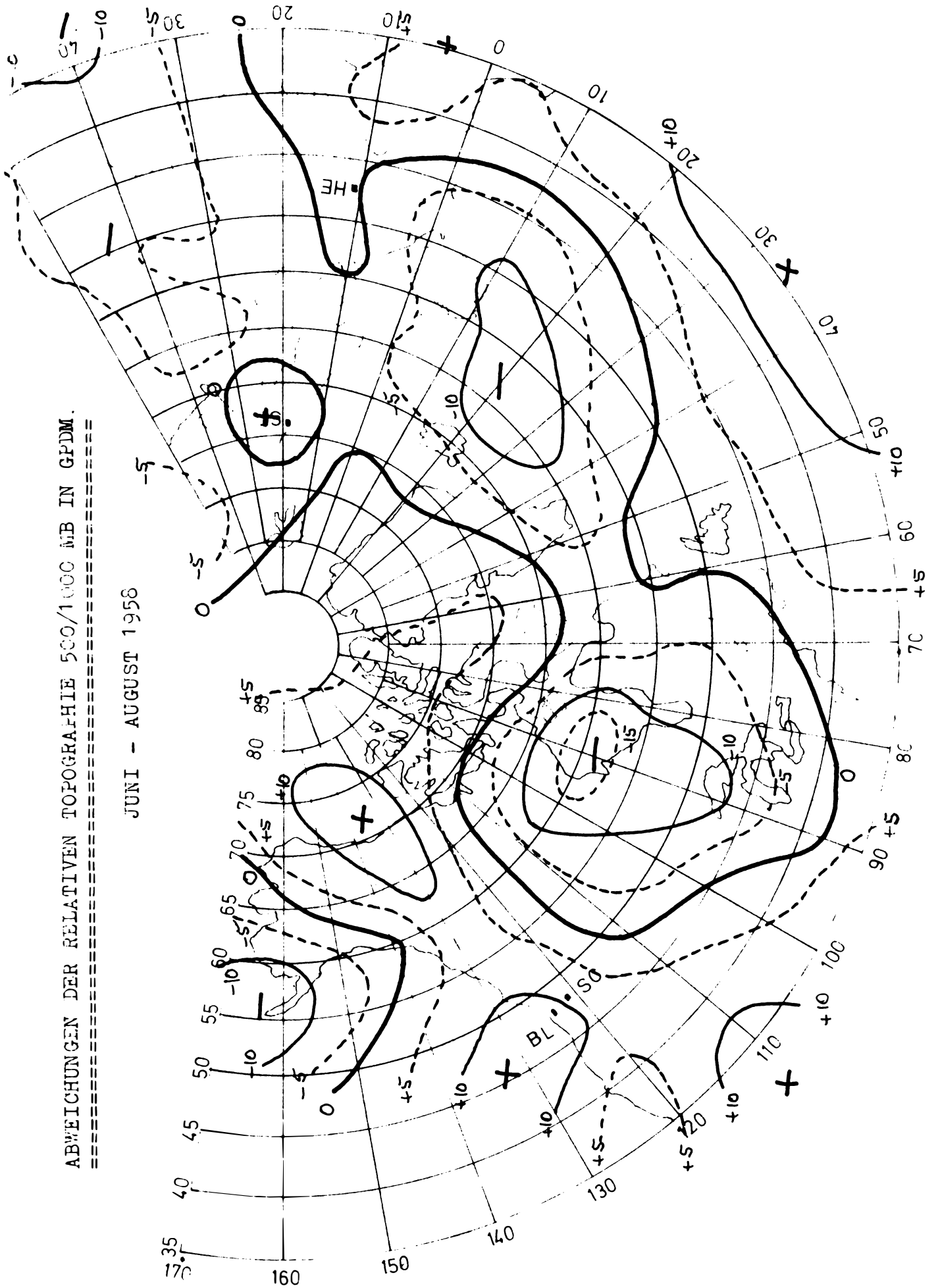
MAI - JULI 1958



1958, 500/1000 / 2

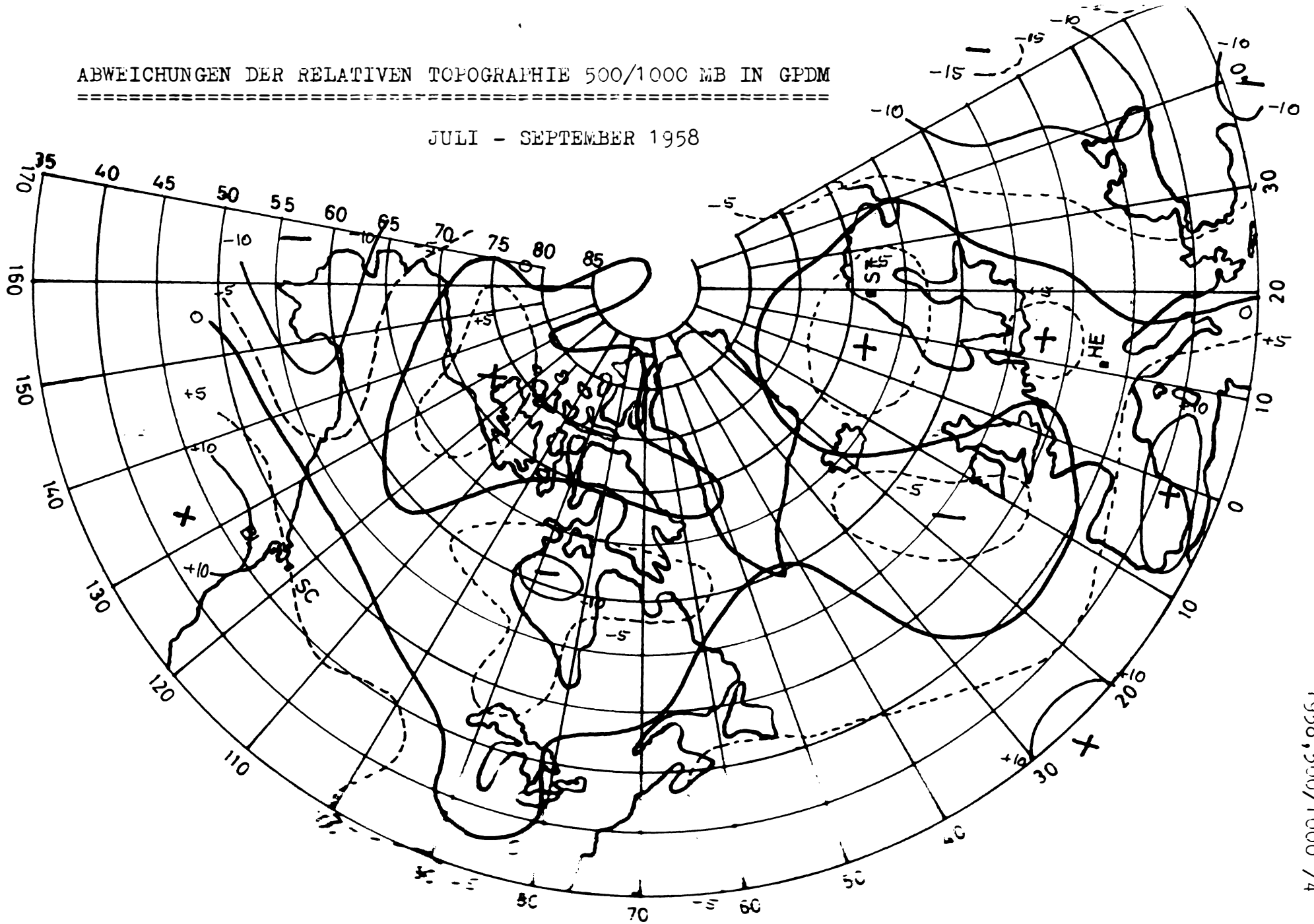
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM.

JUNI - AUGUST 1958



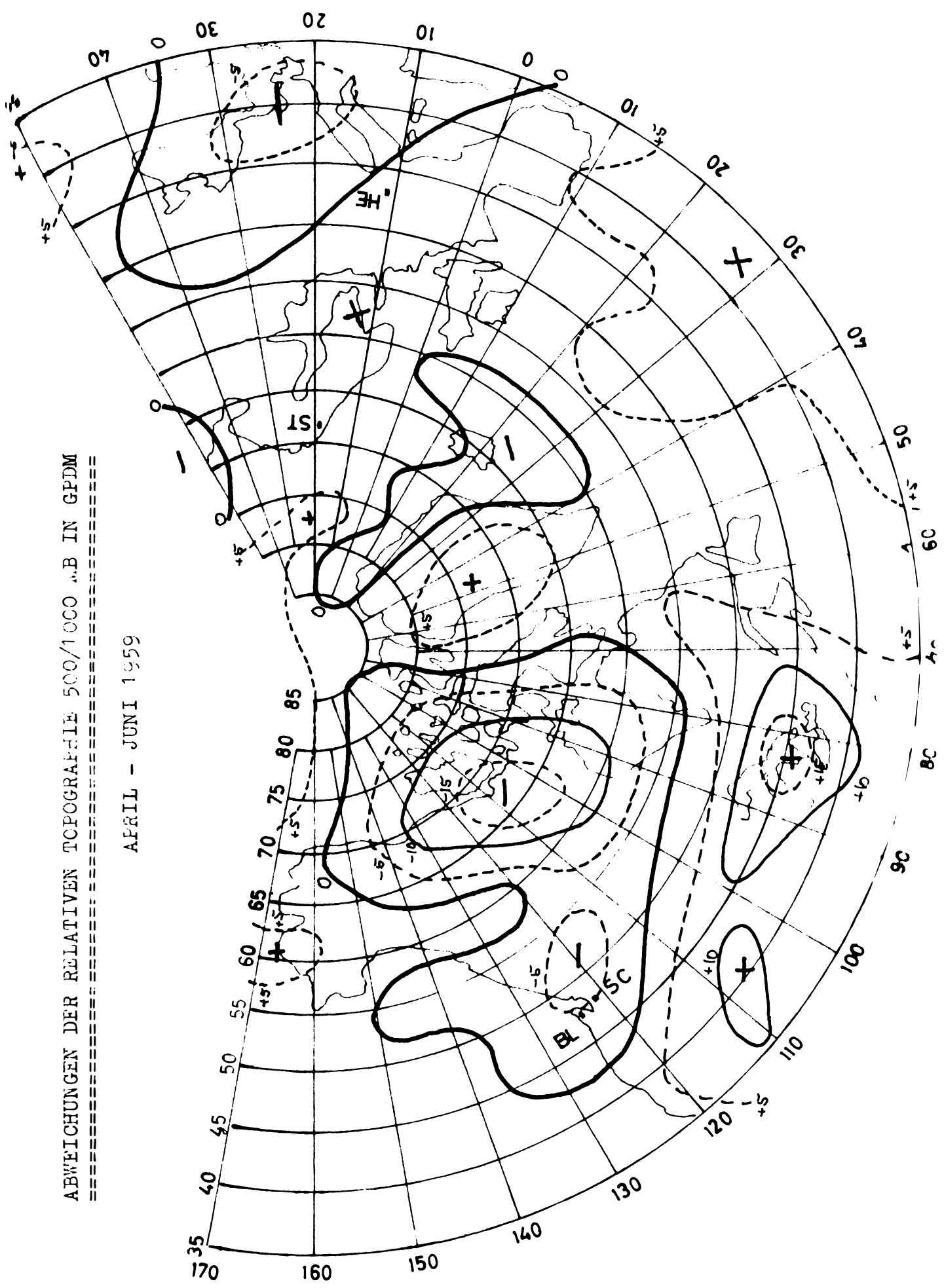
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

JULI - SEPTEMBER 1958



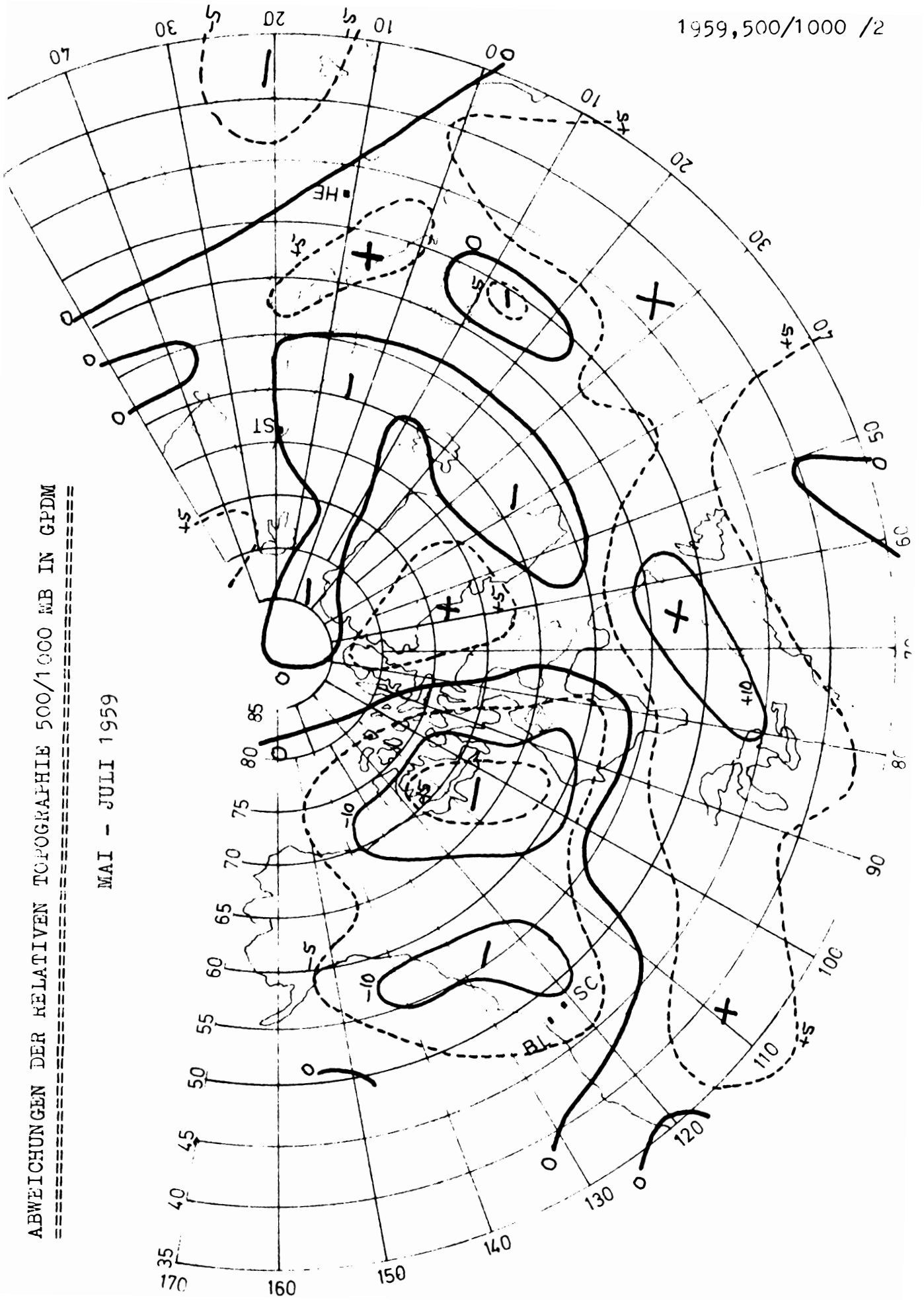
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 M.B IN GFDM

APRIL - JUNI 1959



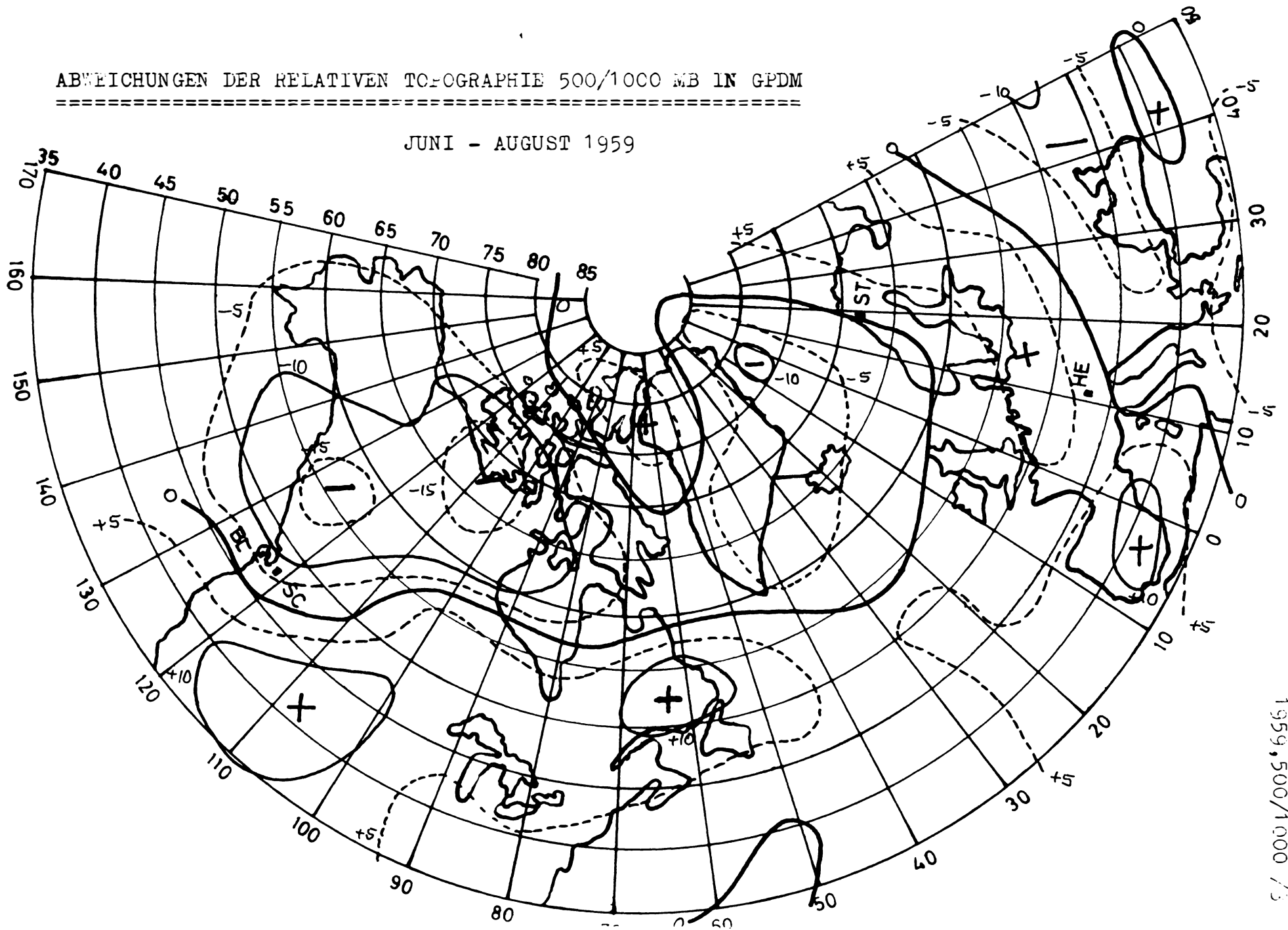
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

MAI - JULI 1959



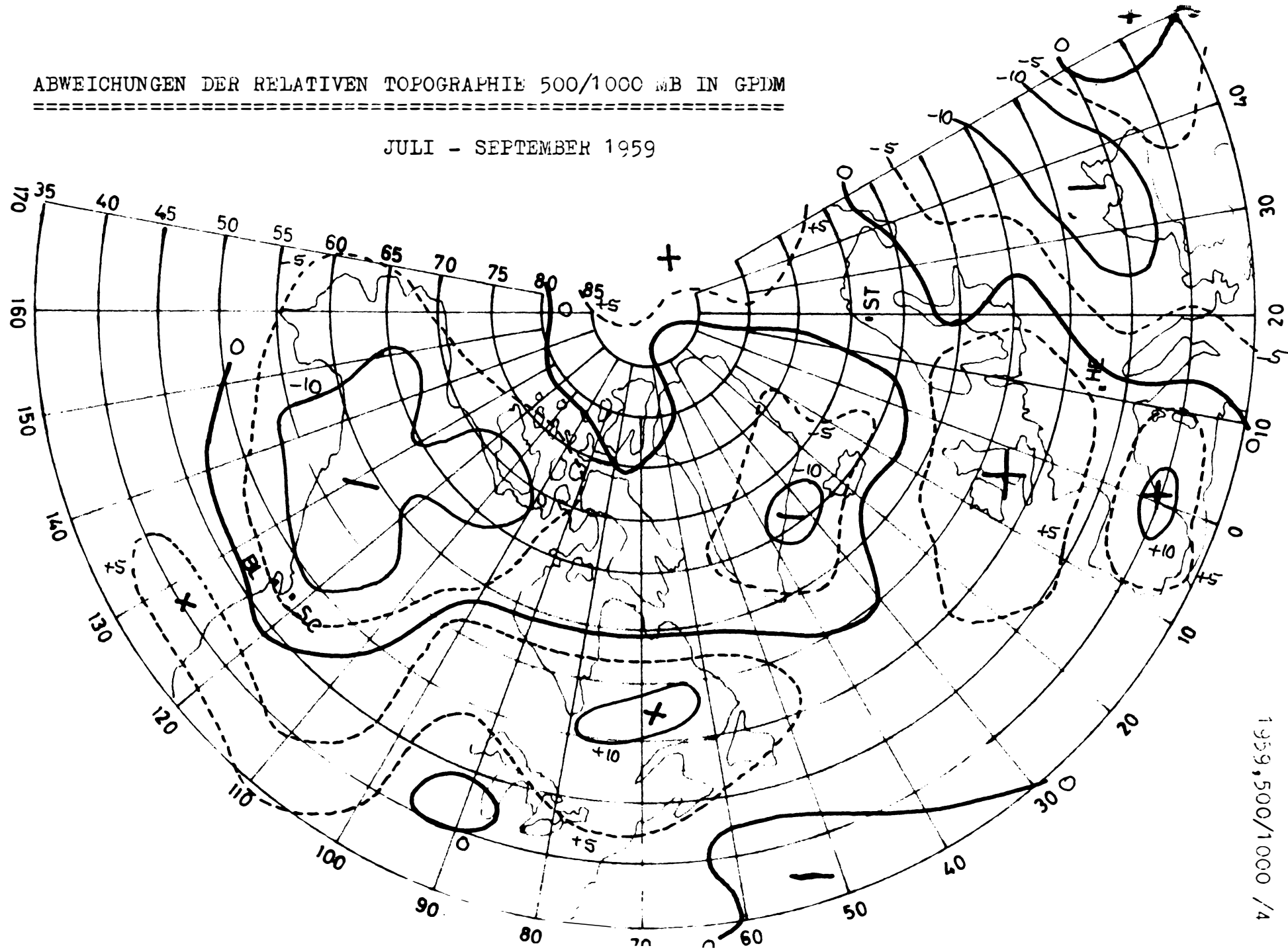
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

JUNI - AUGUST 1959



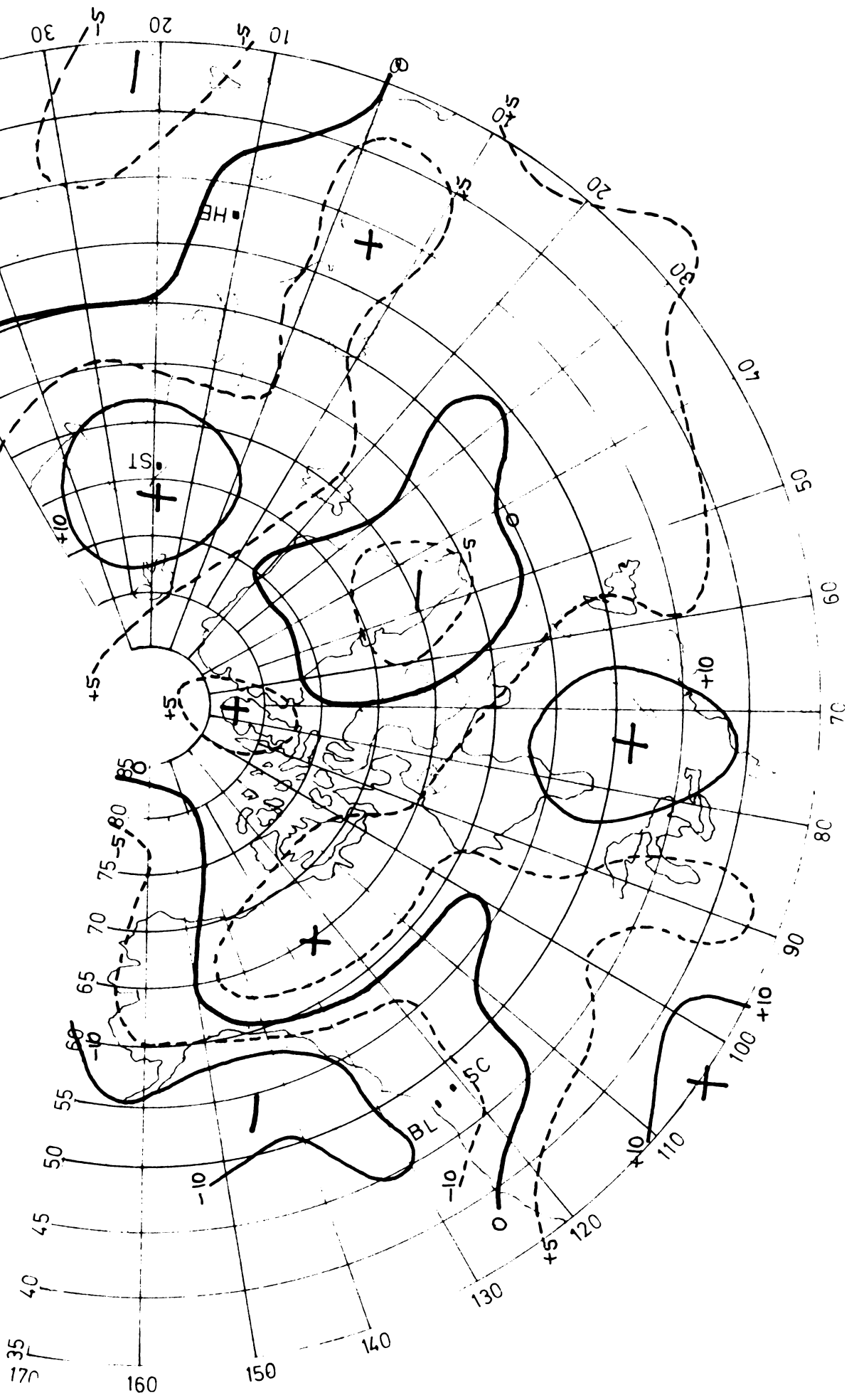
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPD

JULI - SEPTEMBER 1959



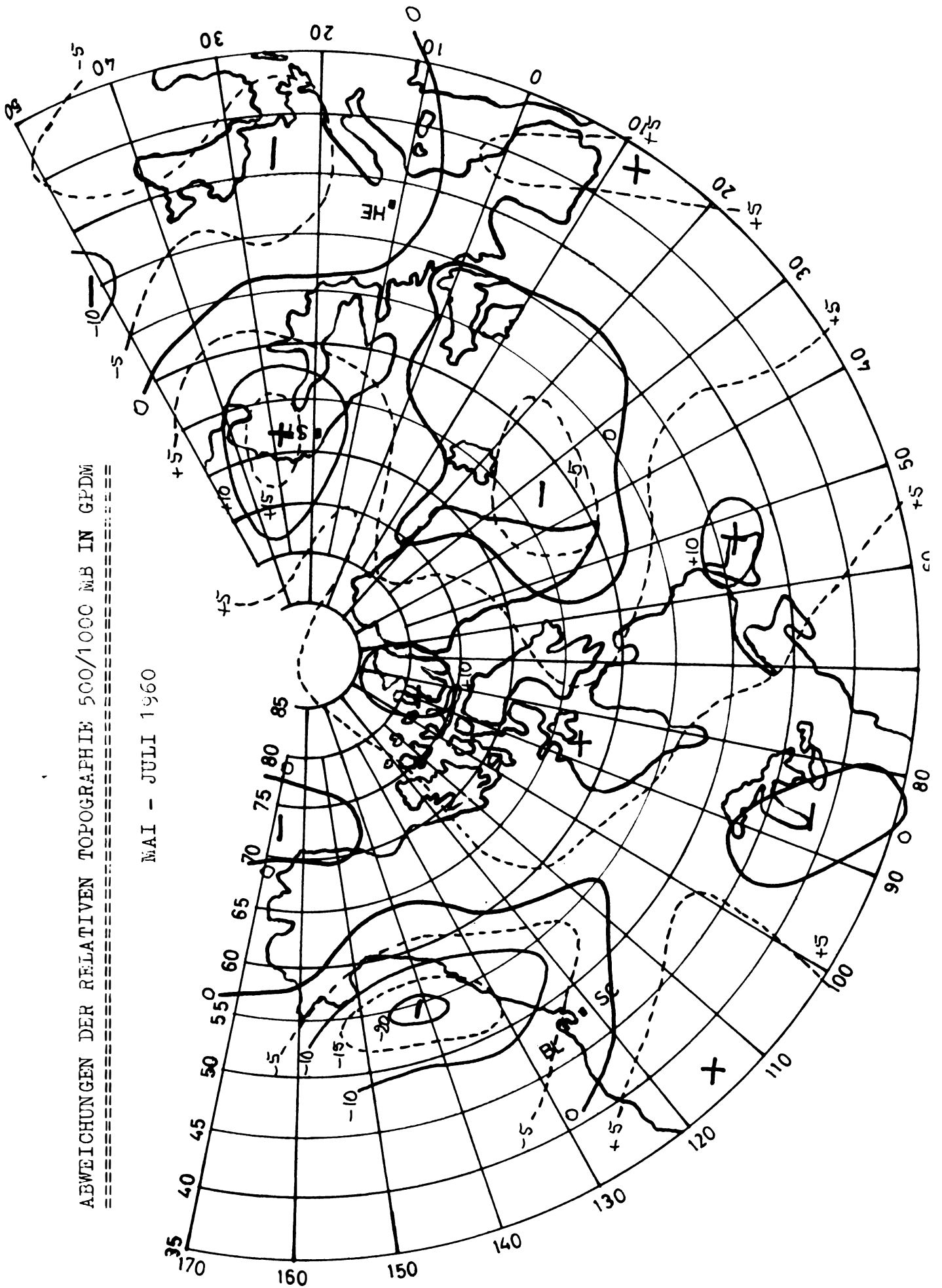
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDMM

APRIL - JUNI 1960



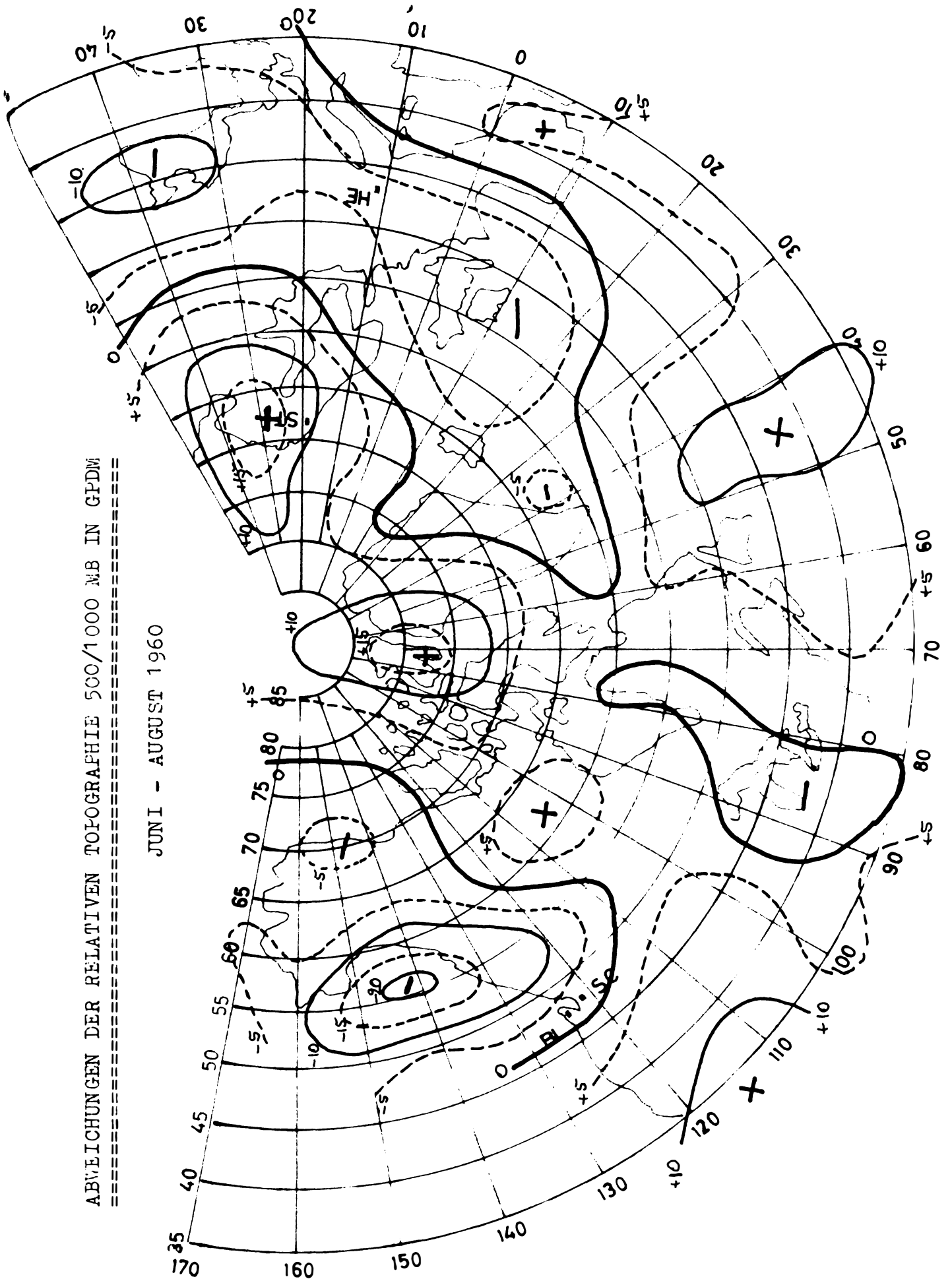
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GFDM

MAI - JULI 1960



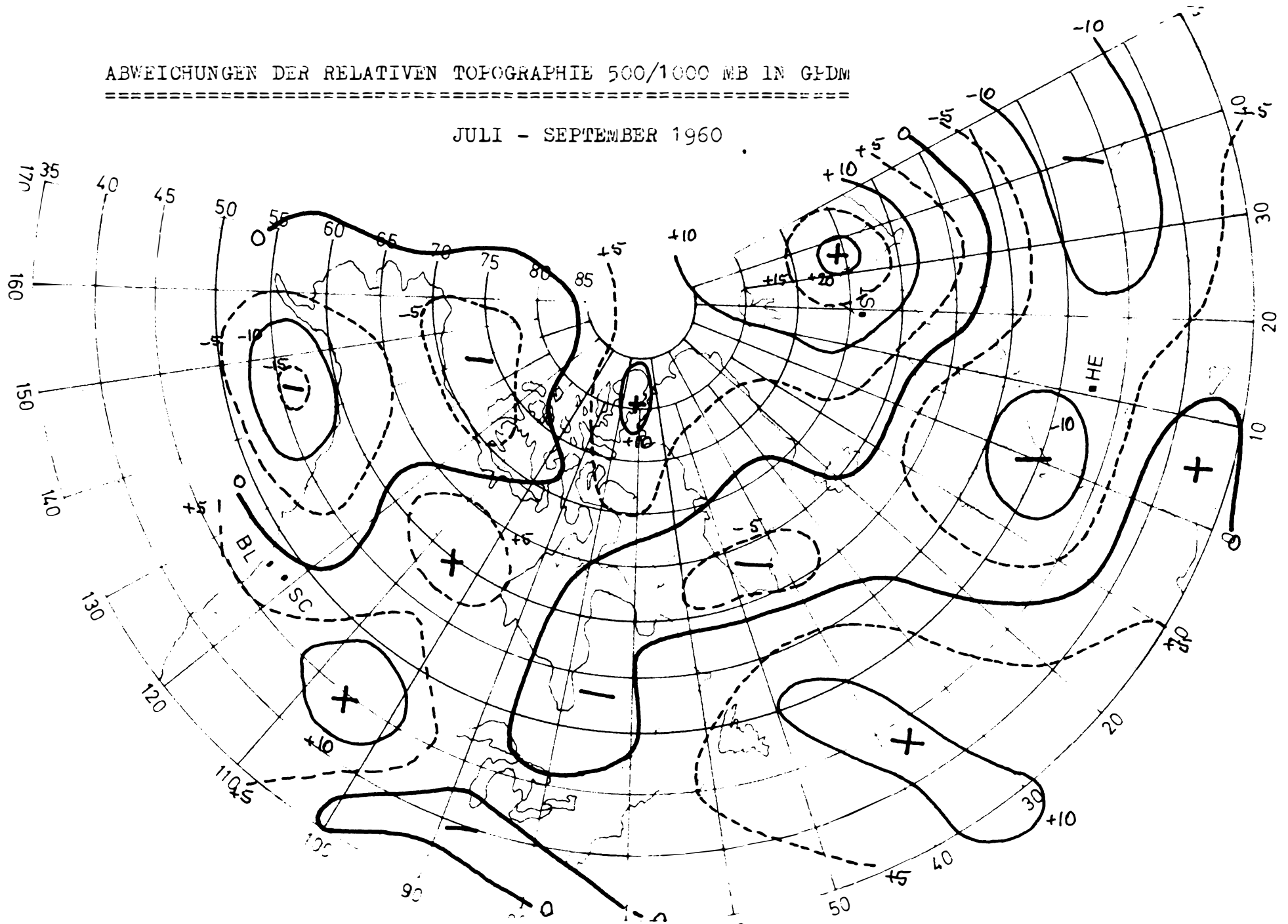
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

JUNI - AUGUST 1960



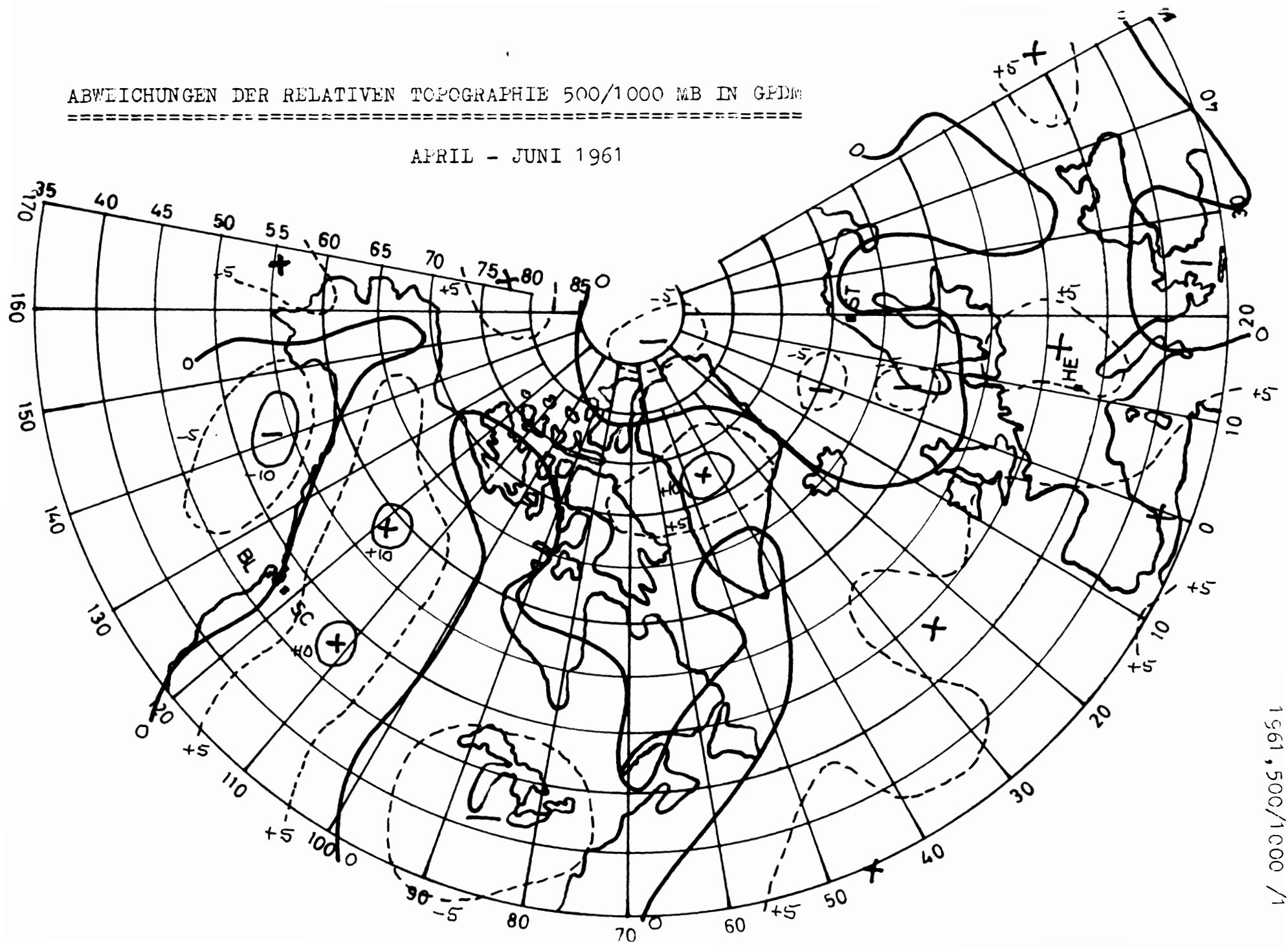
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GFDM

JULI - SEPTEMBER 1960



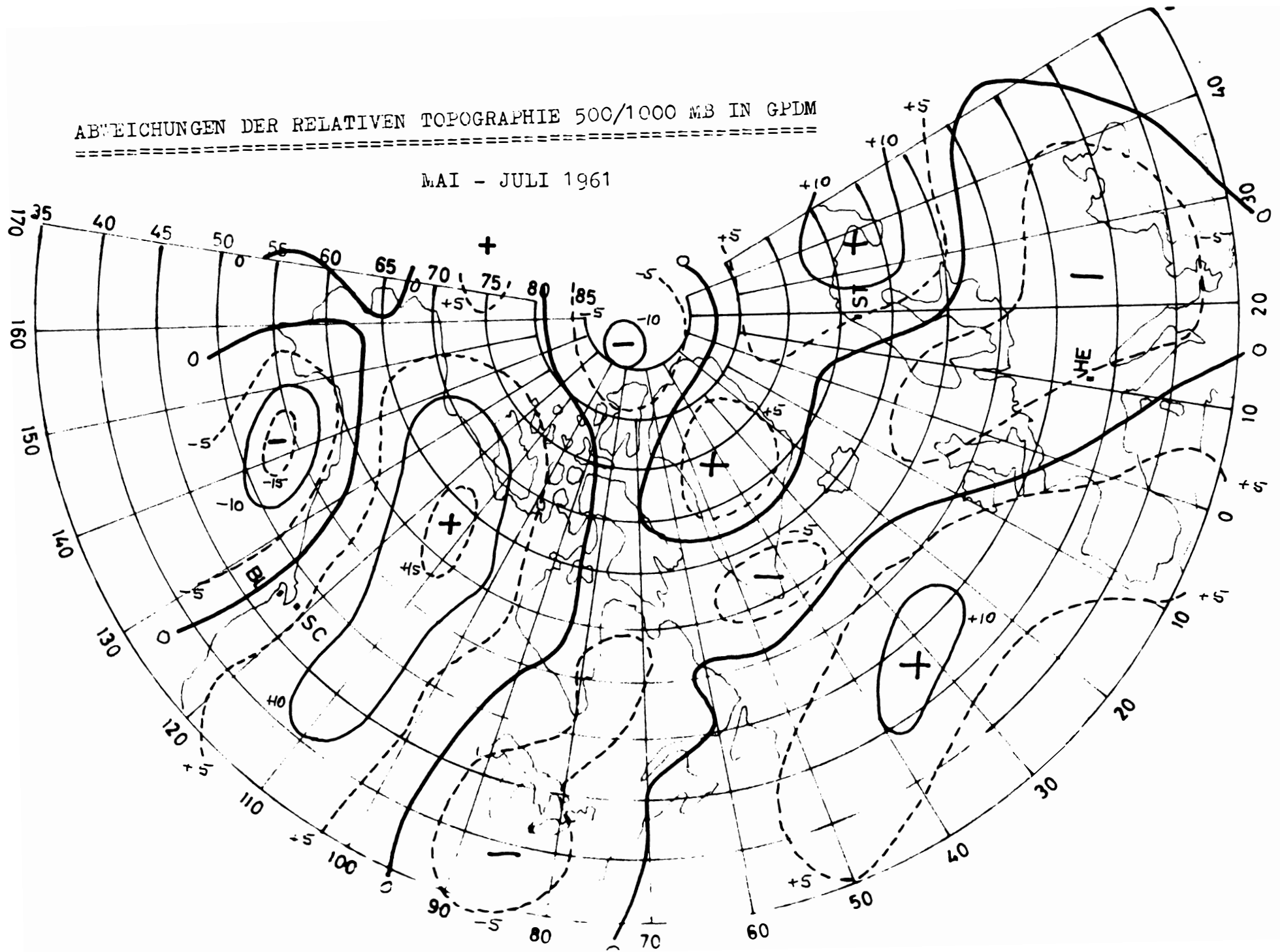
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GFDME

APRIL - JUNI 1961



ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

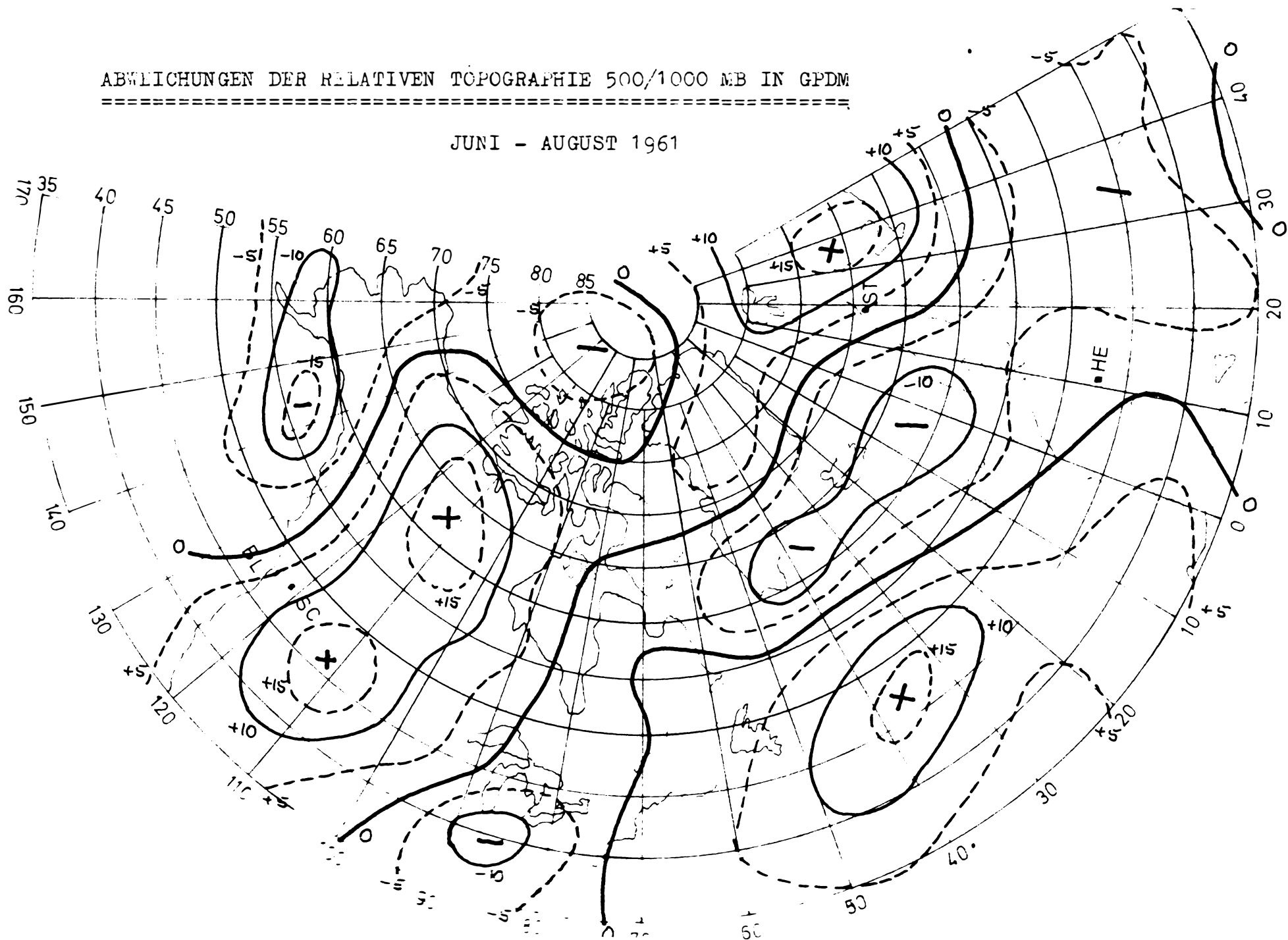
MAI - JULI 1961



1961, 500/1000 / 2

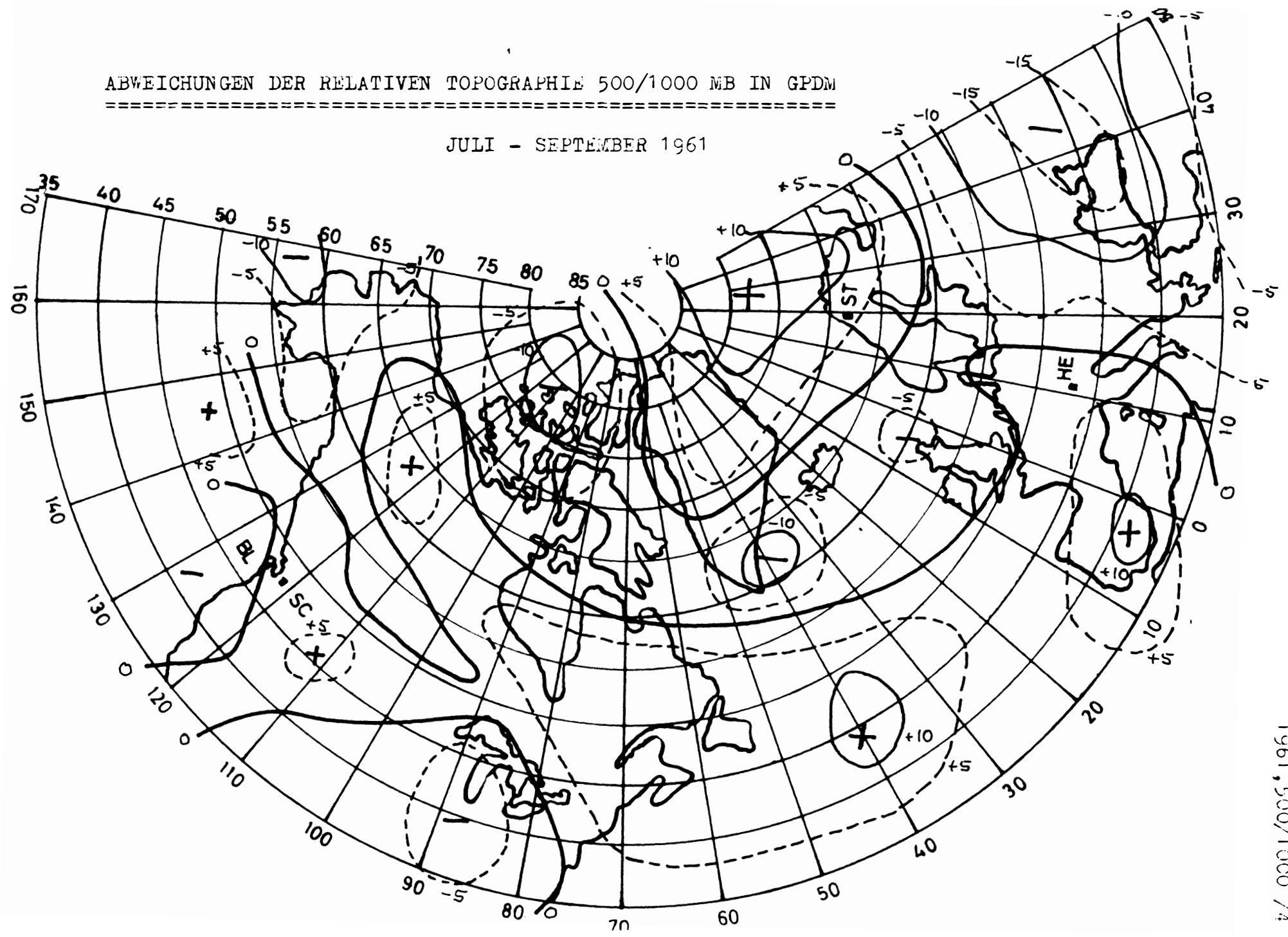
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

JUNI - AUGUST 1961



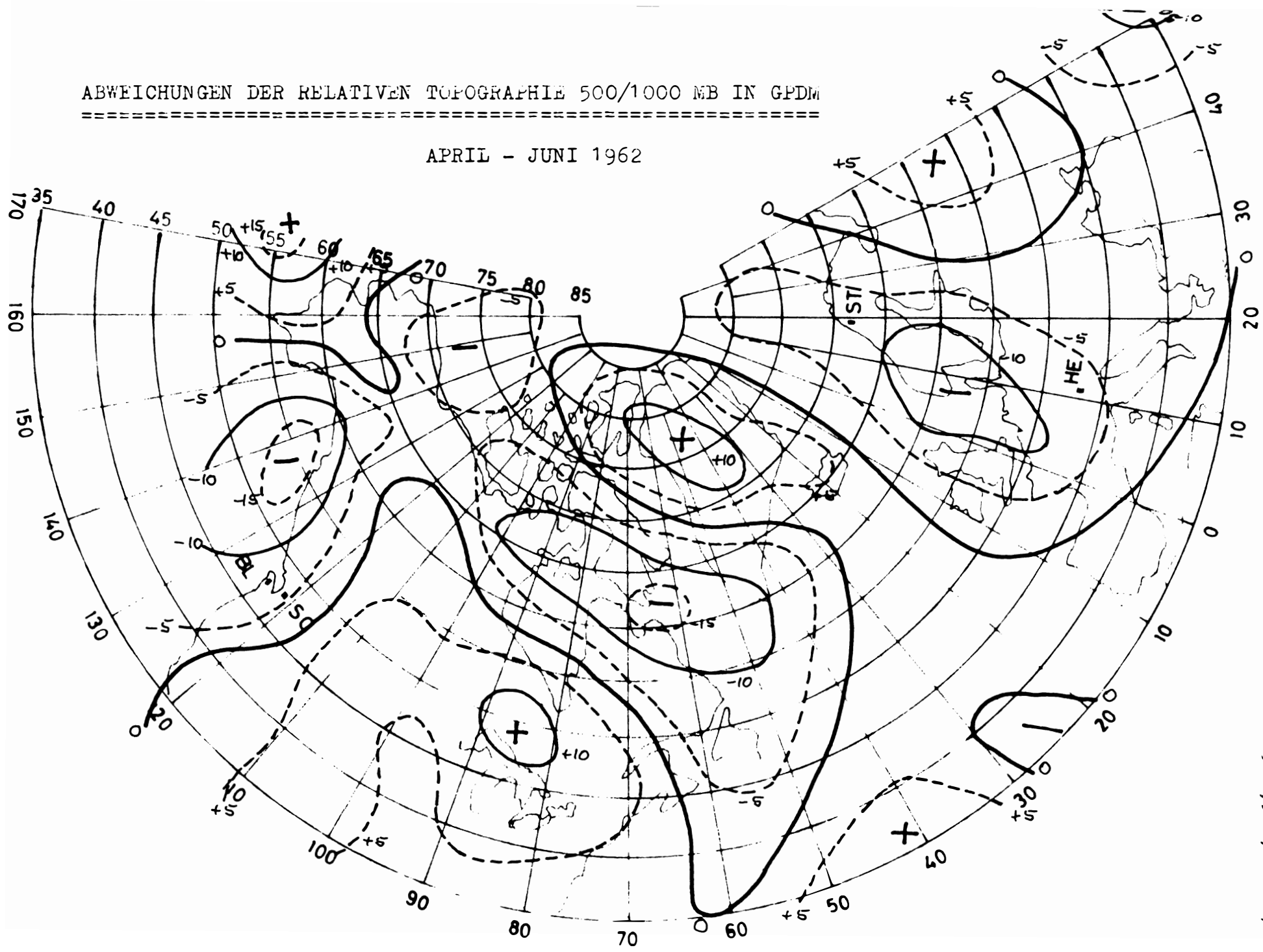
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

JULI - SEPTEMBER 1961



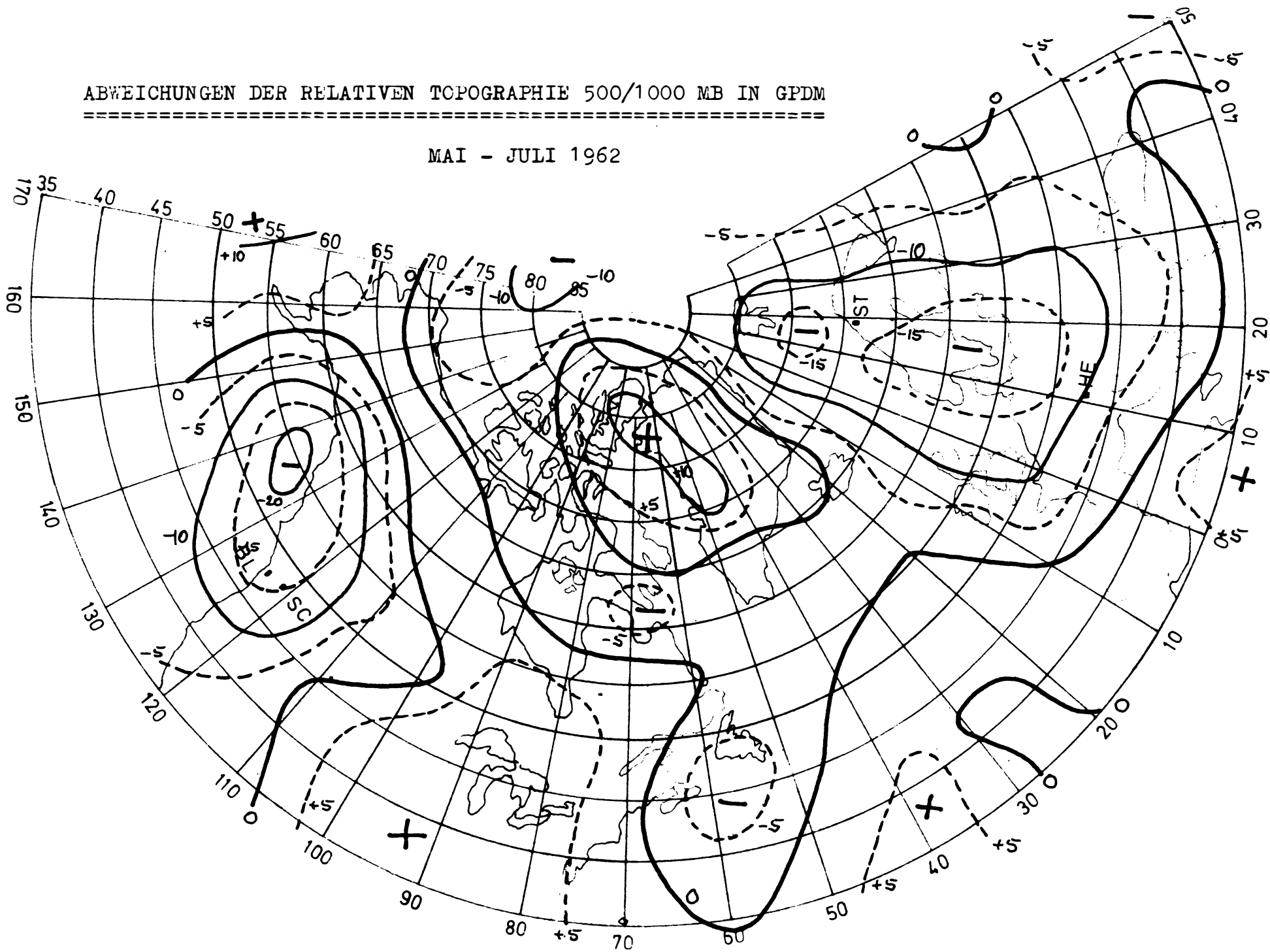
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDW

APRIL - JUNI 1962



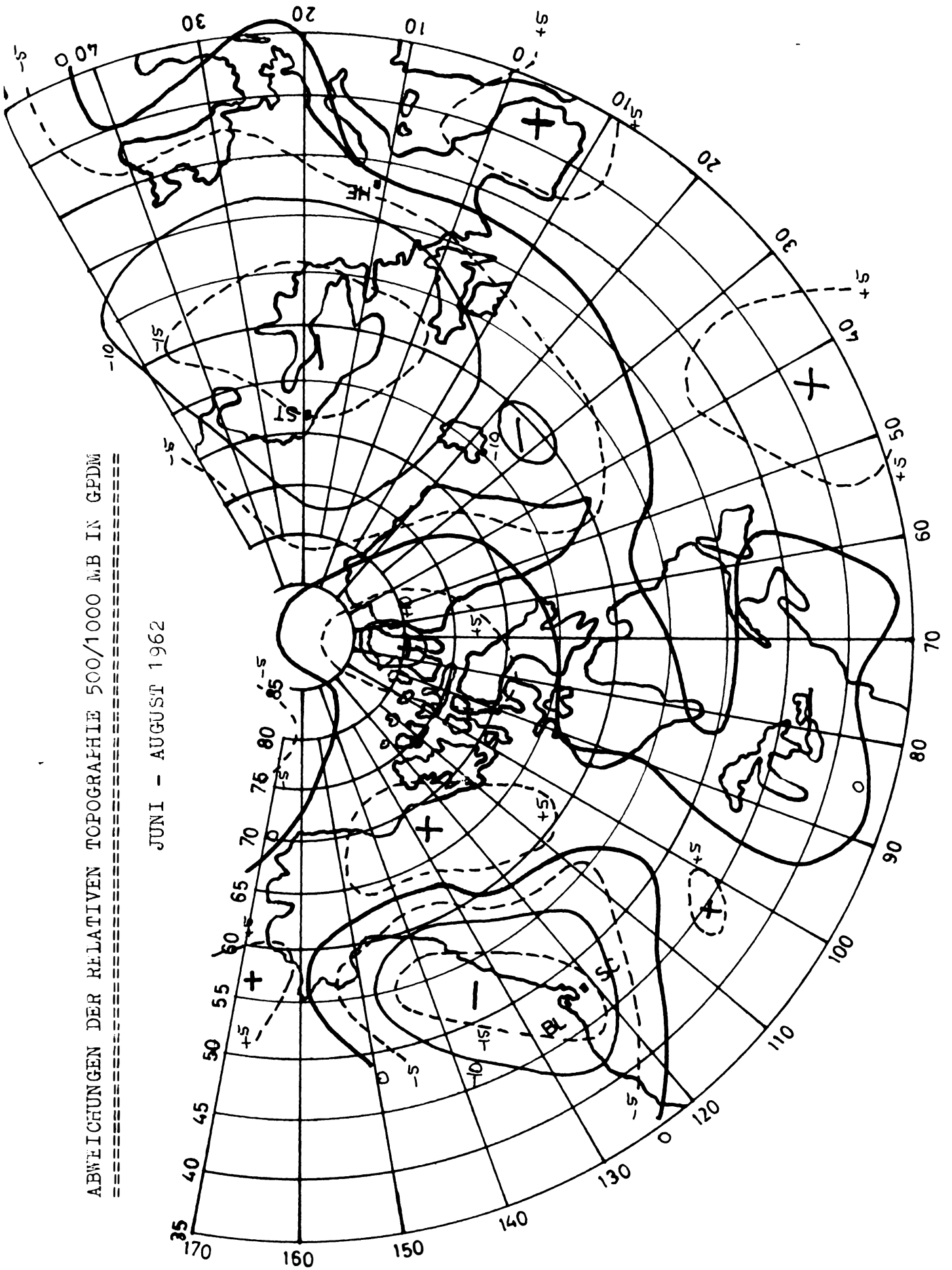
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

MAI - JULI 1962



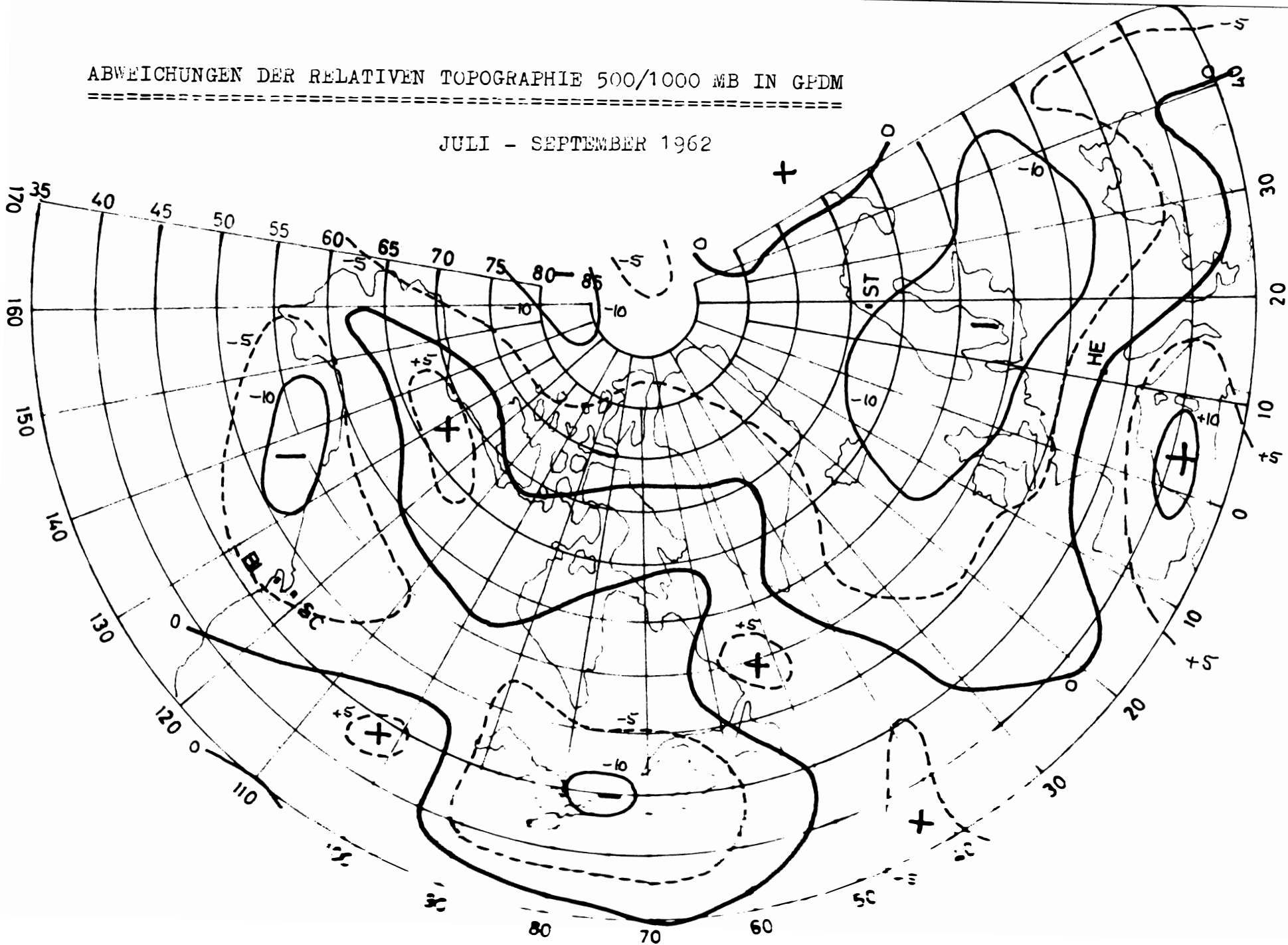
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDW

JUNI - AUGUST 1962



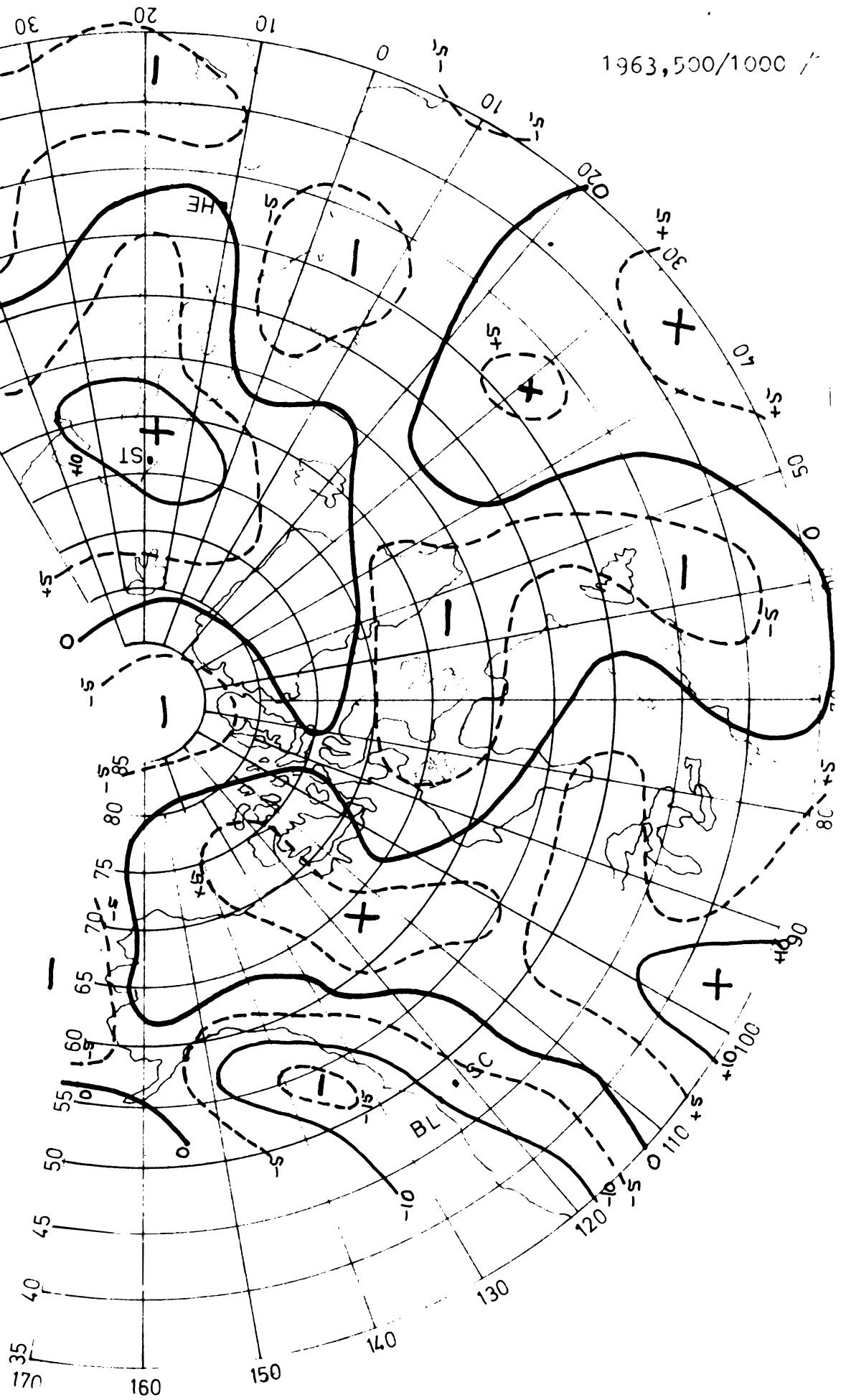
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

JULI - SEPTEMBER 1962



ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/100 MB IN GPD

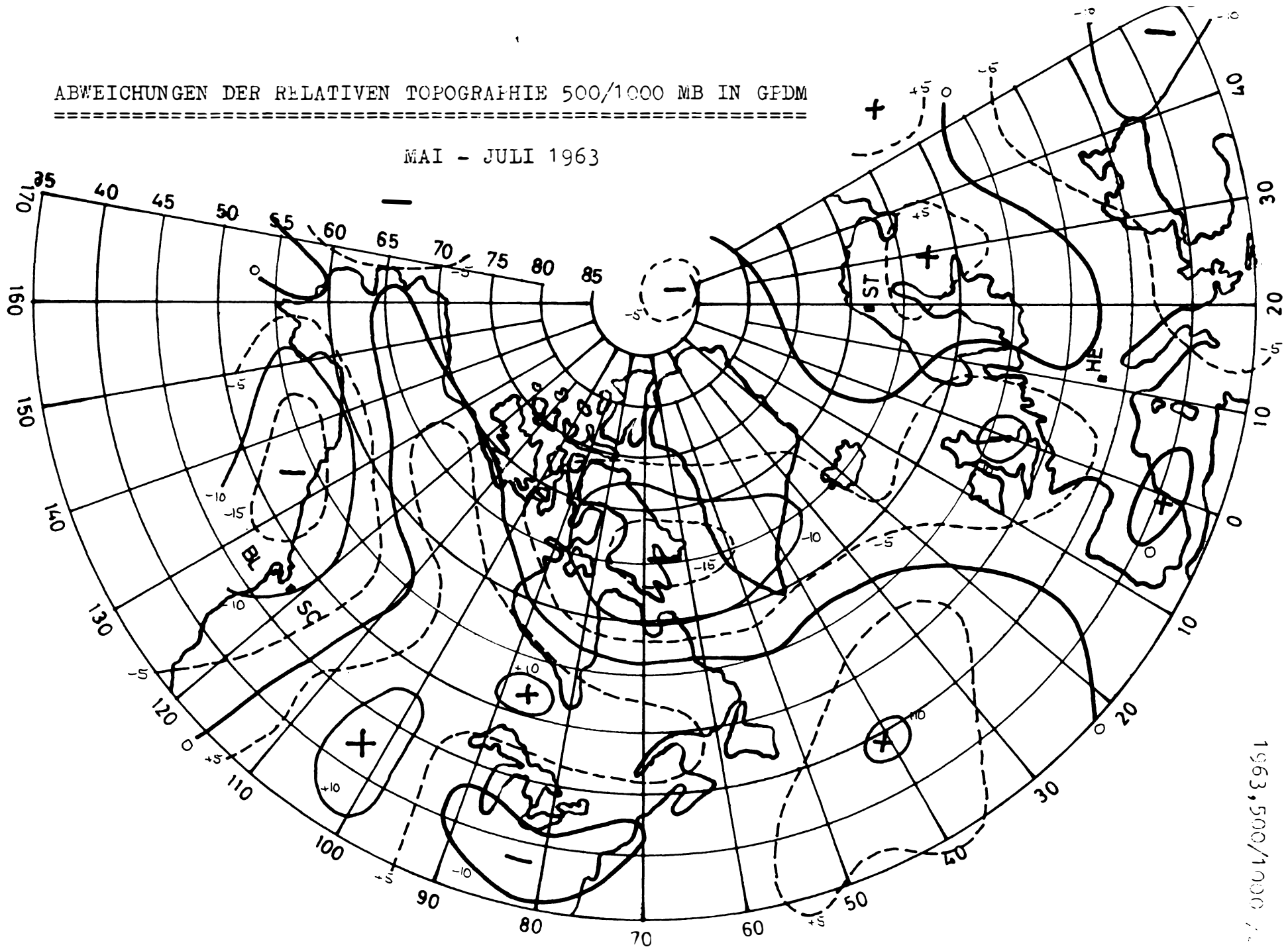
APRIL - JUNI 1963



1963,500/1000

ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GFDM

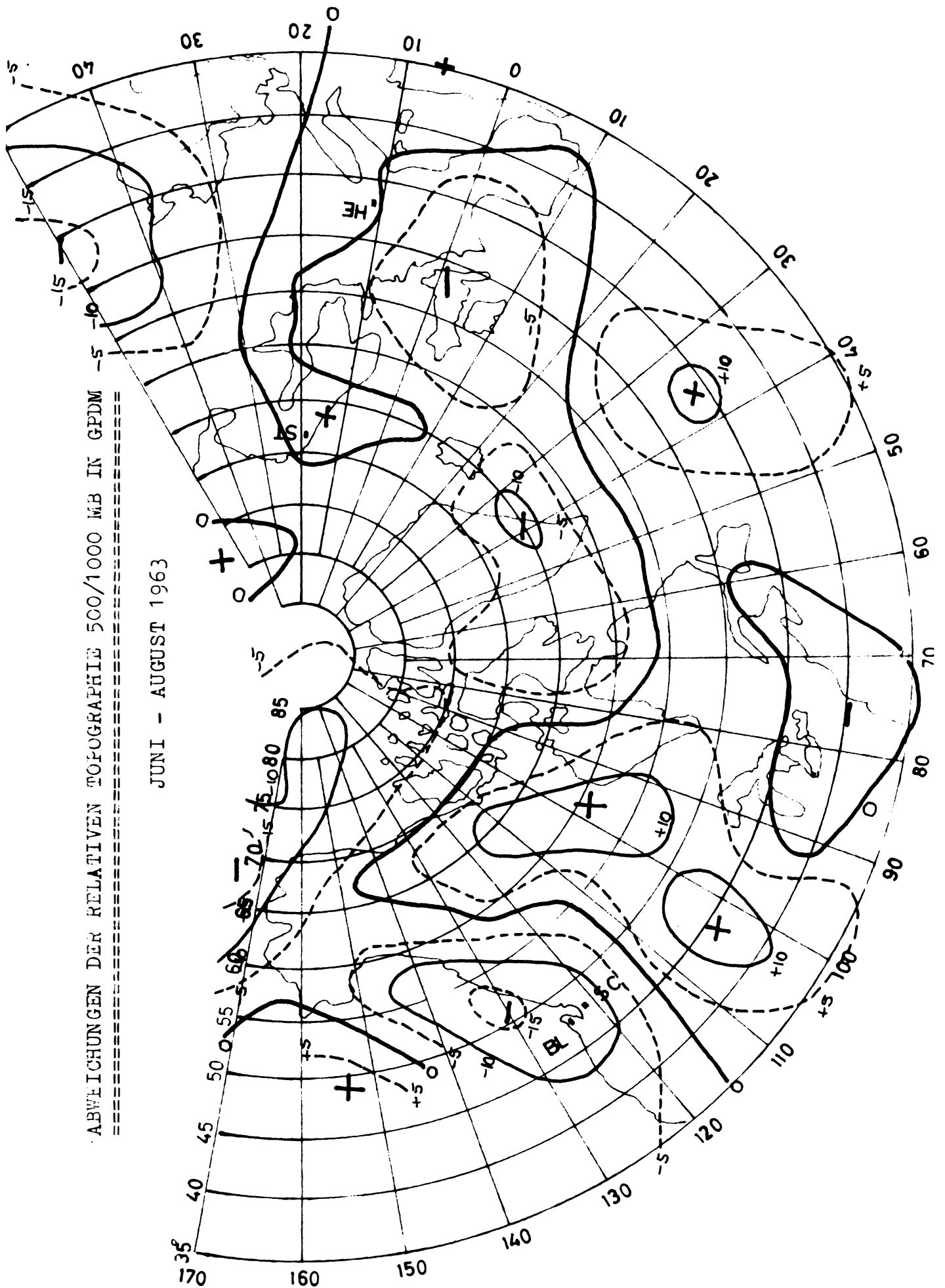
MAI - JULI 1963



1963, 500/1000

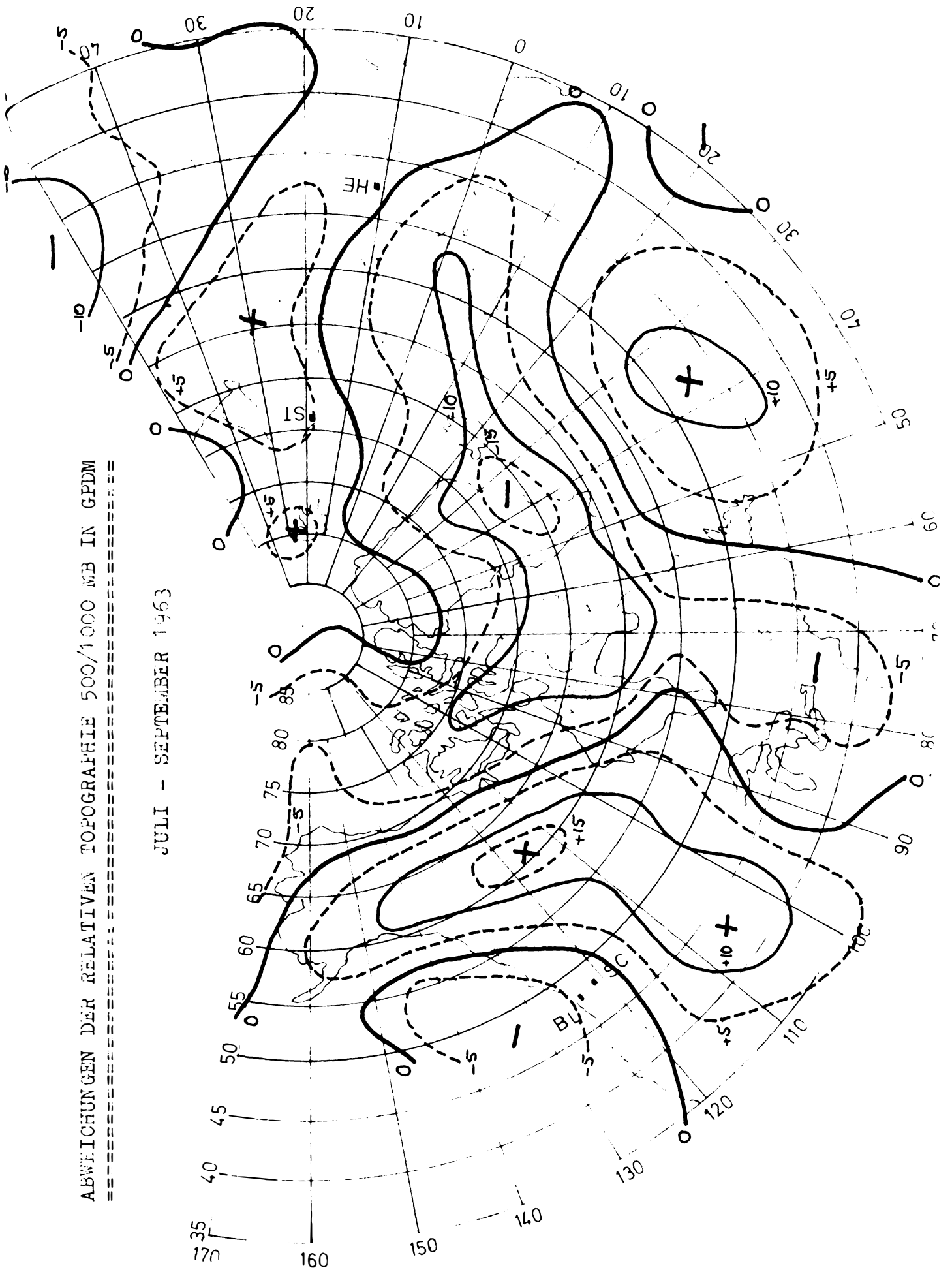
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GFDM
=====

JUNI - AUGUST 1963



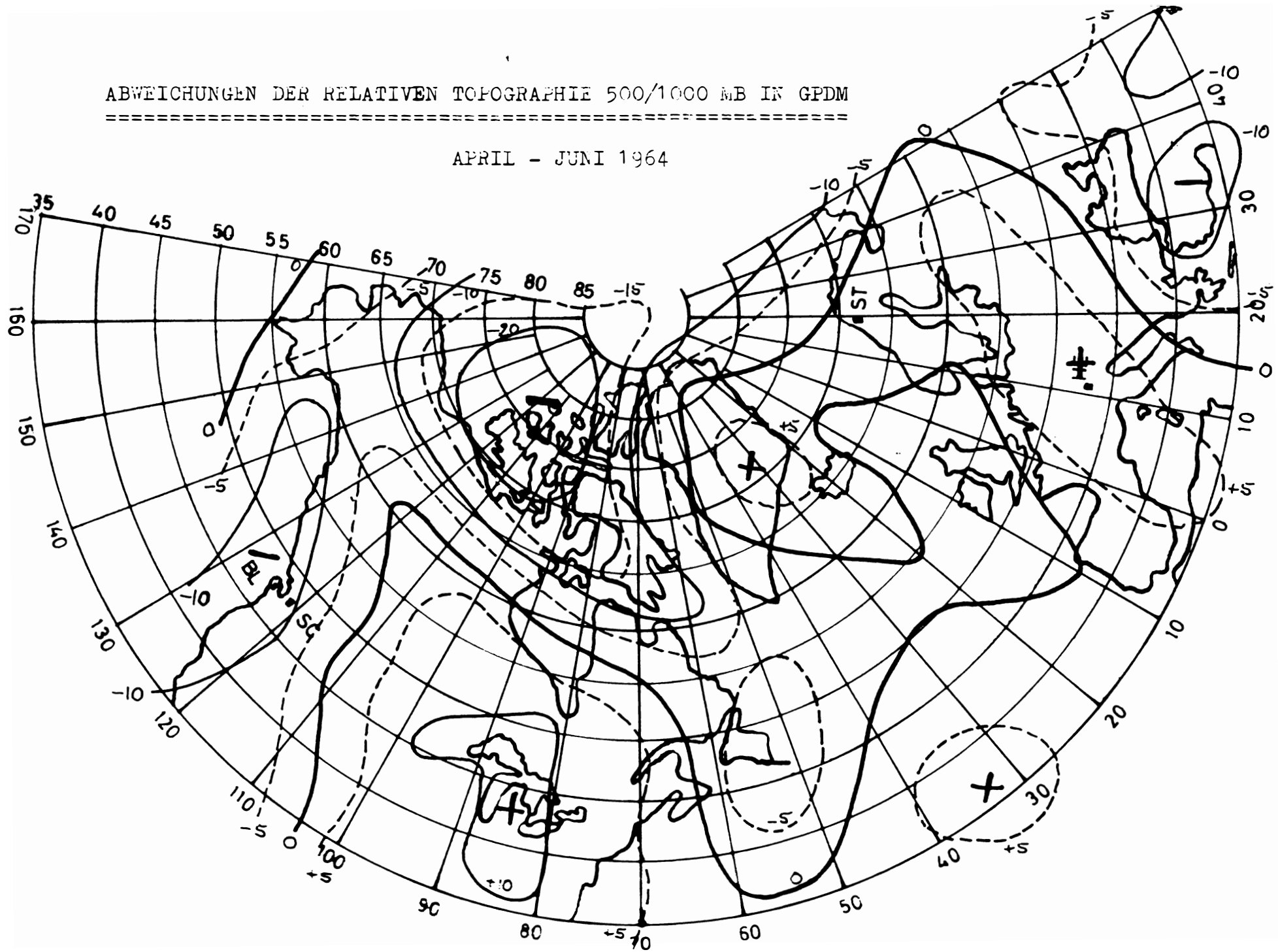
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPD

JULI - SEPTEMBER 1963



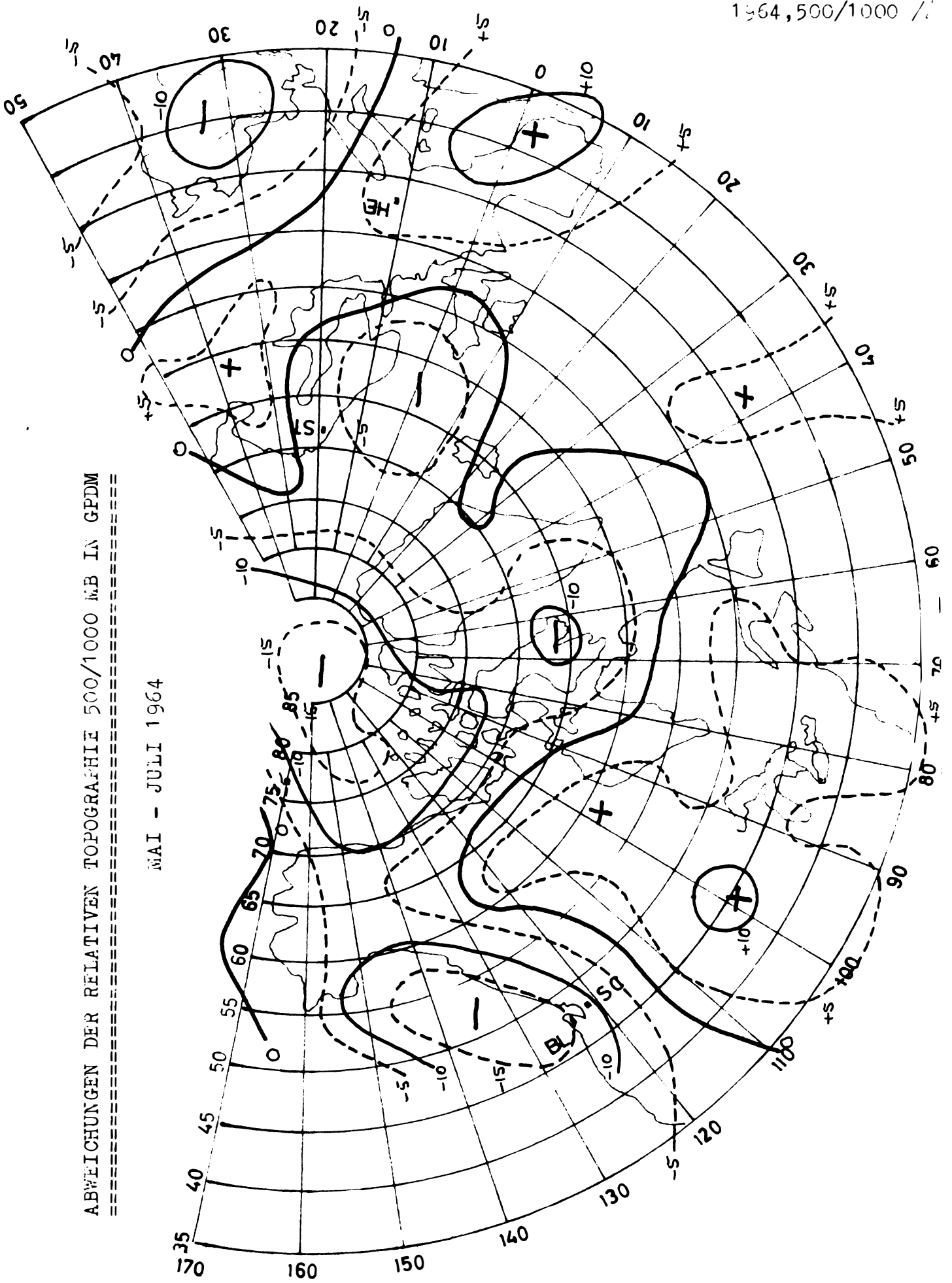
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

APRIL - JUNI 1964



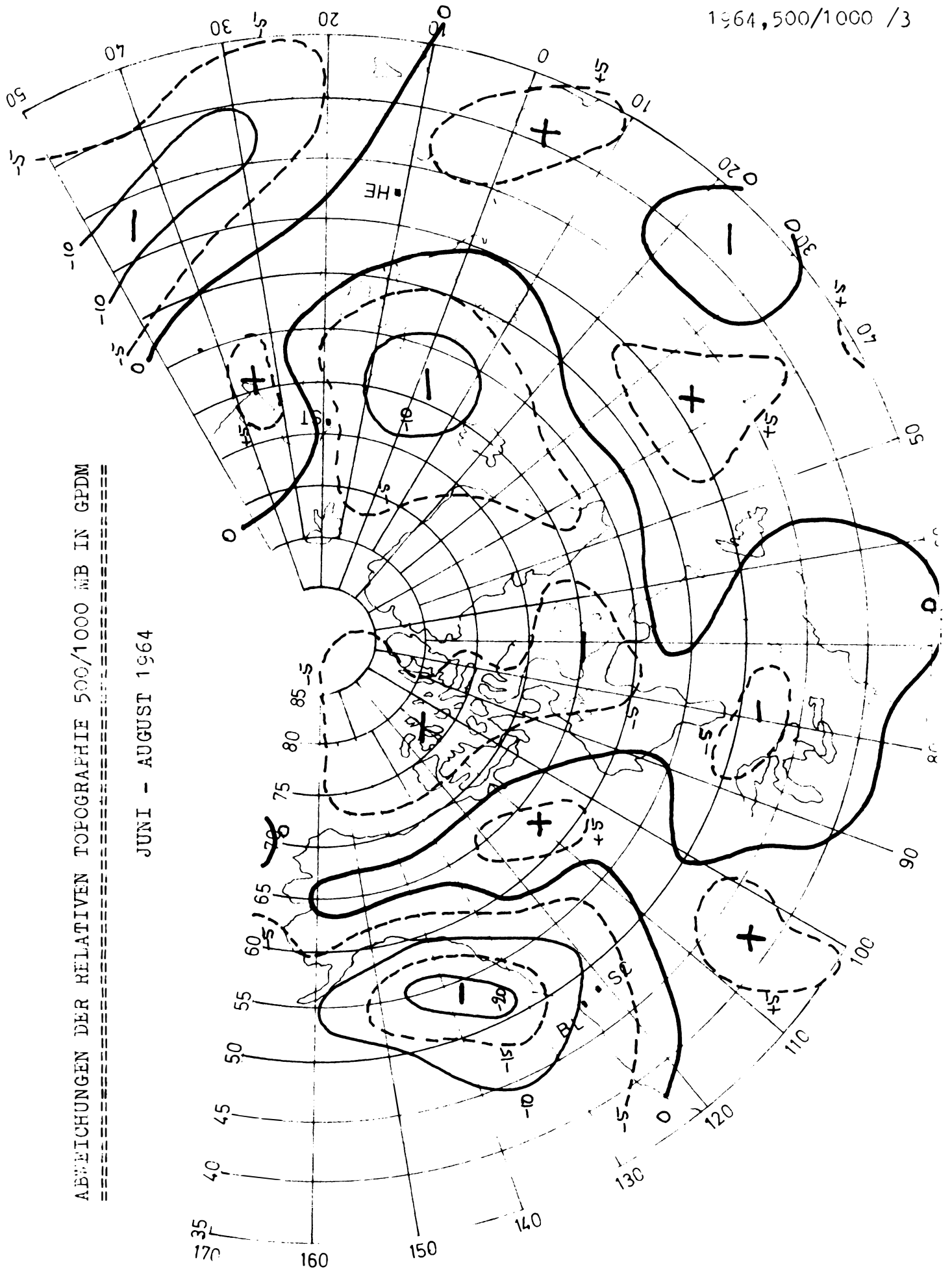
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPD

MAI - JULI 1964



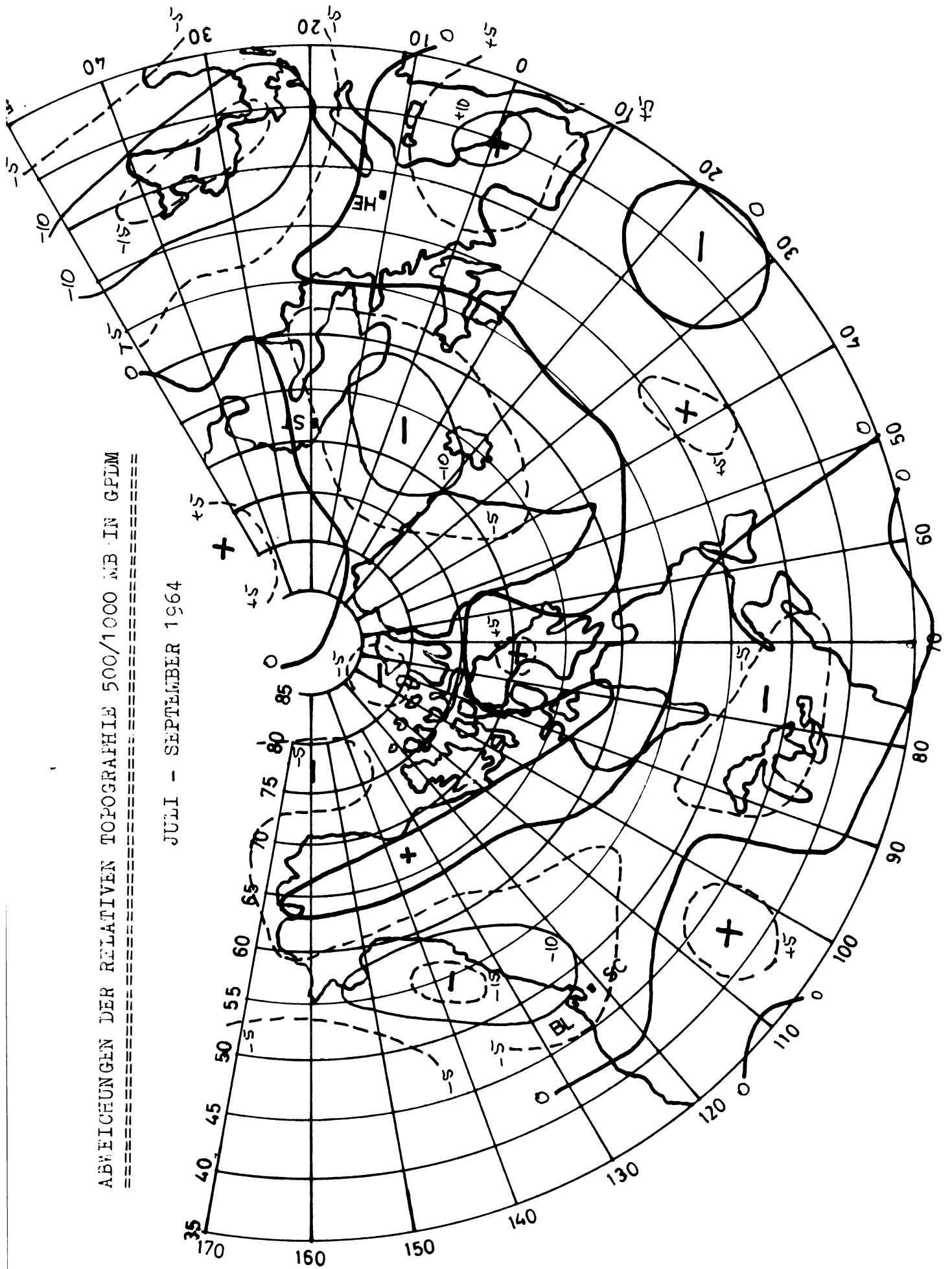
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GFDL

JUNI - AUGUST 1964



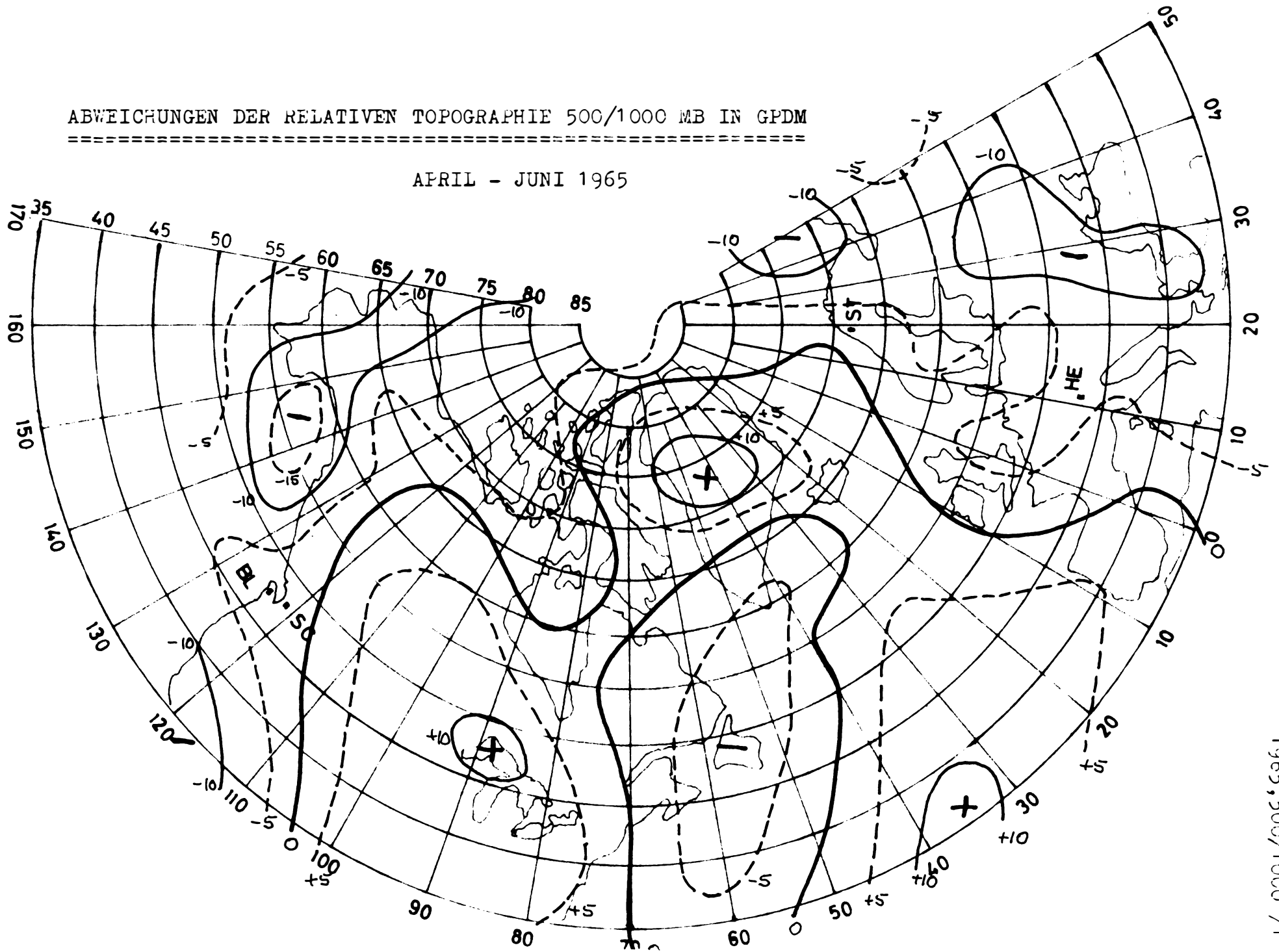
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GFDM

JULI - SEPTEMBER 1964



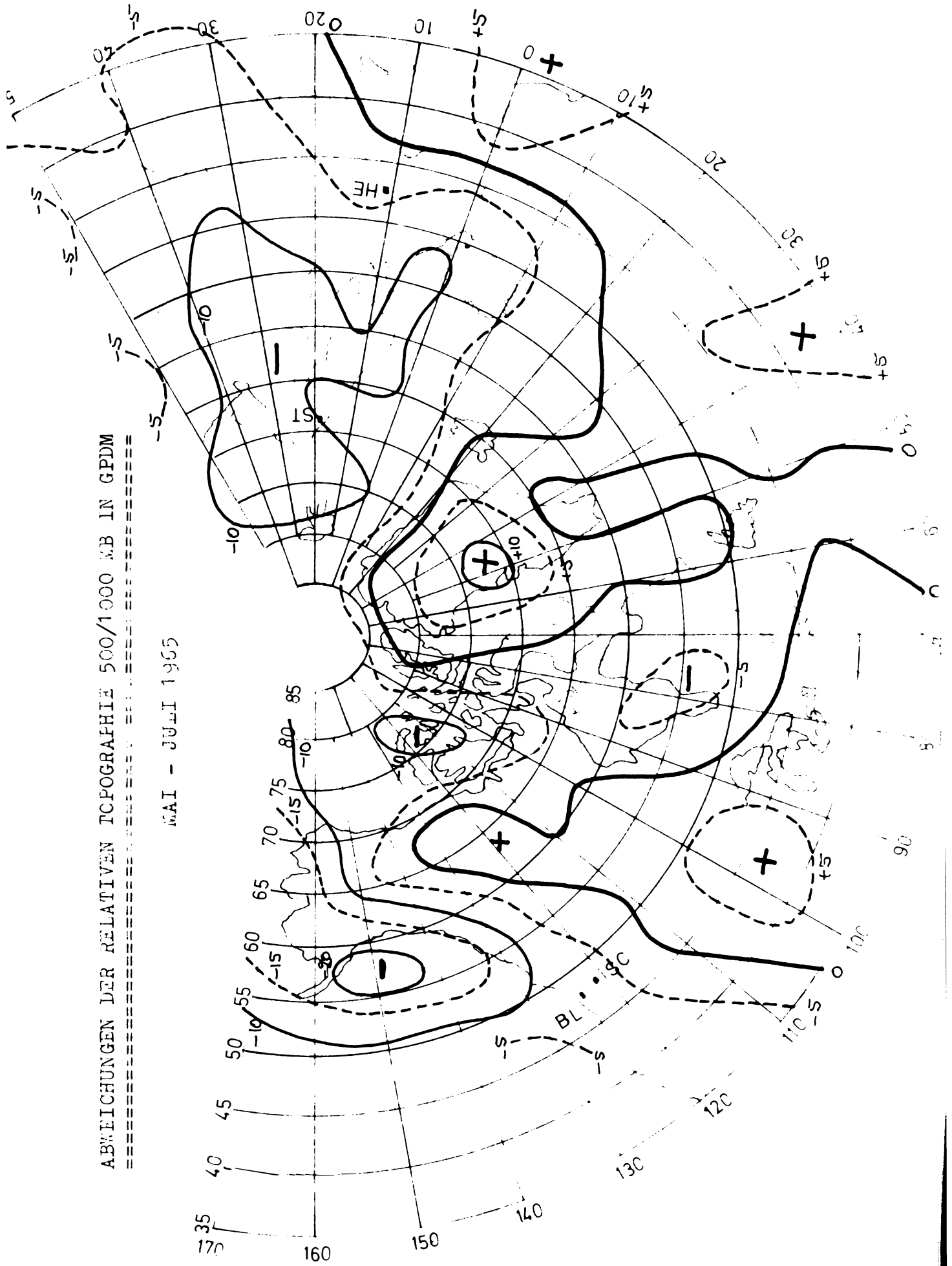
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

APRIL - JUNI 1965



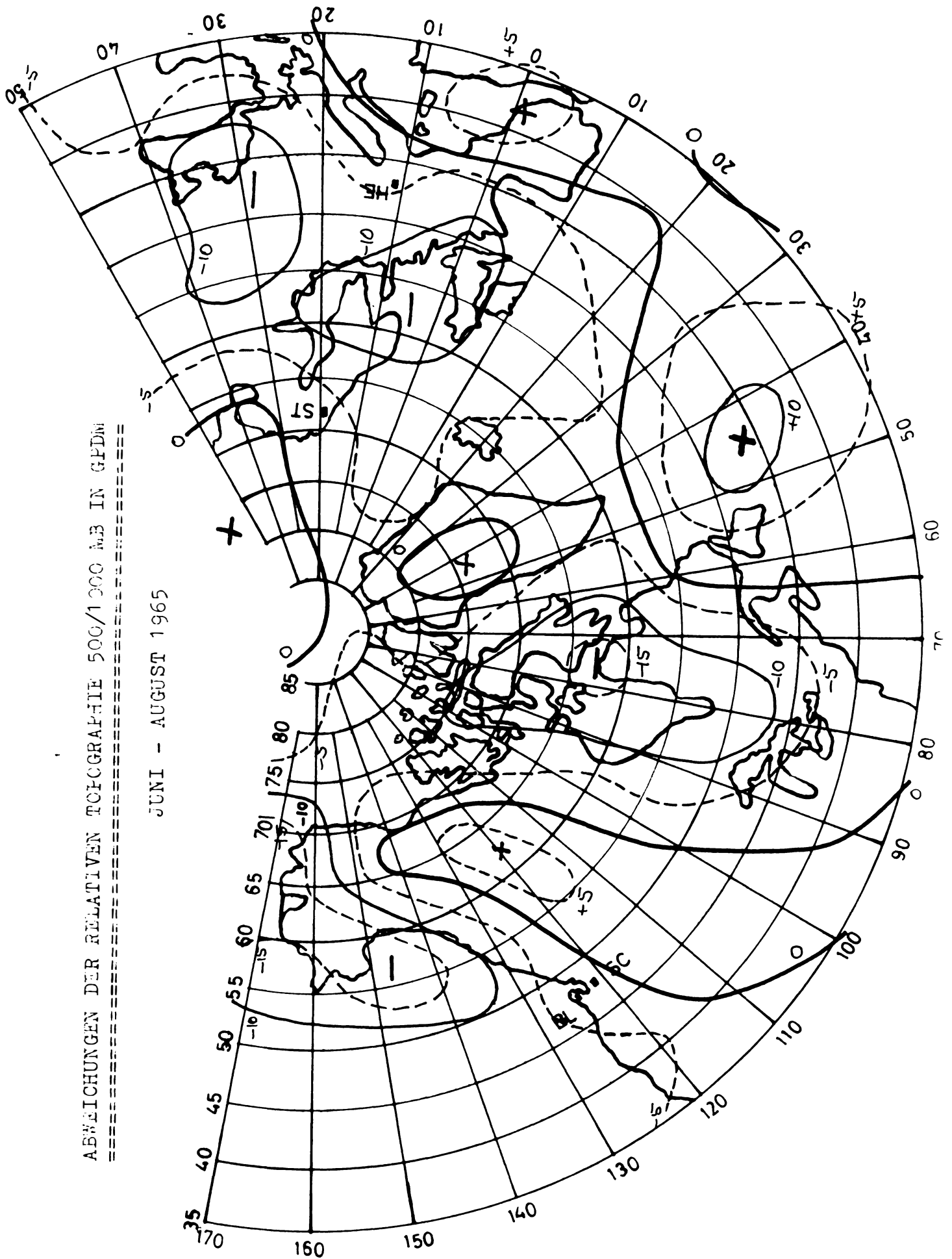
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDM

MAI - JULI 1965



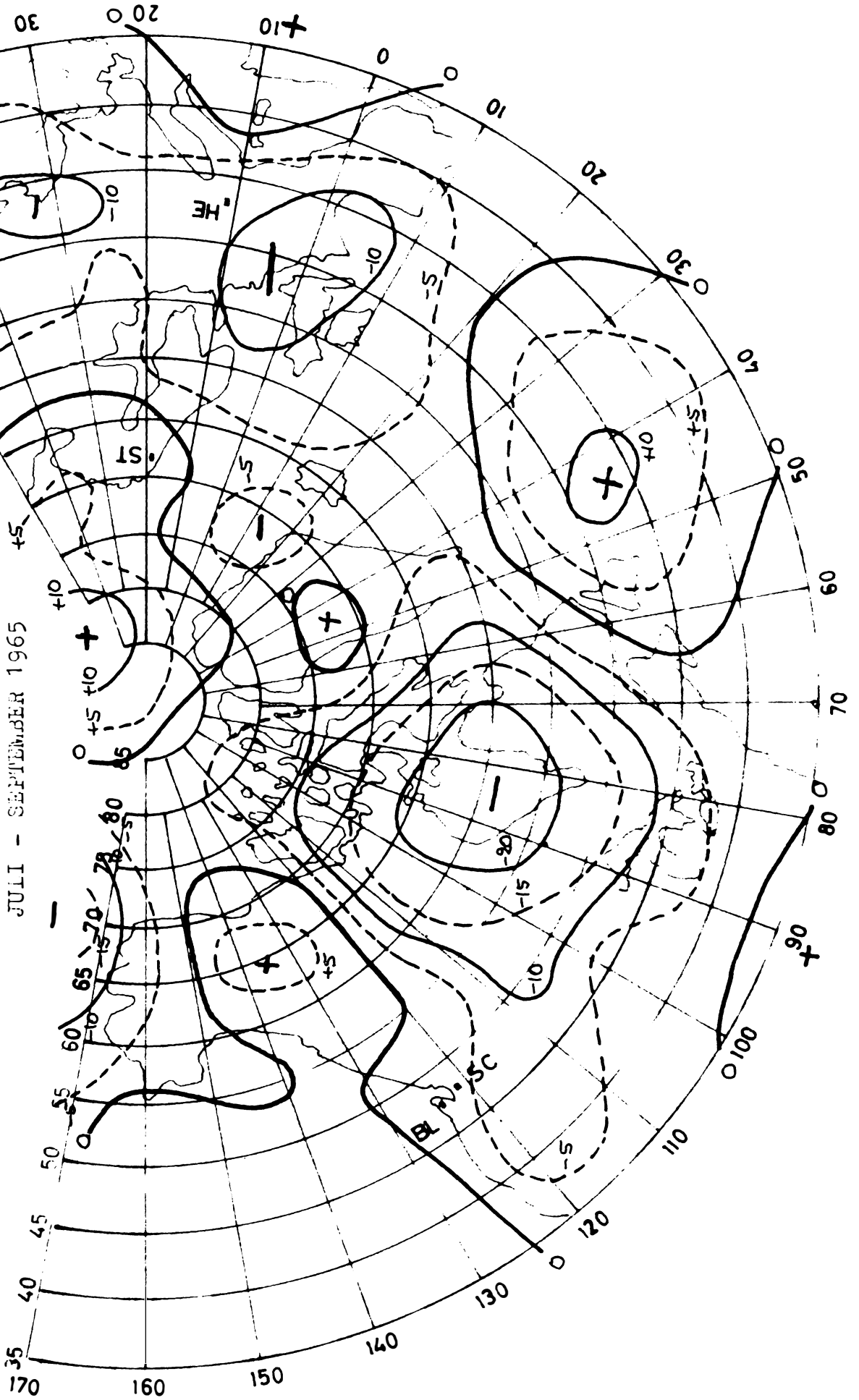
ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDm

JUNI - AUGUST 1965



ABWEICHUNGEN DER RELATIVEN TOPOGRAPHIE 500/1000 MB IN GPDW

JULI - SEPTEMBER 1965



NACHWORT

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Hoinkes, Vorstand des Meteorologischen Institutes, bin ich für die Stellung dieses interessanten Themas sowie für die zahlreichen Gespräche und Diskussionen, in denen mir viele wertvolle Anregungen und Ratschläge vermittelt wurden, zu großem Dank verpflichtet. Ferner gebührt Herrn Professor Hoinkes Dank und Anerkennung für die hervorragenden Arbeitsmöglichkeiten, die ich in seinem Institut in Anspruch nehmen durfte.

Meine Kolleginnen und Kollegen im Institut standen mir im Sinne bester Kollegialität oft mit Rat und Hilfe zur Seite.

Nicht zuletzt möchte ich der Österreichischen Akademie der Wissenschaften für die finanzielle Unterstützung danken.

Tabellarischer Lebenslauf

Name: Schneider
Vorname: Walter
Geburtsdatum: 10. 5. 1939
Geburtsort: Hagen/Westfalen
Staatsangehörigkeit: Deutsch
Religion: evangelisch
Name des Vaters: Walter Schneider
Name der Mutter: Käthe Schneider, geb. Laurüsch
Zahl der Geschwister: 1 Bruder
Schulbildung:
Volksschule Ostern 1946 - Ostern 1950
Gymnasium Ostern 1950 - März 1959
Universitäten: Universität Köln SS 1959 - SS 1960
Freie Universität Berlin:
WS 1960/61 - WS 1962/63
Universität Innsbruck : Ab SS 1963
Studienfach: Meteorologie