

# ÜBER DEN ZUSAMMENHANG DES FRÜHLINGSHOCHWASSERS IN SÜDNORWEGEN MIT DEN METEOROLOGISCHEN ELEMENTEN

VON

GEORG SCHOU

(Manuskript am 10. Dezember 1939 empfangen.)

## VORWORT

Diese Arbeit dient der Klarstellung der Beziehungen zwischen den Schwankungen des Frühlingshochwassers in Südnorwegen und den meteorologischen Verhältnissen. Die zugrundeliegenden Untersuchungen betreffen hauptsächlich das Niederschlagsfeld der Glomma bis zum Zusammenfluss mit der Vorma. Die betrachteten Gebiete können als gletscherfrei bezeichnet werden. Es gibt freilich einige Gletscherflecken in Rondane, aber diese spielen wegen ihrer Kleinheit keine Rolle. Grosse Gletscher finden sich hingegen im Niederschlagsfeld der Vorma einschl. Lågen. Als Wasserzuflüssen treten sie jedoch nicht in der von uns betrachteten Jahreszeit, sondern erst im Juli und August in Erscheinung. Wir konnten daher unter unsere Beispiele auch Wasserstandskurven der Frühlingshochwässer im unteren Teil der Glomma (nach ihrer Vereinigung mit der Vorma) aufnehmen.

Es bleibt mir die angenehme Pflicht den Herren Oberingenieur *J. Aastad*, Abteilungsingenieuren *J. R. Sogner* und *H. Klæbo* von der hydrologischen Abteilung in *Vassdragsvesenet* (der Wasserbauverwaltung) für wohlwollendes Interesse, gute Ratschläge und wertvolle Kritik, die sie meiner Arbeit gewidmet haben, dem technischen Assistenten Herrn *J. M. J. Wik* für seine unentbehrliche Hilfe bei der Ausarbeitung der Figuren für den Druck und Herrn *E. Kohn* für eingehende sprachliche Durcharbeitung meines Manuskripts an dieser Stelle herzlich zu danken.

## DER EINFLUSS DER METEOROLOGISCHEN ELEMENTE AUF DAS ABSCHMELZEN DES SCHNEES

Eine gewisse Bedeutung für das Abschmelzen des Schnees können die meisten meteorologischen Elemente, auch jedes für sich genommen, haben; das wichtigste ist aber unzweifelhaft die Lufttemperatur. Danach folgen der Regen, die Feuchtigkeit und die Einstrahlung. Die andern meteorologischen Elemente wirken wohl weniger unmittelbar als durch ihren Einfluss auf die Temperatur.

Die Lufttemperatur, bei welcher der Schnee abzuschmelzen beginnt, lässt sich durch gleichzeitige Messungen der Luft- und der Schneetemperatur leicht richtig ermitteln. *Zum Abschmelzen im hier verwandten Sinne des Wortes kommt es, wenn die ganze Schneeschicht, nicht nur ihre Oberfläche, die Temperatur von 0° annimmt.*

*Jansson* und *Westman*<sup>1)</sup> haben einschlägige Messungen von Januar bis April 1902, jeden Tag um 12 Uhr, in Upsala durchgeführt. Sie massen die Temperatur des Schnees in verschiedenen Tiefen — 5, 10, 15 und 20 cm unter der Oberfläche, bei ein Gesamt-Schneetiefe von ungefähr 30—40 cm — weiterhin die Temperatur der Erdoberfläche und schliesslich die Lufttemperatur 1,4 m über dem Boden.

Ausser diesen Messungen haben wir für unsere Tabellen I/A und I/B die stündlichen Ablesungen

<sup>1)</sup> M. Jansson et J. Westman: Quelques recherches sur la couverture de neige. — Bull. of the Geol. Inst. of Upsala, Nr. 10, Vol. V. Part 2, 1901.

Tabellen 1/A und 1/B.

1/A. Abschmelzen			1/B. Kein Abschmelzen							
Lufttemperatur			Lufttemperatur			Die Temperatur des Schnees um 12 Uhr in verschiedenen Tiefen gemessen				Oberflächen- temperatur der Erde
Max.	12 Uhr	Min.	Max.	12 Uhr	Min.	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	
*0.7 <sup>1)</sup>	0.7°	—3.4°	*0.0 <sup>1)</sup>	—1.1°	—8.0°	0.0°	—0.6°	—0.7°		0.0°
*0.9	0.3	—3.3	0.1	—4.1	—4.5	—1.2	—2.0	—1.9	—2.0	—0.9
*1.0	0.3	—3.3	0.1	—1.3	—3.7	—1.4	—2.2		—2.6	—1.4
1.6	1.5	0.9 <sup>2)</sup>	0.7	0.7	—4.3		—0.2	—1.0	—1.2	—0.4
2.0	—0.6	—5.1 <sup>2)</sup>	1.1	—4.1	—6.7	0.0	—0.8			
2.1	—2.2	—2.2	1.5	0.1	—4.6	0.0	0.0	0.0	—0.4	—0.4
2.2	2.2	—3.7	1.6	1.6	0.1	0.0	0.0	—0.1	—0.2	0.0
*2.4	2.4	0.3	*1.7	0.2	—6.7	0.0	—1.3	—2.1	—1.8	
*2.7	—1.2	—7.2 <sup>2)</sup>	1.8	1.8	—5.9	0.0	0.0	—0.2		—0.1
*3.4	—1.1	—1.4	1.8	1.8	—7.0	0.0	—0.5	—0.4	—1.4	—0.3
3.4	0.7	—2.0	1.9	1.0	—7.6	—0.2	—0.6	—1.2		
4.1	1.4	—5.4 <sup>2)</sup>	*1.9	1.9	—11.6	0.0	0.0	—0.2	—1.7	
*4.4	1.2	1.0	2.0	2.0	—1.4	0.0		—0.2	—0.6	—0.6
4.6	4.6	—1.3	*2.4	2.4	—8.2	0.0	0.0	0.0	—0.4	
*7.1	7.1	—4.1	*2.5	—8.2	—9.3	—2.2	—1.2	—1.0	0.0	0.0
*8.4	5.0	—6.9	*3.4	—9.5	—9.5	—3.0	—2.8	—0.7	0.0	0.0
*8.4	8.2	—2.8	3.6	3.6	—7.5	0.0	0.0	0.0	—0.2	—0.9
*8.8	5.0	—1.2	4.9	3.0	—13.5	0.0	0.0	—2.4	—3.2	
			5.8	3.4	—11.3	0.0	0.0	—0.7		—0.5
			6.5	6.4	—8.6	0.0	0.0	0.0		—0.7

1) Stern bedeutet, dass die Temperatur 0° in ganzer Schneetiefe am vorhergehenden Tag war.

2) Die Erdtemperatur fehlt.

der Lufttemperatur benutzt, die im Bulletin Mensuel de l'Observatoire Météorologique de l'Université d'Upsal für das Jahr 1902<sup>1)</sup> abgedruckt sind.

Wir haben in diesen Tabellen die Schneetemperaturmessungen der Tage mit positiver Maximumtemperatur der Luft zusammengestellt. Die Zahlen sind beide Male nach steigenden Luft-Maximumtemperaturen geordnet. In Tab. I/A ist die Temperatur des Schnees in allen Tiefen und ebenso die am Erdboden 0°. In Tabelle I/B ist die Schneetemperatur in den verschiedenen Messtiefen angegeben. In beiden Tabellen ist vermerkt, ob am Vortage in allen Tiefen des Schnees eine Temperatur von 0° festgestellt worden war.

Aus diesen Tabellen lässt sich nun folgendes herleiten:

1. Liegt die Maximumtemperatur der Luft zwischen 0° und 1°, so schmilzt der Schnee nur, wenn auch am Vortage ein Abschmelzen stattgefunden hat. Die Minimumtemperatur der Luft darf nicht zu niedrig sein.

2. Liegt die Maximumtemperatur der Luft über 2° und war ihre Minimumtemperatur nicht unter —7.2°, so schmilzt der Schnee auf jeden Fall, unabhängig von den Abschmelzbedingungen des vorhergehenden Tages.

3. Bei einer Maximumlufttemperatur zwischen 1° und 2° ergibt sich ein Grenzfall.

Das Material ist selbstverständlich zu klein für auf Zehntelgrade genaue Bestimmungen.

Diese Feststellungen über den Einfluss der Temperatur werden unten bei den Hochwasserbeispielen Verwendung finden.

Regen auf Schnee ergibt verstärktes Abschmelzen. Wenn eine Schicht von Regenwasser, dessen Temperatur ja über 0° ist sich auf dem Schnee befindet, wird ein schnelleres Abschmelzen stattfinden, als dies der Fall wäre, falls der Schnee nur in Berührung mit Luft von derselben Temperatur als das Regenwasser käme. Die Wärmeleitung zwischen Wasser und Schnee ist ja, wie bekannt, grösser als die zwischen Luft und Schnee.

1) Bulletin Mensuel de l'Observatoire Météorologique de l'Université d'Upsal, 1902.

## DER EINFLUSS DES GELÄNDES AUF DAS FRÜHLINGSHOCHWASSER

Schmelzwasser aus der Niederung liefert relativ geringe Beiträge zur Hochwassermenge, da es fast vollständig in die Erde einsickert. Zum Teil wird es von dort nach und nach an die Flüsse abgegeben, während ein anderer Teil verdunstet. So wirkt hier der Erdboden als regulierender Faktor. In der Regel beginnt das Abschmelzen in der Niederung früher als im Hochgebirge und ist auch früher abgeschlossen.

Das Schmelzwasser waldbewachsener Talseiten hat wahrscheinlich einen stärkeren Einfluss auf die Hochwasserentwicklung. Aber auch hier kommen grosse Mengen dem Boden zugute. Die Erdschicht ist dick und wirkt regulierend. Weiterhin ist zu beachten, dass das Abschmelzen im Walde sehr langsam vor sich geht. Für unsere speziellen Hochwasserstudien kann daher von dem Abschmelzen in Waldgebieten abgesehen werden.

Eine entscheidende Rolle für die Hochwasserwellen spielt dagegen das Schmelzwasser aus dem Hochgebirge oberhalb der Waldgrenze. Oft kann es sogar als ihre alleinige Ursache angesehen werden. Es kommt ziemlich restlos den Flüssen zugute, weil die Erddecke dort wenig durchdringlich ist und kaum Wasser aufsaugen kann, und weil das Wasser sehr rasch von den Steilhängen abrinnt.

Von ausgedehnten Hochplateaus, auf denen sich etwas mehr Erdboden findet und wo das Gelände weniger steil ist, fliesst das Schmelzwasser etwas langsamer ab.

Für das Regenwasser gelten ähnliche Erwägungen.

## GRÖSSE UND VERLAUF DER FRÜHLINGSHOCHWÄSSER

Die Grösse und der Verlauf der Frühlingshochwässer hängen hauptsächlich von den Schneemengen im Hochgebirge zu Beginn und von den Lufttemperatur- und Niederschlagsverhältnissen während der Schmelzperiode ab. Voraussetzung für grosse Hochwässer sind also zunächst einmal grosse Schneemengen.

Bestimmend für die jeweiligen Schmelzwassermengen und damit für die Höhe des Wasserstandes ist nun im Weiteren der Gang der Lufttemperaturen:

Solange sie sich an der Waldgrenze unter 2°

halten, bleibt der Schnee im Hochgebirge liegen. (Von der Inversion wird in den folgenden Ausführungen überall abgesehen.) Das Abschmelzen beginnt an der Waldgrenze, sobald die Lufttemperatur dort über 2° steigt; es erfasst den ganzen Schnee im Hochgebirge, wenn die Lufttemperatur auch auf dem Gipfel 2° erreicht hat.

Wird das Abschmelzen nach einiger Zeit, wenn die unteren Gebiete schon teilweise schneefrei geworden sind, durch eine neue Kälteperiode unterbrochen, so ist eine Lufttemperatur von über 2° auf einem höheren Niveau erforderlich, damit das Abschmelzen von Neuem in Gang kommt. (Hierbei ist vorausgesetzt, dass in der Zwischenzeit kein Neuschnee gefallen ist.)

Sind die unteren Gebiete des Hochgebirges, die ja die grösste Ausdehnung haben, schon weitgehend abgeschmolzen, so ist die Gefahr eines Grosshochwassers geringer. Am grössten ist sie, wenn sehr früh eine kräftige Wärmeperiode einsetzt.

Vom Einfluss starker Regenfälle ist hier abgesehen.

In dem untersuchten Spezialgebiet, dem unsere Beispiele entstammen, verläuft die Waldgrenze in ungefähr 900 m Höhe. Die höchste meteorologische Station innerhalb des Niederschlagsfeldes liegt 950 m hoch. Weitere meteorologische Stationen in grossen Höhen sind nur in sehr geringer Zahl vorhanden.

Die vorstehenden Betrachtungen sind streng genommen nicht auf den Frühling begrenzt. Auch im Herbst kann Hochwasser als Folge von Schneeschmelze im Hochgebirge eintreten. Ein gutes Beispiel dafür bot sich am 13. und 14. November 1938 in mehreren Flussgebieten Westnorwegens. Gleichzeitig mit der Schneeschmelze war hier starkes Regenwetter aufgetreten.

## ANALYSE DER FRÜHLINGSHOCHWÄSSER DES FLUSSGEBIETES DER GLOMMA IN DEN JAHREN 1927—1935

### *Vorbemerkungen.*

Als meteorologische Station wurde Fokstua benutzt. Sie liegt in der Nähe des Quellgebiets des wichtigen Nebenflusses Folla, in ganz flachem Gelände in einem etwa 4 km breiten Tal, das von schwachgeneigten Abhängen begrenzt wird. Die

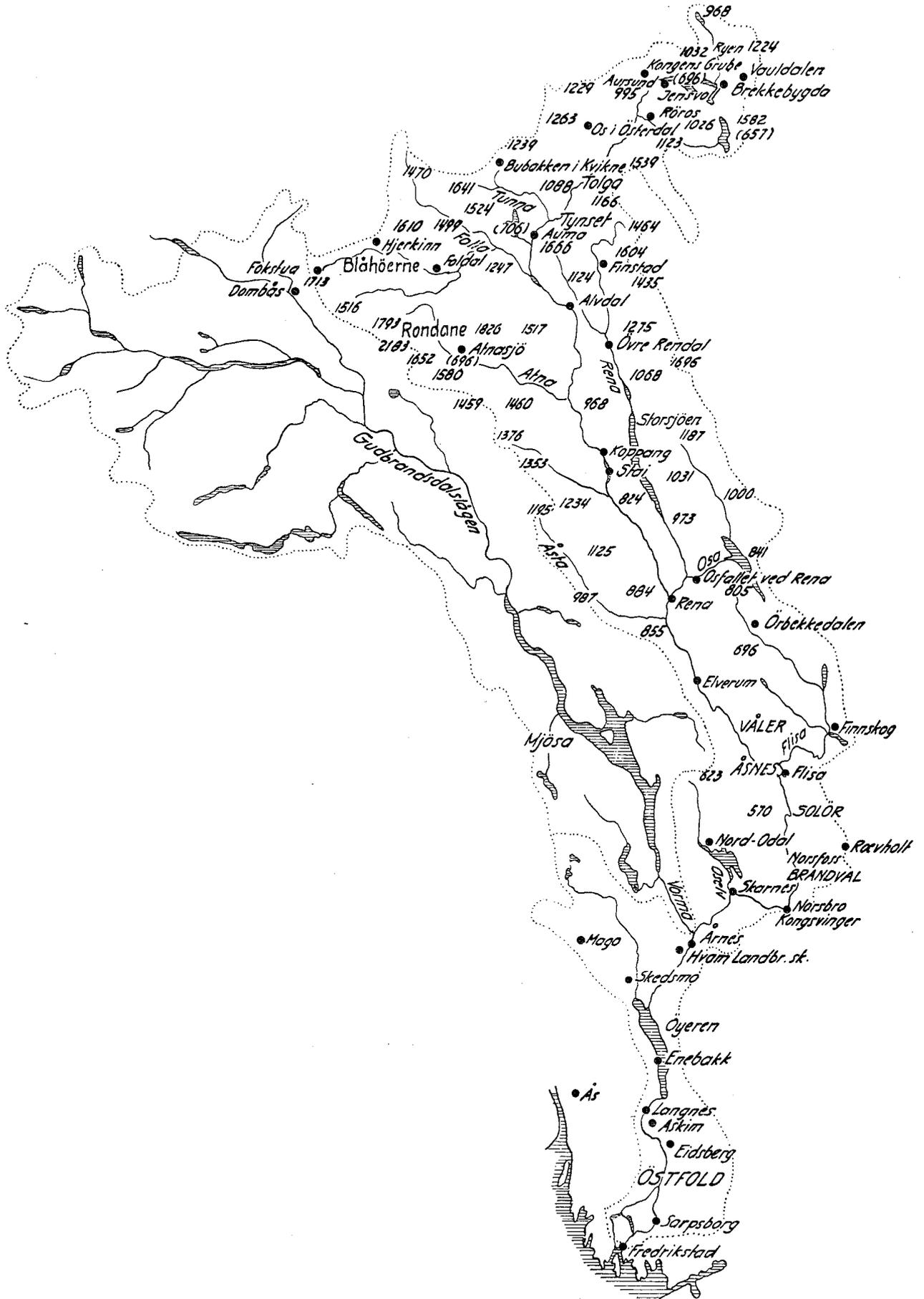


Fig. 1. Karte über das Niederschlagsgebiet der Glomma mit Höhenangaben.

Meereshöhe der Station ist 952 m und fällt also ungefähr mit der Waldgrenze zusammen.

Die Station besitzt ein gewöhnliches Quecksilberthermometer und ein Minimumthermometer, aber kein Maximumthermometer.

Die Beobachtungstermine sind 8, 14 und 19 Uhr. Die Lufttemperaturen um 14 Uhr wurden als Maxima angesetzt. Der Fehler, den man dadurch einführt, übersteigt im Mittel nicht  $0.05^{\circ}$ . Nach B. J. Birkeland<sup>1)</sup> sind die mittleren Uhrzeiten für die Maximumtemperatur bei Røros im April, Mai und Juni 14.47, 14.78 und 14.63. Die Temperaturdifferenzen zwischen diesen Uhrzeiten und 14 Uhr betragen  $0.04^{\circ}$ ,  $0.05^{\circ}$  und  $0.03^{\circ}$ . — Bei Rena fallen in diesen Monaten die Temperaturen um 14 Uhr mit den Maximumtemperaturen zusammen. Die genannten Stationen liegen in demselben Niederschlagsfelde wie Fokstua, aber weniger hoch.

In den Abbildungen zu den Beispielen sind die 14-Uhr-Temperaturen und die Minimumtemperaturen, die täglichen Niederschlagsmengen und die Wasserstände vom 10. April bis zum 29. Juni wiedergegeben. Die Niederschlagshöhen sind als schwarze, schraffierte oder weisse Rechtecke eingezeichnet, je nachdem Regen, Regen und Schnee oder Schnee allein gefallen war.

Die Niederschlagshöhe wird für den Morgenstermin (um 8 Uhr) für die vorhergehenden 24 Stunden errechnet. Die Rechtecke sind darum zwischen den Daten eingezeichnet, an welchen der Niederschlag gefallen ist.

Da die Wasserstandsänderung dem Temperaturwechsel zeitlich nachfolgt, sind die Temperaturen auf den folgenden Tag verschoben, um Gleichzeitigkeit mit der ersten Wasserstandsmessstelle, Auma, zu erhalten.

Die Wasserstandskurven stellen die täglichen Wasserstände bei Auma, Stai, Elverum, Skarnes, Blaker und Langnes dar. Die geografischen Koordinaten und die Meereshöhen sind in Tabelle 2 angegeben. Fig. 2 zeigt ein Längenprofil der Glomma zwischen den Seen Aursund und Öyeren.

Sobald die Lufttemperatur bei Fokstua  $2^{\circ}$  überschreitet, setzt die Schneeschmelze im Hochgebirge ein. Mittels des Temperaturgradienten kann man jederzeit berechnen, bis zu welcher Höhe der

Schnee im Schmelzen begriffen ist. Diesen Gradienten haben wir für die in Frage stehenden Monate zu  $0.8^{\circ}$  pro 100 m veranschlagt. Dies ist der Mittelwert aus den Gradienten, die sich für die Stationspaare Fokstua—Dombås und Kongens Grube—Røros in den Monaten April, Mai und Juni berechnen lassen.

Tabelle 2.

Wasserstandsmessstelle	Niederschlagsfeld	Breite	Länge	Meereshöhe
Auma . . . . .	3 655 km <sup>2</sup>	62°13' N	10°39' E	475 m
Stai . . . . .	8 842 »	61 30	11 3	254 »
Elverum . . . . .	15 356 »	60 53	11 33	178 »
Skarnes . . . . .	20 186 »	60 15	11 41	129 »
Blaker . . . . .	38 229 »	60 0	11 17	103 »
Langnes . . . . .	40 013 »	59 36	11 7	76 »

Der höchste Punkt im Niederschlagsfelde der Glomma liegt 2183 m ü. d. M., also 1231 m über Fokstua. Für diesen Höhenunterschied berechnet sich aus dem Temperaturgradienten eine Temperaturdifferenz von  $10^{\circ}$ . Die Lufttemperatur wird somit dort  $2^{\circ}$  erreichen, wenn sie bei Fokstua auf  $12^{\circ}$  gestiegen ist. (Von einer Inversion ist abgesehen.) Dieser Punkt liegt im Niederschlagsfelde zwischen den beiden ersten Wasserstandsmessstellen Auma und Stai. Oberhalb Aumas erhebt sich das Niederschlagsfeld bis zu 1641 m Meereshöhe. Hier wird also die Temperatur in der Regel  $5.5^{\circ}$  unter der von Fokstua liegen.

In den folgenden Beispielen wird nun gezeigt werden, dass das Hochwasser im Allgemeinen kulminiert, oder richtiger gesagt, dass die Hochwassergefahr vorüber ist, wenn die Temperatur bei Fokstua  $12^{\circ}$  erreicht und damit die Schneeschmelze auf dem höchsten Punkt des Niederschlagsfeldes begonnen hat. Für den nördlich von Auma gelegenen Teil des Niederschlagsfeldes sollte man erwarten, dass diese Kulmination schon eintritt, wenn die Temperatur bei Fokstua auf etwa  $7.5^{\circ}$  gestiegen ist. Das trifft indessen nicht zu. Die Beispiele zeigen auch für diesen Teil das Gleiche wie für das Gesamtgebiet. Die Ursache hierfür mag darin zu suchen sein, dass die unteren Teile des Hochgebirges erst ziemlich schneefrei werden, wenn Fokstua eine Temperatur von  $12^{\circ}$  verzeichnen kann. Es ist anzunehmen, dass dem ein ziemlich gleichmässiger Temperaturanstieg vorangeht, während dessen der

<sup>1)</sup> B. J. Birkeland: Mittel und Extreme der Lufttemperatur. — Geof. Publ., Vol. XIV, nr. 1.

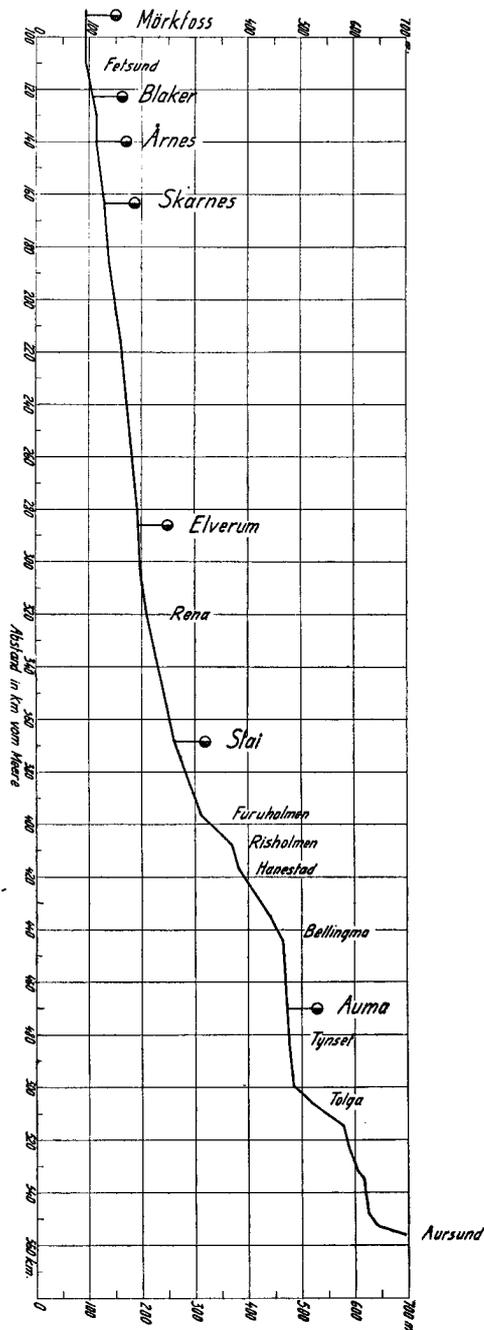


Fig. 2. Das Längenprofil der Glomma zwischen den Seen Aursund und Öyeren.

Schnee in den unteren Gebieten schon eine Zeit lang, sagen wir 10 bis 14 Tage, abschmilzt. Eine plötzliche, rasche Temperatursteigerung von  $2^{\circ}$  auf  $12^{\circ}$  im Laufe von beispielsweise 3 bis 4 Tagen wird schwerlich von den gewöhnlichen Schneemengen, die in diesem Hochgebirge vorkommen, so viel zum Abschmelzen bringen, dass der Boden nahezu schneefrei wird. In seltenen Fällen können so

grosse Schneemengen vorhanden sein, dass sogar eine verhältnismässig langsame, gleichmässige (erste oder erneute) Temperatursteigerung auf  $12^{\circ}$  nicht ausreicht, um den grössten Teil der Schneemengen im unteren Hochgebirge abzuschmelzen. Wieweit dies der Fall war, muss jeweils aus den in der gleichen Zeit bei den höchsten meteorologischen Stationen beobachteten Schneeverhältnissen erschlossen werden.

Wenn der Schnee im unteren Hochgebirge fast abgeschmolzen ist, z. B. auf  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{4}$  der ursprünglichen Schneedecke, werden der Umfang des Schneegebietes und damit die Menge des Schmelzwassers schnell abnehmen, und der Wasserstand wird sinken.

Dass die Temperaturverhältnisse auf Fokstua durchgängig sehr repräsentativ für die des ganzen süd-norwegischen Hochgebirges sind, zeigt die Übersicht, die wir nach der Behandlung der Hochwasserbeispiele bringen.

Unsere Aufgabe ist nun, die Zeitpunkte der verschiedenen Veränderungen in den Wasserstandskurven näher zu bestimmen.

*Tabellen:* Den Beispielen sind Tabellen beigefügt, in denen die in jedem Jahr vom 15. Februar bis zum vollständigen Abschmelzen fünftäglich gemessenen Schneetiefen bei verschiedenen hoch gelegenen meteorologischen Stationen in der Nähe des Hauptflusses oder der Nebenflüsse verzeichnet sind. Fettdruck der Zahlen besagt, dass der Boden noch ganz mit Schnee bedeckt ist. Gewöhnliche Zifferntypen deuten an, dass noch dreiviertel, Kursivdruck, dass noch die Hälfte, eingeklammerte Zahlen, dass nur mehr ein Viertel des Bodens schneebedeckt ist. Die Zahlen bedeuten Zentimeter.

Eine Übersicht über die mittleren Schneetiefen der Monate März und April in den Jahren 1927—1935 bei denselben Stationen bringt die Tabelle 3. Es sind Prozente der Schneetiefemittel 1916—1935 angegeben.

Darüber hinaus wird im Folgenden mehrfach auf die einzelnen Jahrbücher «Nedbøriakttagelser i Norge» (Niederschlagsbeobachtungen in Norwegen)<sup>1)</sup> und «Vannstandsakttagelser i Norge» (Wasserstandsbeobachtungen in Norwegen)<sup>2)</sup> verwiesen werden.

*Limnigrafenbeobachtungen:* Die Wasserstandsmessstellen Blaker und Langnes haben seit 1927

<sup>1)</sup> Nedbøriakttagelser i Norge. 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935.

<sup>2)</sup> Vannstandsakttagelser i Norge. 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935.

Tab. 3. Mittlere Schneetiefe in Prozenten der Schneetiefemittel 1916—35.

	März													April												
	Askim	Skedsmo	Nord-Odal	Rævholt	Finnskog	Ørbekke- dalen	Elverum	Øvre Rendal	Os i Østerdal	Brekkebygd	Bubakken i Kvikne	Foldal	Atnasjø	Askim	Skedsmo	Nord-Odal	Rævholt	Finnskog	Ørbekke- dalen	Elverum	Øvre Rendal	Os i Østerdal	Brekkebygd	Bubakken i Kvikne	Foldal	Atnasjø
1927	90	144	169	138	100	199	182	189	85	105	129	96	139	135	175	188	109	25	181	291	306	104	124	150	92	159
28	136	178	172	149	170	104	150	159	80	62	60	67	167	118	210	213	164	188	124	204	233	82	39	29	58	209
29	83	24	72	67	52	58	56	51	80	74	112	92	91	36	10	13	27	25	43	26	20	105	97	161	25	22
30	17	24	28	28	17	68	38	35	95	65	97	79	135	—	0	0	5	0	52	5	0	88	56	68	17	159
1931	243	187	217	179	230	144	158	159	85	83	44	79	154	309	285	313	268	400	176	235	233	99	109	86	133	197
32	7	4	6	5	0	55	36	8	122	142	120	12	43	0	0	6	5	13	69	5	13	130	161	139	8	75
33	70	53	67	44	22	69	54	68	84	74	66	67	72	9	0	0	0	0	45	13	20	70	85	29	0	6
34	33	62	97	92	35	111	78	76	109	149	94	133	63	0	45	62	77	13	112	83	67	113	152	100	183	72
35	27	13	47	62	17	109	92	70	90	79	160	179	87	55	20	50	68	13	135	170	73	92	100	218	317	131

bezw. 1929 Linnigrafen. Seit diesen Jahren sind die dortigen Wasserstände als Mittel aus den stündlichen Linnigrammablesungen berechnet worden.

*Die Beobachtungszeit:* Die Beobachter sollen die Wasserstandshöhe jeden Tag um 12 Uhr ablesen. Einzelne Abweichungen von dieser Uhrzeit werden wohl dann und wann vorkommen. Das kann sich in einzelnen kleineren Unregelmässigkeiten in den Wasserstandskurven ausgewirkt haben.

*Wochen-Regulierung:* Die meisten Kraftwerke an der Glomma nehmen wahrscheinlich einige Wochenregulierungen (Absperrungen an Feiertagen) vor. Dies gilt hauptsächlich für die Periode des niedrigsten Wasserstandes. Messstellen, bei denen hierdurch Unregelmässigkeiten auftreten können, sind: *Langnes* (Regulierung von Öyeren am Solbergwasserfall), *Blaker* (Regulierung der Wasserstauungen am Rånåsfall) und *Skarnes* (Regulierung der Wasserstauungen am Funnefall). Es ist möglich, dass auch andere, kleinere Kraftwerke an den Nebenflüssen solche Unregelmässigkeiten der Wasserführung verursachen. Angaben darüber fehlen jedoch.

*Eisstauung:* Treibeis und Eisstauungen können im ersten Teil des betrachteten Zeitabschnitts dazu geführt haben, dass der Wasserstand etwas zu hoch angegeben ist.

*Seenregulierung:* Die Seen Aursund und Ossjø werden seit 1923 bzw. 1918 im Allgemeinen während des Hochwassers, reguliert. Dadurch können einzelne Unregelmässigkeiten in den Wasserstandskurven auftreten.

### FRÜHLINGSHOCHWASSER — BEISPIELE

*Das Frühlingshochwasser 1927:* Die Lufttemperatur bei Fokstua war den ganzen Winter über bis zum 16. März 1927 niedriger als 2°. In den Tagen vom 17.—20. März waren die Lufttemperaturen um 14 Uhr 2.1°, 3.3°, 4.6° und 3.5°. Zwischen dem 20. März und dem 10. April fiel Schnee an nicht weniger als 12 Tagen. Von den Tagen mit Temperaturen von über 2° vor dem 10. April kann hier abgesehen werden.

Zunächst sind die Temperatur- und Niederschlagskurven von Fokstua mit der Wasserstandskurve von Auma in Fig. 3 zu vergleichen. (Hier sei noch einmal hervorgehoben, dass die Temperaturen auf den nächsten Tag verschoben sind. Wo also ein Datum für die Temperatur genannt wird, bedeutet es in Wirklichkeit den vorhergehenden Tag. Die Rechtecke der Niederschlagshöhen sind zwischen den Daten eingezeichnet, an welchen der Niederschlag gefallen ist.)

Die Wasserstandskurve von Auma zeigt ein langsames Absinken vom 10. April bis zum 3. Mai. Die Temperatur bei Fokstua hielt sich in diesem Zeitraum beständig unter 2°, mit Ausnahme des 14. April, an welchem Tage sie bis auf 2.2° anstieg. — Vom 3. zum 4. Mai zeigt der Wasserstand ein kleines Ansteigen um 7 cm, ohne dass jedoch die Temperatur 2° erreicht hätte. An diesen Tagen fielen grosse Schneemengen bei verhältnismässig hohen Temperaturen (—1.1° um 14 Uhr). Das Steigen des Wasserstandes kann daher durch Zufluss von Regenwasser aus Gebieten geringerer Meereshöhe als Fokstua verursacht worden sein. — Der

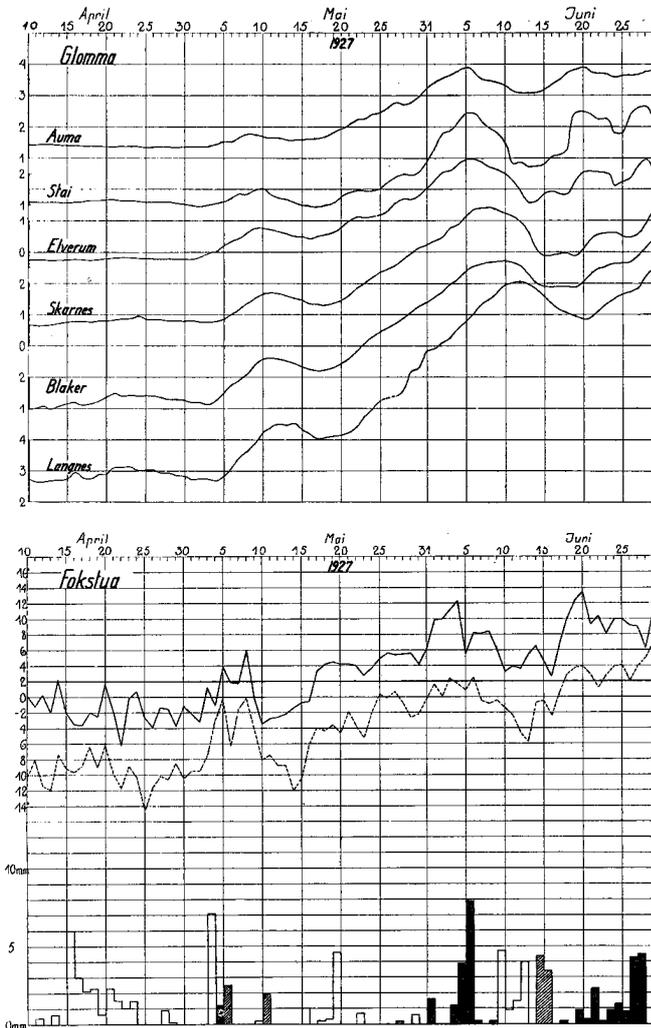


Fig. 3. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

Wasserstand steigt weiter bis zum 5. Mai. Die Lufttemperatur war auf  $3.9^{\circ}$  gestiegen. Am vorhergehenden Tag war ein wenig Regen gefallen. — Bis zum 6. Mai sank der Wasserstand um 1 cm. Die Temperatur war nahe der  $2^{\circ}$ -Grenze. Den ganzen Tag über fiel jedoch schneeuntermischter Regen. — Am 7. Mai ist ein Ansteigen des Wasserstandes um 16 cm zu verzeichnen. Die Temperatur war nur  $1.7^{\circ}$ . Hier werden sich die Niederschläge des Vortages ausgewirkt haben. — Ein weiteres Ansteigen des Wasserstandes um 11 cm erfolgt bis zum 8. Mai bei hoher Temperatur ( $6^{\circ}$ ). Niederschläge waren nicht aufgetreten.

Vom nächsten Tage an sinkt die Temperatur unter  $0^{\circ}$ . Diese Kälte dauert bis zum 17. Mai.

Es gibt in dieser Zeit etwas Niederschlag, teils Regen und Schnee, teils Schnee allein. Dem Temperaturfall entspricht sinkender Wasserstand, aber nur bis zum 14. Mai. Am 15., 16. und 17. Mai steigt der Wasserstand um je 2 cm. Es kann sein, dass in diesen Tagen aus einigen kleinen Seen südlich von Aursund Flösswasser abgelassen worden ist. (An der nächsten Wasserstandsmessstelle, Stai, wird erst am 18. Mai, also in guter Übereinstimmung mit der Temperaturentwicklung, ein Ansteigen verzeichnet.)

Vom 17. Mai ab ist die Lufttemperatur um 14 Uhr höher als  $2^{\circ}$ . Der Wasserstand steigt, von einigen wenigen Unterbrechungen abgesehen, bis zum 5. Juni. Ein gewisses Stagnieren wäre am 20. Mai wegen des Schneefalles zu erwarten gewesen. Aber es handelte sich hier wahrscheinlich um ein Mittelding zwischen Schnee und Regen. Die Temperatur war nämlich am Nachmittag, zur Zeit des stärksten Niederschlags,  $3-4^{\circ}$ . Ein schwaches Sinken des Wasserstandes trat, wie erwartet, am 23. Mai ein. Die Ursachen waren gesunkene Temperatur und schwacher Schneefall. — Ein weiterer schwacher Fall des Wasserstandes zeigt sich am 27. und 28. Mai. Das ist zum Teil dem Umstande zuzuschreiben, dass der Niederschlag dieser Tage zur Hauptsache als Schnee in gleicher Höhe wie Fokstua fiel. Die Niederschlagshöhe, die Fokstua verzeichnet, ist geringer als sie im Niederschlagsfelde tatsächlich war. — Der Niederschlag des 30. Mai war wahrscheinlich zum grossen Teil Regen. — Der höchste Wasserstand hätte der Temperaturkurve nach am 4. Juni eintreten sollen. Die Wasserstandskurve zeigt diese Kulmination aber erst am 5. Juni. Es ist jedoch durchaus möglich, dass das wirkliche Maximum bereits am 4. Juni erreicht worden ist; denn der Wasserstand kann ja nach der Messung um 12 Uhr am Nachmittag beträchtlich gestiegen sein. Die Temperatur war an diesem 4. Juni höher als  $12^{\circ}$ . Aller Erfahrung nach (wie sie die Beispiele wiedergeben) sollte damit die Kulmination des Frühlingshochwassers gegeben sein. Das trifft in diesem Fall zu. — Das Steigen des Wasserstandes ab 15. Juni ist hauptsächlich durch das Abschmelzen des vom 9.—13. Juni neugefallenen Schnees verursacht. Der Höhepunkt fällt hier auf den 20. Juni. — Die weiteren Maxima sind auf Regenwetter zurückzuführen.

Zu beachten ist, dass die Minimumtemperaturen seit dem 17. Mai hoch lagen.

Tab. 4. Fünftäglich gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfaldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Bu- bakken i Kvikne	Foldal	Atnasjø
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	690	723	739
1927																
15. Febr. ...	(5)	43	10	38	36	29	113	68	65	59	34	55	100	46	23	54
20. Febr. ...	10	50	15	50	45	30	120	81	66	55	32	57	100	48	24	54
25. Febr. ...	55	64	25	56	64	33	150	80	78	72	44	61	105	48	23	63
28. Febr. ...	65	70	35	71	70	44	156	91	88	73	44	66	105	48	25	62
5. März ...	34	67	33	62	61	37	162	96	90	75	48	70	100	50	27	67
10. März ...	14	64	25	60	56	25	189	88	85	70	50	68	100	47	25	69
15. März ...	10	60	22	55	56	24	173	85	82	68	49	66	90	48	23	68
20. März ...	(5)	58	18	54	49	14	148	80	79	67	49	67	80	43	21	57
25. März ...	52	66	32	75	50	16	145	104	86	74	58	74	80	38	22	64
31. März ...	50	69	23	60	45	11	132	100	77	64	49	74	70	38	19	54
5. April ...	35	62	14	50	37	7	114	90	72	61	49	72	70	39	17	56
10. April ...	18	57	9	46	31	1	107	79	68	57	48	71	65	37	14	53
15. April ...	(12)	42	(0)	35	30	0	103	70	59	48	46	71	65	40	11	54
20. April ...	(5)	16	(0)	20	17	0	96	58	43	41	46	85	110	42	9	51
25. April ...	(3)	9	3	5	6	0	98	40	33	30	44	85	110	46	5	46
30. April ...	—	10	0	6	5	0	103	35	30	21	54	87	100	44	4	43
5. Mai ...	—	—	—	(0)	0	0	87	22	13	5	30	80	90	35	0	35
10. Mai ...	—	—	—	—	0	(0)	70	(5)	0	(0)	13	71	80	32	—	28
15. Mai ...	—	—	—	—	0	(0)	54	—	0	(0)	12	70	60	34	—	24
20. Mai ...	—	—	—	—	(0)	(0)	39	—	(0)	(0)	0	56	10	20	—	18
25. Mai ...	—	—	—	—	(0)	(0)	19	—	(0)	(0)	0	45	0	0	—	0
31. Mai ...	—	—	—	—	—	(0)	(3)	—	(0)	(0)	(0)	20	0	(0)	—	0
5. Juni ...	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	(0)	0	0	—	—	—
10. Juni ...	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	(0)	0	0	—	—	—
15. Juni ...	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	—	(0)	(0)	—	—	—
20. Juni ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—
25. Juni ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—
30. Juni ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Nun sind noch die Wasserstandskurven der südlicher gelegenen Messstellen mit derjenigen von Auma zu vergleichen. Man sieht sofort, dass der Kurvenverlauf der gleiche ist. Bei Stai sind die Schwankungen grösser als bei Auma, und die Veränderungen treten meist einen Tag später ein. Die Wasserstandskurve von Elverum ist der von Stai sehr ähnlich. Bei Elverum macht sich indessen das erste Abschmelzen ein paar Tage früher geltend. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einige kleine Nebenflüsse Schmelzwasser aus niedriger gelegenen Gebieten geliefert haben. — In den Wasserstandskurven für Skarnes und Blaker sind die kleineren Unebenheiten ausgeglättet worden. Die Kulminationen treten bei Skarnes durchgängig drei Tage später ein als bei Auma, bei Langnes 6—7 Tage später.

Die Wasserstände bei Blaker und Langnes sind auch von den Wassermengen des Gudbrands-

dalslägen und der Vormä abhängig. Die Abschmelzverhaltnisse innerhalb des Niederschlagsfeldes dieser Flüsse scheinen viele Züge mit den für die Glomma beschriebenen Verhältnissen gemeinsam zu haben.

Aus Tabelle 4 (fünftäglich gemessene Schneetiefen) ist zu ersehen, dass der Schnee in der Niederung bis zum 5. Mai nahezu vollständig abgeschmolzen war. Die Schneemengen im März und April lagen hier durchgängig weit über der Norm (s. Tab. 3).

Weiterhin lässt die Tabelle erkennen, dass das Abschmelzen an den höchstgelegenen meteorologischen Stationen durchweg schon zwischen dem 20. April und dem 5. Mai angefangen hat. Hier waren die Schneemengen überall etwas grösser als normal.

*Das Frühlingshochwasser 1928:* Vor dem 10. April wiesen ein Tag im März mit 3.1° und der 3., 8. und 9. April mit 2.1°, 5.5° und 4.3° um 14 Uhr höhere Lufttemperaturen als 2° auf. Diese Tage

bleiben in der Kurve unberücksichtigt. Der Wasserstand bei Auma fällt in den ersten 10 Apriltagen mit zwei Ausnahmen: am 4. hält er sich auf gleicher Höhe wie am Vortage, am 9. steigt er um 1 cm.

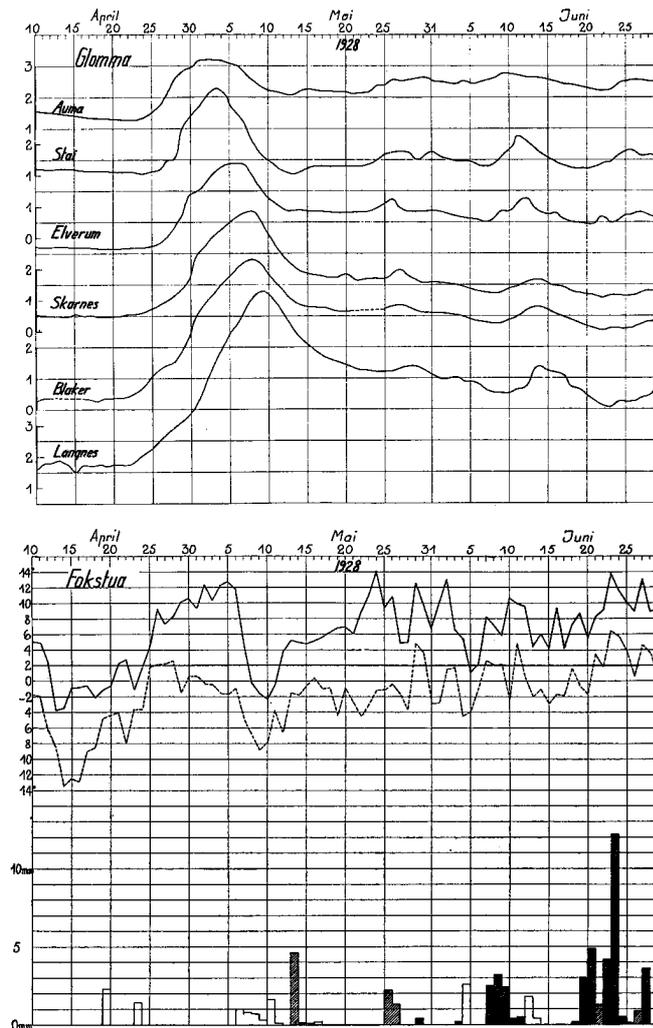


Fig. 4. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

Am 21. und 22. April waren die Lufttemperaturen bei Fokstua um 14 Uhr  $2.2^{\circ}$  bzw.  $2.7^{\circ}$ . Der Wasserstand bei Auma stieg an diesen Tagen nicht und war auch am 23. unverändert, hob sich aber am folgenden Tag um 5 cm. Hier kann es sich um eine etwas verzögerte Auswirkung schwachen Abschmelzens an den beiden erstgenannten Tagen handeln, da die Geschwindigkeit des Wassers für kleine Wassermengen klein ist.

Vom 25. April ab gehen Temperaturanstieg

und steigender Wasserstand deutlich miteinander einher. Den höchsten Wasserstand haben wir am 3. Mai, doch war er vom 1. bis 4. Mai fast unverändert. Während nun die Temperatur in den folgenden Tagen weiterhin ansteigt, beginnt der Wasserstand zu sinken. Dies hängt damit zusammen, dass die Temperatur schon am 2. Mai  $12.3^{\circ}$  erreicht und damit den Punkt überschritten hatte, dem, wie schon beim vorigen Beispiel erwähnt, die Kulmination des Frühlingshochwassers im Allgemeinen zuzuordnen ist.

Hier haben wir ein Beispiel für den Fall, dass das Abschmelzen während des Hochwassers fast ohne Unterbrechung vor sich geht. Es gab in dieser Periode keine Niederschläge.

Die späteren, geringeren Wasserstandserhöhungen sind teils auf starken Temperaturanstieg, teils auf Niederschlag in Form von Regen oder mitunter auch von Schnee, der sehr rasch abschmilzt, zurückzuführen.

Bei Stai kulminierte das Frühlingshochwasser an demselben Tage wie bei Auma, bei Elverum drei Tage, bei Skarnes und Blaker fünf Tage und bei Langnes sechs Tage später.

Ebenso wie im vorigen Beispiel zeigt sich hier ein Ansteigen des Wasserstandes bei Elverum und südlich davon schon ein paar Tage früher als bei den weiter flussaufwärts gelegenen Messstellen, vor dem Abschmelzen im Hochgebirge.

Das Abschmelzen in der Niederung scheint nach Tabelle 5 in den ersten Apriltagen angefangen zu haben. Der Boden ist hier zu Beginn der Schneeschmelze im Hochgebirge schon durchweg schneefrei. Das Abströmen des Schmelzwassers aus diesen Gegenden wirkt sich in einem Steigen des Wasserstandes bei Langnes um etwa 1 m aus.

In der Niederung machten die Schneemengen im März und April dieses Jahres etwa 150 bis 200 Prozent der normalen Mengen aus. Im Hochgebirge gab es, nach den Angaben der höchstgelegenen meteorologischen Stationen, durchweg wenig Schnee. Längs der Atna lagen übernormale Schneemengen, im übrigen aber verzeichnen die erwähnten Stationen zwischen 30 und 80 Prozent der normalen Mengen (s. Tab. 3).

*Das Frühlingshochwasser 1929:* Im März lag die Lufttemperatur bei Fokstua mehrmals über  $2^{\circ}$ , so in den Tagen vom 11.—13. und vom 22.—30. März. Am 1. April war sie  $4.1^{\circ}$ . Die Maximumtemperatur im März war  $5.8^{\circ}$ .

Tab. 5. Fünftäglich gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfaldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Bu- bakken i Kvikne	Foldal	Atnasjø
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	690	723	739
1928																
15. Febr. ...	45	70	36	56	52	34	86	84	70	59	41	67	50	20	16	72
20. Febr. ...	59	83	45	65	64	44	96	95	86	70	55	78	50	21	20	86
25. Febr. ...	58	80	43	65	65	42	91	90	78	66	51	72	55	22	20	83
29. Febr. ...	56	79	42	65	63	42	90	84	77	60	50	70	55	21	19	80
5. März ....	51	79	42	65	60	42	88	78	72	59	50	67	50	20	17	76
10. März ....	43	80	48	65	61	43	86	75	70	60	49	66	55	26	18	78
15. März ....	38	80	46	64	59	42	84	75	68	59	47	66	55	25	17	77
20. März ....	35	80	42	62	57	38	81	74	65	59	44	65	50	22	15	76
25. März ....	33	75	38	58	52	33	80	70	63	58	43	63	50	16	14	75
31. März ....	42	81	42	59	60	41	90	74	66	55	44	64	40	15	13	78
5. April ....	30	78	39	57	60	33	104	68	62	55	49	69	40	17	14	83
10. April ....	14	50	26	45	50	20	80	60	50	42	37	69	40	10	11	70
15. April ....	(7)	42	16	35	40	16	73	50	42	36	36	68	30	7	7	66
20. April ....	(6)	34	3	28	34	6	70	42	37	32	33	67	20	5	5	70
25. April ....	—	15	—	18	0	0	48	25	20	17	23	59	10	0	0	55
30. April ....	—	—	—	(0)	0	0	30	(3)	0	0	0	25	0	(0)	—	32
5. Mai .....	—	—	—	—	—	0	8	—	—	—	(0)	0	0	—	—	0
10. Mai .....	—	—	—	—	—	(0)	(1)	—	—	—	—	1	2	—	—	(0)
15. Mai .....	—	—	—	—	—	(0)	(0)	—	—	—	—	—	(0)	—	—	(0)
20. Mai .....	—	—	—	—	—	(0)	(0)	—	—	—	—	—	(0)	—	—	(0)
25. Mai .....	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31. Mai .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5. Juni ....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	—	—	—
10. Juni ....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Dass diese Temperatursteigerungen sich durchweg auch in erhöhtem Wasserstand auswirkten, zeigen die entsprechenden Angaben über die Nebenflüsse der Glomma in «Vannstandsiakttagelser i Norge» 1929.

Die 14-Uhr-Temperaturkurve für Fokstua hat in den Tagen zwischen dem 10. und dem 20. April zwei Gipfel über der 2°-Grenze. Die Wasserstandskurve von Auma lässt jedoch ein dem ersten Temperaturgipfel entsprechendes Ansteigen vermissen. Dagegen zeigen die Beobachtungen (a.a.O.) für den Nebenfluss Tunna (der oberhalb Aumas in die Glomma mündet), dass der Wasserstand hier in diesen Tagen zwei Wellen aufweist — die sich übrigens auch bei Stai und Elverum deutlich abheben.

Das eigentliche Frühlingshochwasser beginnt mit der am 5. Mai einsetzenden Wärmeperiode. (Hier wird davon abgesehen, dass der Wasserstand bei Auma schon am 4. Mai um 1 cm anstieg.) Solange die Temperatur gleichmässig ansteigt — bis zum 9. Mai — steigt auch der Wasserstand. Der Temperaturerniedrigung und dem Schneefall am 10. Mai entspricht ein Sinken des Wasserstandes bei Elverum

am 11. Mai, bei Stai jedoch seltsamerweise erst am 12. Bei Auma zeigt sich nur weniger steiles Ansteigen, kein Sinken. — Vom 12.—16. Mai geht die Kurve dann wieder steil aufwärts. Das dürfte dadurch verursacht sein, dass im Hochgebirge Regen und Tauwetter herrschen.

Auffällig ist, dass der Wasserstand schon am 16. Mai kulminiert, obwohl die Temperatur sowohl am 17. als auch am 18. und 19. Mai höher liegt als früher. Dies muss dadurch erklärt werden, dass in diesen letzten Tagen nur Schmelzwasser, nicht auch Regenwasser zugeführt wurde. — Das Sinken des Wasserstandes am 20. und 21. Mai ist eine natürliche Folge des Temperaturrückganges und der Niederschläge, die teils als Schnee, teils als Regen und Schnee fielen. Mit dem Abschmelzen des Schnees am nächsten Tag und dem erneuten, raschen Ansteigen der Temperatur ergibt sich eine steile Aufwärtsbewegung der Wasserstandskurve. Am 24. Mai überschreitet die Temperatur die 12°-Grenze und die Kulmination des Wasserstandes bei Stai wäre also für den nächsten Tag zu erwarten.

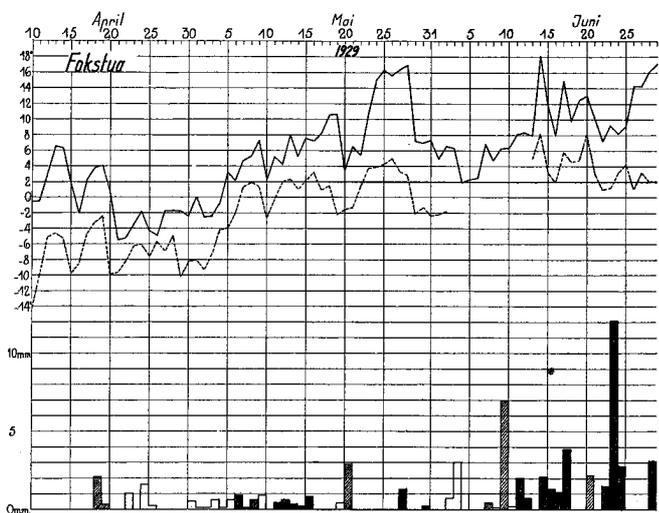
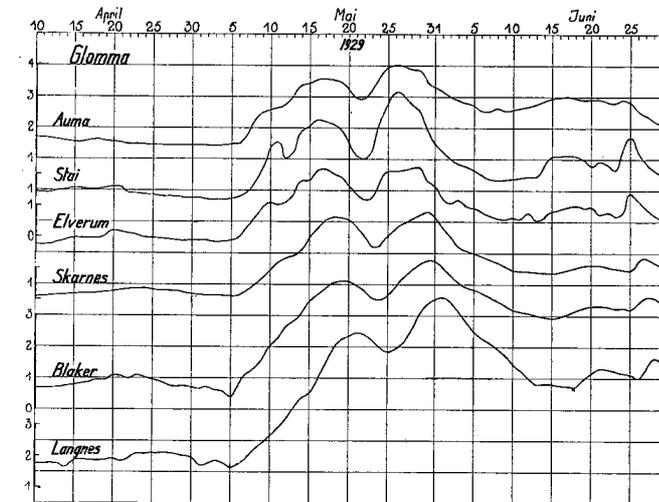


Fig. 5. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

Die Kurve zeigt aber, dass die grösste Höhe sowohl bei Auma als auch bei Stai erst am 26. Mai erreicht wird. Das wirkliche Maximum kann freilich schon am Nachmittag des 25. eingetreten sein: die Kurve verzeichnet ja jeweils nur die eine Tagesbeobachtung um 12 Uhr. Es ist auch möglich, dass aus dem See Aursund Wasser abgelassen worden ist.

Das spätere, geringere Steigen des Wasserstandes ist leicht als Folge der Niederschläge und Temperatursteigerungen zu erklären.

In diesem Jahre waren die Schneemengen des März und April in der Niederung sowohl als auch bei den höchstgelegenen meteorologischen Stationen klein (Tab. 3). Eine Ausnahme bilden die Gegenden nördlich des Nebenflusses Tunna. Dort fanden

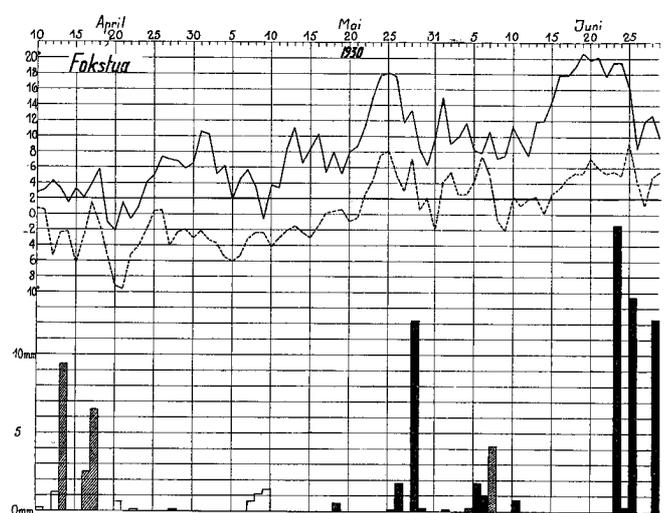
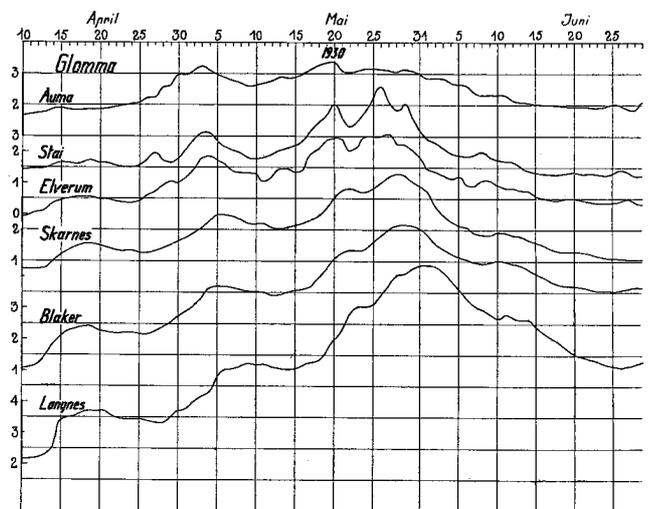


Fig. 6. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

sich normale oder auch übernormale Schneemengen. Das Abschmelzen fand in der Niederung wesentlich im März statt (Tab. 6). Zu beachten ist, dass die mittleren Schneetiefen im Februar hier ziemlich gross waren.

Aus den Wasserstandstabellen geht hervor, dass bei Langnes das Abschmelzen in der Niederung ein Ansteigen um etwa 35 cm, die Schneeschmelze im Hochgebirge aber ein weiteres Steigen um 5 Meter bewirkte.

*Das Frühlingshochwasser 1930:* Die Lufttemperatur auf Fokstua war über  $2^{\circ}$  am 2. und 3. März und am 8. und 9. April. In unserer Kurve ist ihre Bewegung erst ab 10. April verzeichnet. Die veröffentlichten Wasserstandsbeobachtungen lassen er-

Tab. 6. Fünftägig gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfaldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Vaul- dalen	Bu- bakken i Kvikne	Foldal	Atnasjo
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	840	690	723	739
1929																	
15. Febr.	49	26	23	30	32	18	47	34	22	26	29	48	38	50	30	25	59
20. Febr.	52	24	23	30	31	20	46	31	21	25	28	48	38	48	30	24	54
25. Febr.	57	32	32	45	42	29	56	46	30	30	28	57	40	50	40	33	63
28. Febr.	57	29	30	41	40	27	56	43	29	29	28	59	42	54	40	32	62
5. März	54	24	28	39	37	25	56	40	27	29	35	66	50	57	51	36	75
10. März	30	22	25	35	35	24	60	35	19	34	36	76	70	65	52	33	53
15. März	20	8	12	27	31	15	56	31	0	20	9	62	65	60	35	23	41
20. März	13	(1)	9	23	24	0	49	25	0	14	9	62	65	56	35	19	31
25. März	8	—	(0)	18	15	0	33	15	0	9	8	62	62	58	30	13	29
31. März	(4)	—	—	—	5	5	25	(10)	4	8	14	78	55	47	44	8	15
5. April	15	6	4	5	11	4	30	15	6	9	19	89	58	51	50	11	18
10. April	1	—	1	1	7	2	29	10	(0)	0	10	91	67	62	52	3	11
15. April	—	—	—	—	0	(0)	21	—	(0)	(0)	0	72	67	48	42	0	0
20. April	—	—	0	4	7	3	22	—	0	0	0	71	67	46	40	(0)	0
25. April	6	—	0	—	8	2	25	3	1	0	2	78	70	55	41	2	0
30. April	—	—	—	—	4	—	20	—	(0)	(0)	0	75	60	50	42	—	0
5. Mai	—	—	5	(0)	14	0*	19	—	—	—	0	77	60	50	38	—	—
10. Mai	—	—	—	—	(0)	(0)	(0)	—	—	—	0	52	50	31	10	—	—
15. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	(0)	30	25	11	0*	—	—
20. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	—	20	2	9	(0)	—	—
25. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	6	(0)	—	—
31. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	(0)	—	—	—
5. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	(0)	—	—	—
10. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—
15. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

kennen, dass bei Stai das Minimum des Wasserstandes im April auf den 7. dieses Monats fiel. In den folgenden Tagen beginnt ein vorerst langsamer Anstieg, der bis zum 15. April dauert. — Die Kurvenstrecke vom 17. bis zum 24. April zeigt ein Steigen des Wasserstandes bei Auma, und zwar nur hier, in schroffem Gegensatz zu den Temperaturverhältnissen auf Fokstua. Diese Erscheinung ist auf Eisstauungen zurückzuführen. Bei Stai dagegen folgt der Wasserstand durchaus der Temperaturbewegung. Er kulminiert hier am 19. April, entsprechend der hohen Temperatur am 18. und den Niederschlägen von Regen und nassem Schnee. — Vom 19. bis zum 23. April hält sich die Temperatur bei Fokstua unter 2°, hebt sich aber dann am nächsten Tage auf 4.1°. Der Wasserstand bei Stai beginnt denn auch am 25. April erneut zu steigen. Er sinkt am 28. und 29., höchstwahrscheinlich infolge des schwachen Temperaturfalls dieser Tage. An den zwei vorhergehenden Tagen war die Temperatur fast gleich hoch.

Eine Kulmination des Wasserstandes bei Auma wäre wegen des Temperaturfalls am 2. Mai zu erwarten gewesen. Sie tritt aber hier wie bei Stai erst am 3. ein. In Wahrheit dürfte sie für Auma zwischen den Ablesungsterminen des 2. und 3. Mai liegen.

Abschmelzender Neuschnee lässt den Wasserstand am 10. Mai von Neuem steigen. — Bemerkenswert ist, dass der Temperaturfall am 14. ein schwaches Sinken des Wasserstandes bei Auma zur Folge hat. — Für den 17. und 18. Mai war geringere Wasserzufuhr als an den vorhergehenden Tagen zu erwarten. Wahrscheinlich hat die hohe Minimumtemperatur eine Rolle gespielt. — Nach der Kulmination am 20. Mai sinkt der Wasserstand an den beiden folgenden Tagen. Hier muss sich die Temperatur des 20. und 21. Mai ausgewirkt haben. Angesichts der sodann lange gleichbleibenden Temperatur ist der Schluss berechtigt, dass das Abschmelzen in den unteren Teilen des Hochgebirges weit vorgeschritten war.

Tab. 7. Fünftägig gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfaldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Vaul- dalen	Bu- bakken i Kvikne	Foldal	Atnasjo
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	840	690	723	739
1930																	
15. Febr.	18	20	14	17	15	7	50	20	15	13	22	68	38	22	41	29	61
20. Febr.	15	19	13	17	15	10	50	20	15	12	22	67	38	24	40	28	61
25. Febr.	15	19	13	17	14	10	50	19	15	11	22	67	38	23	39	27	63
28. Febr.	15	19	13	17	14	9	50	17	15	10	22	67	38	22	38	25	63
5. März	8	19	13	17	13	8	50	15	15	10	17	65	40	20	35	22	63
10. März	(4)	7	(0)	7	7	2	49	21	16	11	16	74	56	29	35	20	60
15. März	—	6	(0)	5	7	1	49	19	15	9	15	75	53	24	30	19	58
20. März	11	18	8	14	13	7	60	24	19	9	17	79	54	24	30	18	58
25. März	(5)	5	2	5	13	3	65	18	25	20	36	79	60	28	41	19	67
31. März	—	—	—	2	10	1	60	11	15	9	24	83	62	20	30	13	62
5. April	—	—	—	(0)	0	—	48	5	2	0	17	75	55	12	29	7	61
10. April	—	—	—	—	(0)	—	36	—	0	(0)	6	67	47	11	24	0	53
15. April	—	—	—	—	(0)	—	29	—	—	(0)	0	74	50	16	25	4	62
20. April	—	—	—	—	—	—	25	—	—	(0)	0	70	40	14	15	0	52
25. April	—	—	—	—	—	—	17	—	—	(0)	0	60	0	15	10	(0)	44
30. April	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	(0)	(0)	30	0	7	0	—	14
5. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	(0)	0	(0)	6	(0)	—	0
10. Mai	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	(0)	0	—	5	1	6	0
15. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	—	0	—	4	—	—	0
20. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	2	—	—	(0)
25. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	(0)
31. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Eine Kulmination des Wasserstandes bei Stai hätte der Temperaturhöhe entsprechend der 24. Mai bringen sollen. Sie tritt aber erst am 26. ein. Grosse Regenmengen im Hochgebirge am 24. und 25. sind die Ursache. Fokstua freilich verzeichnet in diesen Tagen nur ganz unbedeutende Regenfälle.

Die nachfolgenden Gipfel der Wasserstandskurven sind auf Regen, seltener auch auf Regen und Schnee im Hochgebirge zurückzuführen. Die grosse Niederschlagsmenge, welche Fokstua für den 24. Juni angibt, ist nur eine Lokalerscheinung.

Ein Vergleich der zusammengehörigen Kulminationszeiten zeigt, dass der Wasserstand bei Skarnes zwei Tage, bei Blaker drei Tage und bei Langnes sechs Tage später als bei Stai seinen jeweiligen Höhepunkt erreicht.

Die Schneemengen im März und April waren diesmal sehr gering (Tab. 3). In der Niederung beliefen sie sich auf weniger als 40 Prozent der Norm, bei den hochliegenden meteorologischen Stationen durchweg auf 60 bis 95 Prozent. Eine Ausnahme bilden die Schneemengen längs der Atna. — In den südlichsten Gebieten der Niederung war der Boden schon Ende März schneefrei.

Der Wasserstand bei Langnes steigt um etwa 30 cm infolge des Abschmelzens in der Niederung und um weitere 6.35 m durch den Zustrom des Schmelzwassers aus dem Hochgebirge.

*Das Frühlingshochwasser 1931:* Lufttemperaturen von über 2° mit einem Maximum von 4.8° wurden in den Messungen um 14 Uhr bei Fokstua bereits am 21., 22., 23. und 27. März festgestellt. Diese Tage bleiben aber im Folgenden unberücksichtigt.

Am 13. April um 14 Uhr ist die Lufttemperatur 3.3°, und der Wasserstand bei Auma steigt um 1 cm. — Aus der neuerlichen Temperaturerhöhung über 2° ergibt sich am 26. April erwartungsgemäss ein Steigen des Wasserstandes bei Auma. — Bei dem Schneefall des 1. und 2. Mai muss es sich um sehr nassen Schnee gehandelt haben. — Am 8. Mai fallen Kulmination der Temperatur und des Wasserstandes zusammen. — Der nächste Höhepunkt des Wasserstandes wird nicht, wie zu erwarten stand, am 18. Mai, sondern erst am folgenden Tage erreicht. — Die nächste Welle beginnt am 23. Mai bei verhältnismässig niedriger Temperatur nach Regenfällen im Hochgebirge am 23. und 24., die

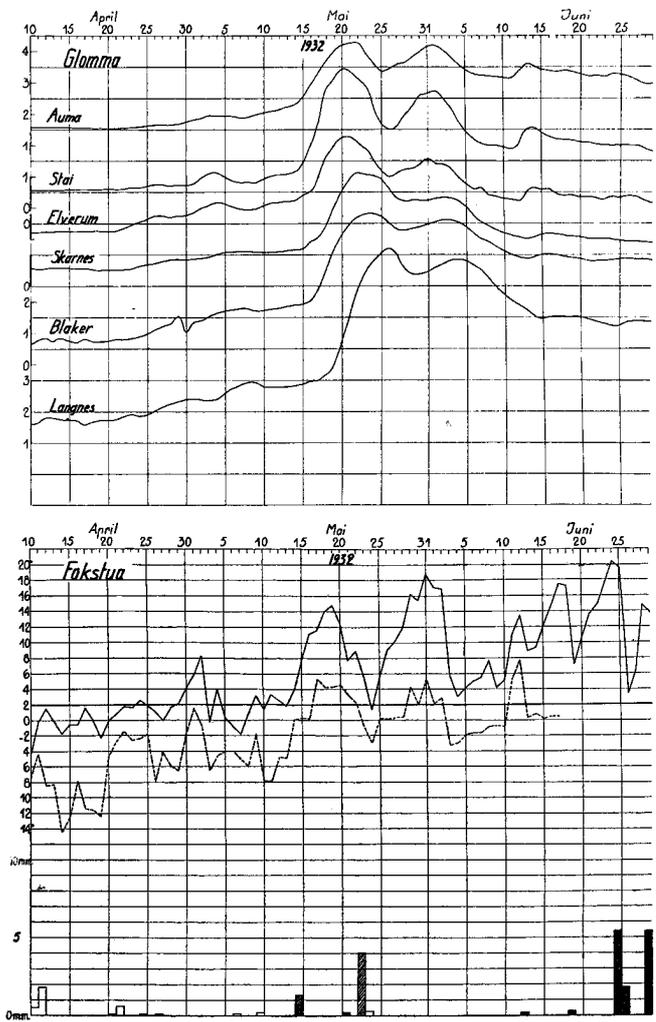
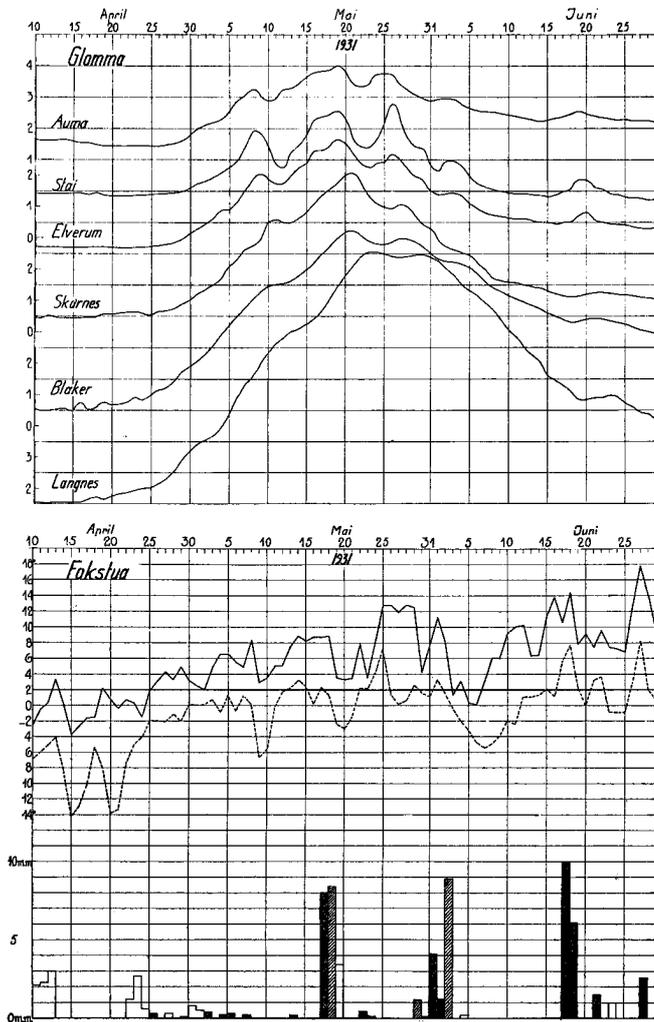


Fig. 7. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

Fig. 8. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

etwas stärker waren als die Niederschlagshöhen von Fokstua zeigen. — Am 25. Mai hat die Temperatur  $12^{\circ}$  überschritten, und es tritt denn auch die Kulmination des Wasserstandes bei Auma am gleichen, bei Stai am nächsten Tage ein.

Dieser letzte Gipfel liegt nicht bei Auma, wohl aber bei Stai über dem vorigen. Die Mehrzufuhr an Wasser stammt aus dem höhergelegenen Niederschlagsfeld zwischen den beiden Messstellen.

Die nachfolgenden, kleineren Kurvengipfel sind durch neue Niederschläge im Hochgebirge verursacht.

Die Kulminationen bei Stai und Elverum folgen denen bei Auma am gleichen oder am nächsten Tage, die bei Skarnes und Blaker nach zwei und die bei Langnes nach vier oder fünf Tagen.

Die Niederung hatte in diesem Winter sehr grosse Schneemengen aufzuweisen, die in den südlichsten Gebieten im April durchweg 300—400 % des Normalen erreichten. Bei den höchstgelegenen meteorologischen Stationen mit Ausnahme von Atlasjö waren die Schneemengen dieses Monats fast normal (s. Tab. 3).

Das Abschmelzen in der Niederung geht dem im Hochgebirge unmittelbar voraus (Tab. 8). Es lässt sich daher nicht ausmachen, wieviel das Schmelzwasser aus der Niederung zum Steigen des Wasserstandes bei der südlichsten Messstelle, Langnes, beigetragen hat. Wahrscheinlich handelt es sich um 2 Meter.

*Das Frühlingshochwasser 1932:* Von fünf Tagen im Januar und einem Tag im Februar abgesehen

Tab. 8. Fünftäglich gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfoldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Vaul- dalen	Bu- bakken i Kvikne	Foldal	Atnasjø
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	840	690	723	739
1931																	
15. Febr.	67	103	61	80	85	61	134	85	80	71	61	64	61	48	10	18	62
20. Febr.	70	98	58	79	85	55	140	87	85	66	58	70	60	42	10	19	62
25. Febr.	83	99	63	83	85	59	149	90	86	65	60	67	64	40	10	19	75
28. Febr.	86	102	67	79	83	58	144	95	83	63	60	75	73	50	14	19	75
5. März	83	97	65	75	76	56	132	85	80	64	59	72	70	52	13	19	75
10. März	76	85	57	75	72	56	126	83	73	62	58	71	65	49	12	20	73
15. März	90	85	56	85	77	60	122	80	66	62	61	73	70	50	23	21	70
20. März	77	83	56	83	70	53	108	75	65	59	58	69	65	47	19	20	70
25. März	58	75	52	77	60	44	99	75	55	57	54	68	68	48	15	18	68
31. März	40	70	47	68	57	37	98	61	50	51	54	67	68	50	21	17	66
5. April	35	65	44	63	57	34	99	62	54	46	53	66	68	47	21	15	64
10. April	38	65	40	52	59	37	101	60	56	41	55	74	74	51	22	15	71
15. April	44	70	44	60	77	47	126	56	58	50	68	85	76	55	30	20	68
20. April	40	58	39	45	64	33	104	50	48	33	55	79	74	53	27	16	62
25. April	26	52	34	37	62	23	101	54	43	20	54	80	75	50	30	19	61
30. April	(10)	13	0	20	20	7	74	36	10	0	32	62	55	35	0	6	42
5. Mai	—	—	—	0	0	0	40	20	0	—	5	46	50	19	0	0	36
10. Mai	—	—	—	—	0	(0)	16	—	(0)	—	0	25	40	11	(0)	—	6
15. Mai	—	—	—	—	—	(0)	0	—	—	—	0	0	30	8	(0)	—	0
20. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	(0)	0	(0)	4	—	—	0
25. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	—	(0)	—	(0)	—	—	(0)
31. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—
5. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	—	4	—	—	—
10. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

war die Lufttemperatur um 14 Uhr auf Fokstua bis zum 24. April niedriger als 2°. Das Temperaturmaximum war im Januar 6.6° und im Februar 2.3°.

Der Wasserstand bei Auma beginnt vom 22. April an schwach zu steigen. Die Temperatur auf Fokstua ist vom 22. bis zum 25. April fast 2°. Sie fällt am 26. und 27., und der Wasserstand hört zu steigen auf. — Mit dem raschen Temperaturanstieg vom 29. April zum 2. Mai geht eine stärkere Erhöhung des Wasserstandes mit Kulmination am 3., anstatt wie erwartet am 2. Mai einher. (Möglicherweise ist die Temperatur am 3. mit 5° falsch abgelesen worden.) — Ein neues Steigen des Wasserstandes infolge abschmelzenden Neuschnees erfolgt statt am 9. schon am 8. Mai, trotzdem die Temperatur auf Fokstua niedriger als 2° ist. (Die Niederschlagshöhen im Hochgebirge waren übrigens durchweg grösser als die Angaben von Fokstua zum Ausdruck bringen.) Bei den andern Messstellen scheinen dagegen die Wasserstände der Temperatur zu folgen. — Ab 14. Mai steigen Temperatur und Wasserstand rasch an. Am 18. Mai misst Fokstua

mehr als 12°. Auma aber verzeichnet die Kulmination des Wasserstandes erst am 22., später als die südlicher liegenden Messstellen. Bei Stai z. B. ist der Höhepunkt am 20. Mai, also einer Kulmination bei Auma am 19. entsprechend, erreicht.

Ein neues Ansteigen des Wasserstandes wäre mit dem Abschmelzen des neu gefallenen Schnees am 25. Mai zu erwarten gewesen. Es beginnt aber erst am 26. — Dieses Beispiel ist übrigens bemerkenswert dadurch, dass mit wiederholtem Anstieg der Temperatur zur 12°-Grenze wiederholte beträchtliche Steigerungen des Wasserstandes einhergehen. Die Schneemengen oberhalb Aumas waren nämlich in diesem Winter durchweg gross, so dass nach der ersten Tauwetterperiode noch grosse Abschmelzmöglichkeiten verblieben. — Der Wasserstand kulminiert diesmal bei Auma, nachdem die Temperatur kulminiert hat, während an den südlicheren Messstellen die Tendenz zu früherer Kulmination hervortritt, nämlich im Anschluss an das Ansteigen der Temperatur über 12°. — Die Abweichung in

Tab. 9. Fünftägig gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfaldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Vaul- dalen	Bu- bakken i Kvikne	Foldal	Atnasjø
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	840	690	723	739
1932																	
15. Febr.	10	4	4	6	0	0	38	15	3	10	8	86	105*	55	30	3	15
20. Febr.	5	—	(0)	4	0	1	38	12	3	11	13	93	110*	54	36	4	15
25. Febr.	5	3	2	4	3	4	42	16	5	11	18	96	115*	60	40	3	16
29. Febr.	—	—	—	—	0	—	38	10	0	4	14	94	115	53	40	2	15
5. März	—	—	—	—	—	—	38	8	0	4	14	94	115	49	40	2	15
10. März	13	5	7	10	10	0	47	35	12	3	18	95	110	50	37	3	32
15. März	6	3	0	—	4	0	50	30	0	6	22	104	115	52	47	5	20
20. März	(6)	—	—	—	0	(0)	47	15	0	4	27	102	120	57	45	4	20
25. März	—	—	—	—	(0)	(0)	45	8	0	2	24	101	120	54	45	3	19
31. März	—	—	—	—	—	(0)	35	(3)	0	0	19	101	110	46	38	2	21
5. April	—	—	—	—	—	(0)	35	—	0	0	18	98	110	43	38	1	19
10. April	5	5	2	8	5	9	50	2	8	3	22	99	110	50	40	3	28
15. April	—	—	—	—	—	(0)	48	—	0	0	24	100	110	59	40	0	33
20. April	—	—	—	—	4	1	35	—	0	3	19	99	110	54	39	0	23
25. April	—	—	—	—	—	(0)	35	—	(0)	0	12	94	110	50	38	(0)	16
30. April	—	—	—	—	—	(0)	20	—	(0)	0	0	94	100	48	37	—	15
5. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	82	90	42	25	—	0
10. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	0	77	90	40	10	—	0
15. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	0	64	80	30	0	—	0
20. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	27	0	14	(0)	—	(0)
25. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	14	0	20	(0)	—	(0)
31. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	8	—	—	(0)
5. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	2	7	16	—	—	—
10. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	(0)	6	—	—	—
15. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
20. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—
25. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—
30. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

der Wasserstandskurve wird durch stärkeres Ablassen des Wassers von Aursund bewirkt.

Die Wasserstandserhöhung am 12. und 13. Juni ist ohne Zweifel durch ein Restabschmelzen verursacht worden. (Niederschläge fielen im Hochgebirge am 8. und 9. Juni.)

Wie schon bemerkt, waren die Schneemengen oberhalb Aumas in diesem Winter relativ gross. Bei den meteorologischen Stationen dieser Gegenden wurden im April 130 bis 160 Prozent der normalen Schneetiefen gemessen. Sonst aber waren die Schneemengen sehr gering (s. Tab. 3).

Die grosse Unregelmässigkeit in der Wasserstandskurve von Blaker ist durch die Regulierung in den Ostertagen verursacht.

Das Frühlingshochwasser 1933: Lufttemperaturen von über 2° wurden bei Fokstua an den Tagen vom 11. bis zum 15. und vom 25. bis zum 31. März und dann wieder am 9. April in den 14-Uhr-Mess-

ungen festgestellt. In den nachfolgenden Ausführungen wird von den Tagen im März abgesehen. Die Maximumtemperatur dieses Monats war 6.6°.

Der Wasserstand steigt bei Auma ab 9. April übereinstimmend mit der Temperatur auf Fokstua. Die Temperatur kulminiert am 12., der Wasserstand erst am 13. April. Er kann seinen höchsten Wert aber gut am Nachmittag des 12. erreicht haben.

Am 26. April passiert die Temperatur von Neuem die 2°-Grenze und entsprechend beginnt der Wasserstand bei Auma sich zu heben. Er erreicht zwischen dem 26. April und dem 10. Mai mehrere Gipfelpunkte, in voller Übereinstimmung mit der Temperaturbewegung bei Fokstua. — Am 12. Mai überschreitet die Temperatur 12° und sinkt dann in den folgenden Tagen. Grosse Regenmengen am 12. und 13. lassen den Wasserstand aber erst am 14. Mai kulminieren. — Da die Temperatur nur wenige Tage sehr hoch gewesen ist, sind die Ab-

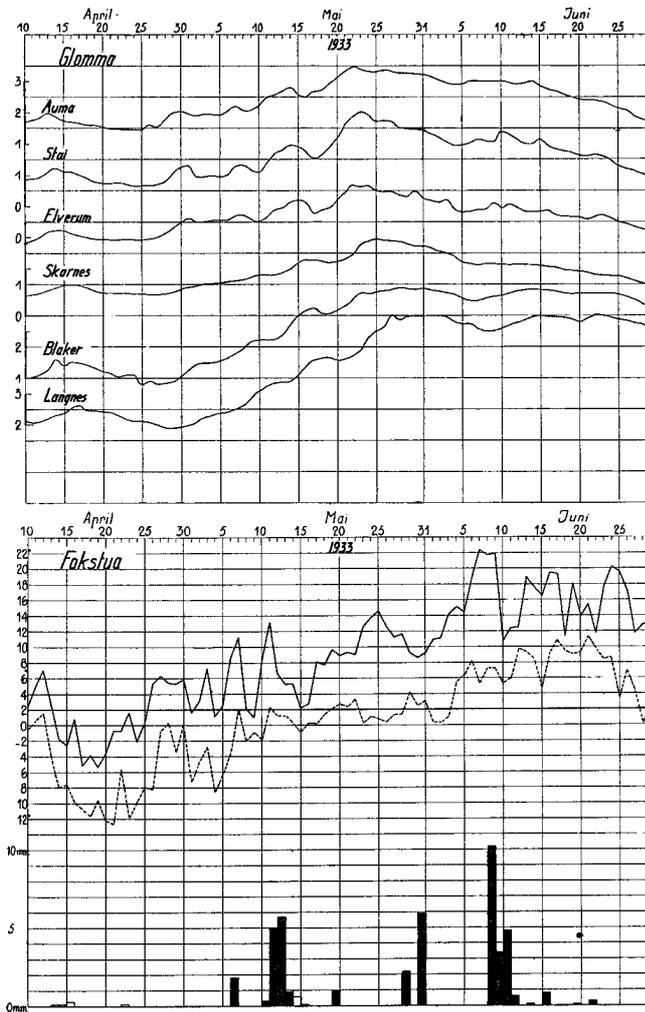


Fig. 9. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

schmelzmöglichkeiten noch gross. Steigender Wasserstand ist daher ab 17. Mai zu erwarten, einmal wegen der hohen Temperatur, zum andern wegen des Abschmelzens alter und neuer Schneemengen.

Ein schwaches Restabschmelzen scheint am 6. Juni die hohe Temperatur mit sich geführt zu haben. Regen im Hochgebirge ist die Ursache der Wellen höheren Wasserstandes nach dem 22. Mai.

In diesem April waren die Schneemengen bei allen Stationen des Flussgebiets sehr gering. Nur in der Nähe von Aursund erreichten sie 70 bis 85 Prozent der normalen Mengen (Tab. 3). Der Boden in der Niederung war durchweg schon vor dem 20. April schneefrei (Tab. 10). Im März beliehen sich die Schneemengen hier im Allgemeinen auf 50 bis 70 Prozent der Norm.

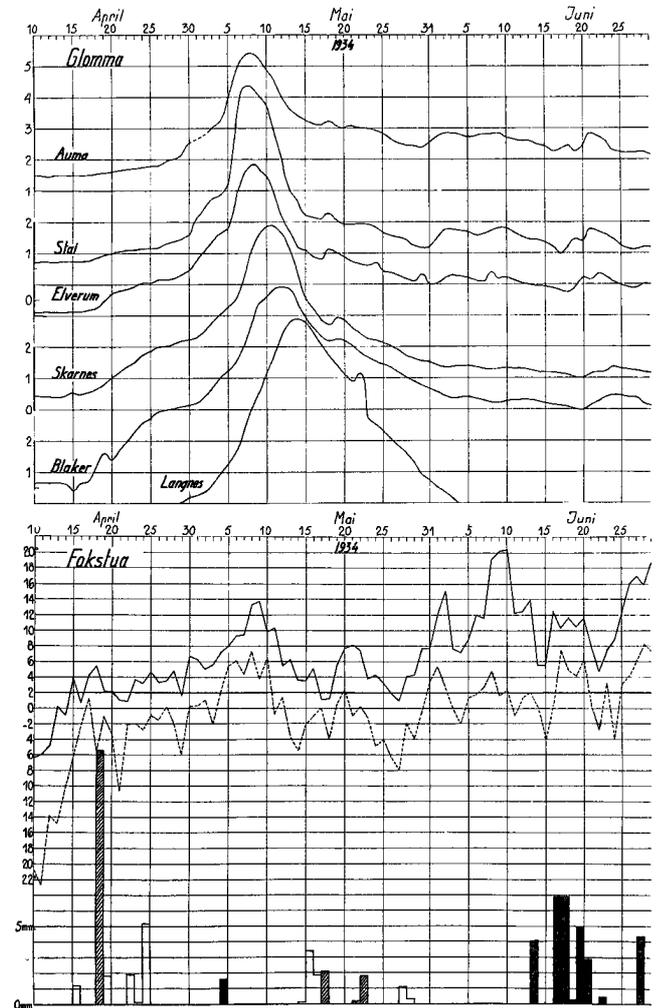


Fig. 10. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

Bei Langnes erfährt der Wasserstand infolge des Abschmelzens in der Niederung eine Steigerung um etwa 60 cm. Durch den Zustrom aus dem Hochgebirge wächst er um weitere 3 Meter.

Der Wasserstand kulminierte bei Stai entweder an demselben Tage wie bei Auma oder am darauf folgenden. Bei Elverum trat die Kulmination einen Tag später, bei Skarnes und Blaker zwei bis drei Tage und bei Langnes etwa fünf Tage später ein als bei Auma.

*Das Frühlingshochwasser 1934:* Ausser an einem Tage im Februar blieb die 14-Uhr-Temperatur auf Fokstua vor dem 15. April unter  $2^{\circ}$ . Von diesem Zeitpunkt an ist sie immer positiv und, wenn man von einigen wenigen Tagen mit nur  $1^{\circ}$  absieht, höher als  $2^{\circ}$ .

Tab. 10. Fünftäglich gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfaldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Vaul- dalen	Bu- bakken i Kvikne	Foldal	Atnasjø
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	840	690	723	739
1933																	
15. Febr.	2	(3)	5	16	20	6	50	35	38	28	29	82	65	54	26	32	98
20. Febr.	3	6	4	14	18	4	46	31	28	24	25	72	64	48	30	23	33
25. Febr.	37	30	13	35	22	7	67	39	43	30	32	72	65	50	30	23	38
28. Febr.	39	32	16	36	25	10	63	36	43	28	29	68	65	49	28	23	37
5. März	42	28	16	31	22	8	58	37	35	30	29	67	63	50	31	23	43
10. März	28	35	22	32	25	10	58	32	36	30	29	66	62	50	28	24	43
15. März	14	25	12	21	17	6	52	30	31	25	23	64	60	46	22	15	31
20. März	13	24	11	24	20	6	62	26	38	23	24	76	60	50	19	15	30
25. März	7	21	6	20	14	0	54	20	25	23	22	68	58	49	23	7	29
31. März	(3)	6	—	5	0	(0)	36	12	8	10	11	56	52	41	9	2	12
5. April	—	(0)	—	0	0	0	38	9	4	10	14	56	54	44	10	1	8
10. April	—	—	—	—	(0)	(0)	30	3	3	4	7	57	60	42	12	(0)	4
15. April	(10)	5	4	3	4	1	29	(2)	1	3	1	51	55	28	2	(0)	1
20. April	—	—	—	—	—	(0)	28	—	0	(0)	0	55	58	28	10	(0)	0
25. April	—	—	—	—	—	(0)	21	—	0	(0)	0	46	55	31	10	(0)	0
30. April	—	—	—	—	—	(0)	5	—	(0)	(0)	0	33	50	15	0	—	(0)
5. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	0	30	0	11	(0)	—	—
10. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	(0)	20	0	10	(0)	—	—
15. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	16	3	11	3	0	—
20. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	0	—	6	(0)	—	—
25. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	5	—	—	—
31. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(2)	—	—	—
5. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Das gleichmässige Fallen des Wasserstandes bei Auma seit Ende Februar wird ab 18. April von einem langsamen Steigen abgelöst (die Veränderung am 12. und 13. April war vielleicht durch eine Eisstauung verursacht). — Die Temperaturangabe für den 29. April —  $1.6^{\circ}$  — ist wahrscheinlich falsch; sie dürfte um 5 Grad nach oben zu berichtigen sein.

Die Kulmination zeigt diesmal einige Besonderheiten. Sie erfolgt bei Auma, Stai und Elverum am gleichen Tage, dem 8. Mai, bei den hochgelegenen Messstellen der Nebenflüsse am 6. oder auch am 7. Mai. Für den Hauptfluss ergibt sich eine Unregelmässigkeit nun schon dadurch, dass in diesen Tagen aus Aursund Wasser abgelassen wurde. Die Kulmination seines Wasserstandes kann also nicht einfach daraus erklärt werden, dass die 14-Uhr-Temperatur bei Fokstua am 8. Mai  $12^{\circ}$  passierte. Weiter aber haben wir allen Grund zu der Annahme, dass eine *Maximum*temperatur von  $12^{\circ}$  in der Höhe von Fokstua schon am 6. Mai erreicht oder sogar überschritten wurde. Die Station Røros (Meereshöhe 628 m) mass an diesem Tage um 14

Uhr  $18.8^{\circ}$ , Dombås (643 m) eine Maximumtemperatur von  $15^{\circ}$ . Selbst wenn wir nur die Zahl von Dombås zugrundelegen und einen grossen Temperaturgradienten, sagen wir etwa  $1^{\circ}$  pro 100 m, annehmen, errechnet sich also die gleichzeitige Maximumtemperatur in der Höhe von Fokstua zu  $12^{\circ}$ . Schliesslich kommt noch hinzu, dass der Verlauf dieser Hochwasserwelle im stärksten Masse durch den Regen im Hochgebirge vom 5. bis 7. Mai beeinflusst wird.

Abschmelzen neugefallenen Schnees und Regen im Hochgebirge veranlassen die nachfolgenden, kleineren Hebungen des Wasserstandes.

Die Schneemengen im März und April (Tab. 3) waren in der Niederung geringer, bei den hochliegenden Stationen dagegen grösser als die normalen Mengen. Eine Ausnahme besteht bei Atnasjø.

In den südlichsten Gebieten der Niederung war der Boden schon vor dem 20. April schneefrei (Tab. 11). Das Abschmelzen im Hochgebirge folgt unmittelbar dem in der Niederung, so dass sich der jeweilige Anteil an der Erhöhung des Wasserstandes bei Langnes nicht feststellen lässt.

Tab. 11. Fünftägig gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfaldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Vaul- dalen	Bu- bakken i Kvikue	Foldal	Atnasjo
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	840	690	723	739
1934																	
15. Febr.	8	30	12	37	21	7	64	30	30	25	40	104	105	62	40	26	20
20. Febr.	(6)	26	10	33	19	7	60	28	31	21	37	93	120	50	35	23	7
25. Febr.	(5)	23	4	25	19	4	64	24	29	22	37	91	134	62	35	19	9
28. Febr.	25	33	12	45	32	16	78	41	46	24	38	92	130	63	40	23	11
5. März	20	33	15	45	37	13	92	40	46	33	42	87	133	60	35	32	24
10. März	(5)	24	9	35	35	6	92	38	39	30	51	91	127	61	35	32	20
15. März	13	30	14	38	43	14	83	40	42	30	43	91	121	61	35	32	23
20. März	10	32	14	35	45	7	101	45	45	32	58	88	117	68	30	37	37
25. März	(5)	25	5	28	33	3	94	35	40	22	54	86	115	61	30	35	37
31. März	—	19	(0)	22	26	1	79	31	35	20	52	85	110	60	30	35	36
5. April	—	10	2	18	25	4	77	30	33	18	49	85	110	62	32	35	30
10. April	—	19	5	22	35	3	84	34	36	20	53	92	110	65	36	36	28
15. April	—	9	(0)	12	27	0	76	30	30	12	52	91	108	60	38	29	20
20. April	—	—	—	—	0	0	64	10	10	0	35	89	94	53	28	8	26
25. April	—	—	—	—	0	(0)	45	—	0	0	24	84	90	49	20	6	16
30. April	—	—	—	—	(0)	(0)	14	—	—	0	0	67	75	39	10	2	6
5. Mai	—	—	—	—	—	(0)	(0)	—	—	—	(0)	40	50	21	0	(0)	0
10. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	0	(0)	7	(0)	—	(0)
15. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	0	(4)	—	—	—
20. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(3)	—	—	—
25. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	5	6	5	—
31. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	(2)	—	—	—
5. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Das Frühlingshochwasser 1935: Von zwei Tagen im Januar und je einem Tag im Februar und März abgesehen, war die Temperatur auf Fokstua um 14 Uhr bis zum 12. April niedriger als 2°. Sodann hielt sie sich auf dieser Grenze bis zum 20. Vom 21. April ab war sie höher als 2°.

An den oberen Messstellen zeigen die Wasserstände der Glomma ein sehr schwaches Ansteigen schon vor dem 20. April. Eisstauungen mögen die Ursache gewesen sein. Rascher verläuft dies Steigen aber erst, nachdem die Temperatur die 2°-Grenze überschritten hat. Der Temperaturkurve nach war die Wasserstandskulmination bei Auma für den 27. April zu erwarten. Sie kann auch am Nachmittage dieses Tages eingetreten sein; verzeichnet ist sie freilich erst am 28. — Der Wasserstand beginnt übereinstimmend mit der Temperatur am 4. Mai erneut zu steigen und kulminiert gleichzeitig mit der hohen Temperatur am 10. Mai. Infolge eines geringen Temperaturfalles tritt vorher ein kleineres Wellental auf.

Nach einzelnen Schwankungen um 1 und 2 cm

in den unmittelbar vorhergehenden Tagen macht sich ein wesentliches Steigen des Wasserstandes erneut am 22. Mai bemerkbar. Es fällt auf, dass die Minimumtemperatur bis zu diesem Datum 5 Tage lang sehr niedrig war.

Am 25. und 27. Mai haben wir sehr nahe bei 12° liegende Temperaturen. Das lässt die Kulmination des Wasserstandes bei Auma spätestens den 27. erwarten. Sie tritt hier sowie bei Stai und bei Elverum am 29. ein. (Bei Erlibro, einer Messstelle oberhalb Aumas, erfolgte sie am 28.) Nimmt man den 29. als «richtiges» Kulminationsdatum für Elverum an, so ist für Auma der 27. oder 28. Mai entsprechend einzusetzen.

Das Steigen des Wasserstandes von 4. Juni an wird durch Abschmelzen neugefallenen Schnees verursacht. Die Temperatur erreicht 12° am 8. Juni und die Kulmination des Wasserstandes bei Auma tritt am 9. ein. Gleichzeitig ist Regen gefallen. — Die späteren Hochwasserwellen sind auf Niederschläge im Hochgebirge zurückzuführen. Besonders zu beachten ist die Welle, die von den selten grossen

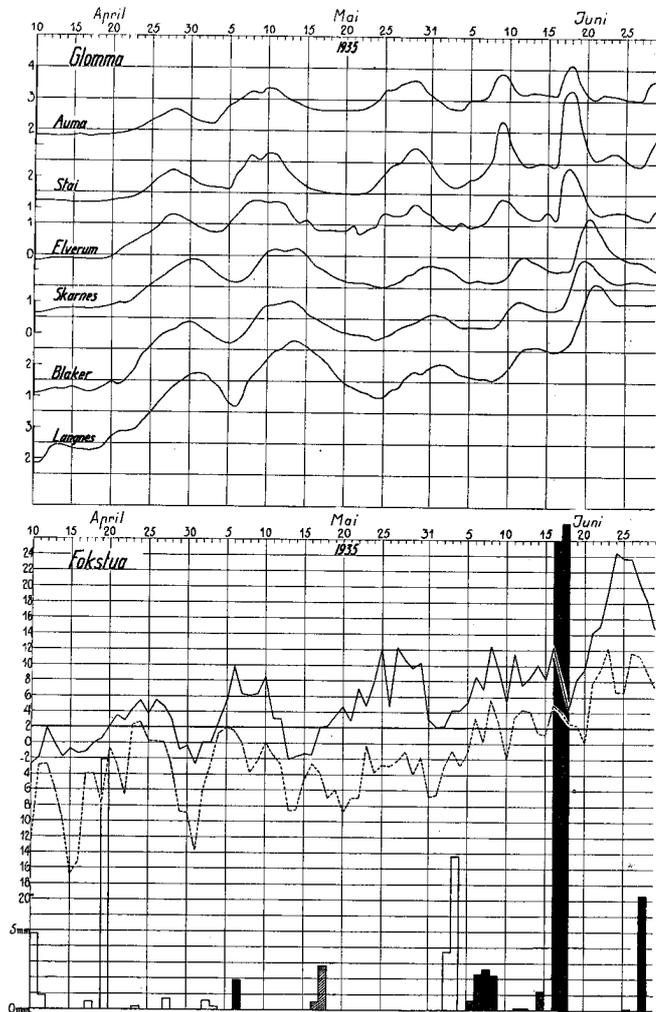


Fig. 11. Oben: Wasserstandskurven von verschiedenen Messstellen an der Glomma. Mitte: Kurven der 14-Uhr- und der Minimumtemperatur auf Fokstua. Unten: Graphische Darstellung der Niederschlagsmengen von Fokstua.

Niederschlagsmengen im Hochgebirge am 17. und 18. Juni herrührt.

Die Schneemengen im Hochgebirge waren in diesem Winter offenbar sehr gross: bei den hochliegenden meteorologischen Stationen beliefen sie sich im April auf 100 bis 300 Prozent der Norm (s. Tab. 3). In den südlichsten Gebieten der Niederung hingegen machten sie im März und April durchgängig weniger als die Hälfte der normalen Mengen aus. Der Boden war hier Ende März erstmalig und nach neuen Schneefällen ab Mitte April endgültig schneefrei (Tab. 12).

Wie die Wasserstandstabellen zeigen, ist der Wasserstand bei Langnes durch die Schneeschmelze in der Niederung um etwa einen halben Meter gestiegen.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEN BEISPIELEN

Die Auswertung der vorstehenden Beispiele führt zu folgenden Ergebnissen:

1. Bei der Glomma tritt die Frühlingshochwassergefahr erst ein, wenn die Lufttemperatur auf Fokstua (eigentlich 950 m Niveau) über  $2^{\circ}$  steigt. Dem entspricht der Beginn der Schneeschmelze im Hochgebirge.

2. Solange die Temperatur sich zwischen  $2^{\circ}$  und  $12^{\circ}$  bewegt, zeigen die Wasserstandskurven einen ähnlichen Verlauf wie die Temperaturkurven. Die Temperaturkurve muss man sich zeitlich vorverlegt denken — für die Wasserstandsmessstelle Auma z. B. um einen Tag.

3. Der Wasserstand steigt rasch bei raschem Temperaturanstieg, am raschesten, wenn gleichzeitig mit dem Abschmelzen im Hochgebirge auch Regen fällt.

4. Das Steigen des Wasserstandes hört auf, wenn im Hochgebirge (oberhalb der Waldgrenze) erneut stärkere Schneefälle auftreten.

5. Die letzte Kulmination des Wasserstandes tritt im Allgemeinen (unter normalen Schneeverhältnissen und bei kleinen Schneemengen im Hochgebirge) ein, wenn die Temperatur in der Höhe von Fokstua  $12^{\circ}$  überstiegen hat, vorausgesetzt dass das Abschmelzen in den tieferen Teilen des Hochgebirges nicht erst zu wenige Tage vor sich gegangen ist.

Bei besonders grossen Schneemengen kann es geschehen, dass die Temperatur erst einige Tage lang über  $12^{\circ}$  liegen muss, ehe der Wasserstand anfängt zurückzugehen.

6. Alles Vorstehende gilt ebenso für das Wiedereinsetzen des Abschmelzens im Hochgebirge nach einer Unterbrechung durch eine neue Kälteperiode mit Schneefällen.

7. Der jeweilige Gang der meteorologischen Erscheinungen wirkt sich im Wasserstand bei den verschiedenen Messstellen jeweils um so viel später aus, als der Entfernung von dem im Niederschlagsfeld gelegenen Hochgebirge entspricht.

Das Frühlingshochwasser der Glomma kulminiert bei Langnes (der südlichsten Messstelle) im Allgemeinen etwa 5 bis 6 Tage später als bei Auma (der in den Beispielen nördlichsten Messstelle).

Tab. 12. Fünftäglich gemessene Schneetiefen (in cm).

Station	Askim	Skeds- mo	Hvam Land- br.sk.	Nord- Odal	Ræv- holt	Finn- skog	Ør- bekke- dalen	Elve- rum	Osfoldet ved Rena	Øvre Rendal	Fin- stad	Os i Øster- dal	Brekke- bygd	Vaul- dalen	Bu- bakken i Kvikne	Foldal	Atnasjø
H. ü. d. M. in m.	130	182	170	151	286	220	515	188	260	293	500	790	718	840	690	723	739
1935																	
15. Febr.	5	12	12	22	32	20	74	40	27	29	51	69	76	61	59	45	25
20. Febr.	(5)	3	(0)	22	32	3	81	58	35	28	52	69	75	67	53	45	36
25. Febr.	10	4	8	15	24	1	86	37	36	27	51	74	75	69	57	45	36
28. Febr.	10	4	8	15	23	1	86	36	36	26	51	73	70	68	50	43	36
5. März	10	4	8	15	22	1	85	37	35	26	51	72	68	65	50	40	36
10. März	10	9	10	18	22	1	83	43	35	26	51	73	64	63	50	38	36
15. März	10	6	10	18	21	1	80	41	30	25	50	73	60	62	50	37	36
20. März	20	21	22	26	32	11	91	52	38	24	54	74	60	63	54	42	39
25. März	(5)	3	5	16	25	6	95	54	34	24	59	73	62	66	64	49	45
31. März	—	—	(0)	13	25	1	91	48	34	23	58	72	69	72	66	51	49
5. April	25	19	5	28	36	3	107	63	40	25	61	81	72	78	77	54	54
10. April	12	3	0	14	37	0	99	58	35	22	61	80	68	74	78	50	50
15. April	—	—	—	—	10	0	92	50	24	6	55	75	71	80	64	46	53
20. April	—	—	—	—	0	0	76	38	0	0	44	75	62	73	57	33	43
25. April	—	—	—	—	0	(0)	40	(5)	0	(0)	20	50	57	54	48	21	20
30. April	—	—	—	—	(0)	—	23	—	0	(0)	2	51	59	48	36	0	13
5. Mai	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	0	35	52	45	30	0	0
10. Mai	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	0	19	43	32	0	—	0
15. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	0	20	46	37	0	—	(0)
20. Mai	—	—	—	—	—	—	(0)	—	—	—	(0)	0	40	33	(0)	—	(0)
25. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	0	(30)	30	—	—	—
31. Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	23	—	—	—
5. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(0)	—	27	—	—	—
10. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(15)	—	—	—
15. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

### DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN WASSERSTAND UND WASSERMENGE

Bisher ist der Wasserstand ohne Rücksicht auf die Wassermenge betrachtet worden. In Fig. 12 sind die Wassermengenkurven für die sechs in

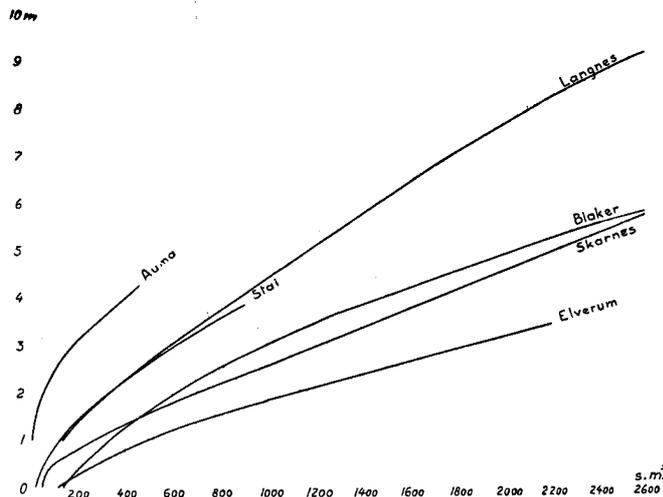


Fig. 12. Wassermengenkurven.

unseren Beispielen ständig erwähnten Messstellen zusammengestellt. Die Kurven sind von der hydrographischen Abteilung in *Vassdragsvesenet* ausgearbeitet und mit Ausnahme derjenigen für Skarnes in den Jahrbüchern «Vannstandsakttagelser i Norge» veröffentlicht worden. —

### DAS FRÜHLINGSHOCHWASSER IM ÜBRIGEN SÜDNORWEGEN

In demselben Hochgebirge wie das der Glomma liegt teilweise auch das Quellgebiet einiger anderer grosser Flüsse. Zu diesen zählen die Hauptflüsse von Trøndelag: Nea, Gaula, Orkla und Driva, dann auch die Rauma. Weiterhin haben der östliche Niederschlagsdistrikt für Gudbrandsdalslägen und der westliche Niederschlagsdistrikt der Glomma gemeinsame Grenze.

Es ist daher von vornherein wahrscheinlich, dass das Frühlingshochwasser dieser Flüsse etwa gleichzeitig mit dem der Glomma auftritt.

Tab. 13. Die Meereshöhen und die Grössen des Niederschlagsfeldes der Wasserstandsmessstellen.

	Gaula		Orkla		Driva			Rauma	Lågen			Dramselv				Eio	
	Merrafoss	Hagabro	Åmot	Bjørset	Gjeviltvatn	Festa	Elverhøi bro	Horgheim	Lårgård bro	Harpefoss	Losna	By bro	Bergheim	Krøderen	Døvikfoss	Garen	Eidfjordvatn
H. ü. d. M. in m.	50	60	725	140	660	628	28	57	296	225	178	725	146	129	9	725	16
Niederschlagsfeld in km²	230	3055	276	2285	168	173	2437	1098	1687	9450	10988	324	4237	5094	16020	428	1116

Wir könnten also unsere Betrachtungen auf sämtliche Flüsse ausdehnen, die ihre Quellen im Hochgebirge des zentralen Südnorwegen haben. Das soll hier unter Beschränkung auf die Jahre 1932 und 1934 für Gaula, Driva, Rauma, Lågen (Gudbrandsdalslågen), Dramselv und Eio geschehen.

Die Wasserstandsmessstellen, deren Angaben wir benutzt haben, sind mit Meereshöhe und Grösse des Niederschlagsfeldes in Tabelle 13 aufgeführt. Besonders erwähnt mag werden, dass drei von ihnen 725 m über dem Meere liegen.

Beim Studium des Frühlingshochwassers der Glomma wurden nur die Lufttemperaturen auf Fokstua benutzt. Sie sind, wie gleich gezeigt werden wird, sehr repräsentativ für das gesamte Hochgebirge des südlichen Norwegen.

Es seien zu diesem Zweck die Temperaturverhältnisse bei Fokstua, Haugastøl und Svandalsflona miteinander verglichen. Die Meereshöhen dieser drei Stationen sind 952 m, 995 m und 1060 m. Zieht man eine gerade Linie in Richtung SSW—NNE von Svandalsflona als südlichstem nach Fokstua als nördlichstem Punkt, so liegt auch Haugastøl annähernd auf dieser Geraden. Die Luftlinie Svan-

dalsflona—Fokstua ist fast 300 km lang. Der Abstand Haugastøl—Fokstua beträgt etwa 200 km.

In voranstehender Tabelle 14 ist vermerkt, in wieviel Prozent der Beobachtungen sich ein Temperaturunterschied von weniger als oder gleich 1°, 2°, 2.5°, 3° und 4° zwischen je zwei dieser Hochgebirgsstationen ergab. Die Temperaturen sind vorher unter Annahme eines Temperaturgradienten von 0.8° pro 100 m auf gleiche Meereshöhe reduziert worden.

Von Wichtigkeit ist, dass man bei Abständen bis zu 100 km in 40 % der Fälle mit einem Tem-

Tab. 14.

Stationenpaar	Svandalsflona—Haugastøl	Haugastøl—Fokstua	Svandalsflona—Fokstua
Abstand in km (angenähert)	100 km	200 km	300 km
Temperaturunterschiede	%	%	%
1.0° .....	40	34	28
2.0° .....	69	71	56
2.5° .....	83	78	66
3.0° .....	88	83	74
4.0° .....	95	90	86

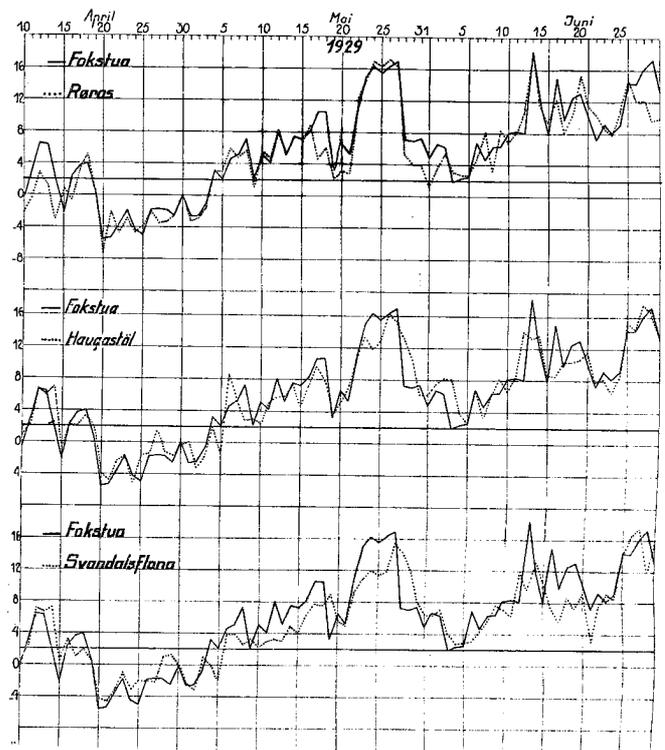


Fig. 13. Temperaturkurven für die Stationenpaare Fokstua—Röros, Fokstua—Haugastøl und Fokstua—Svandalsflona. Die Temperaturen (14 Uhr) sind mit 0.8° pro 100 m auf die Höhe 950 m ü. d. M. umgerechnet.

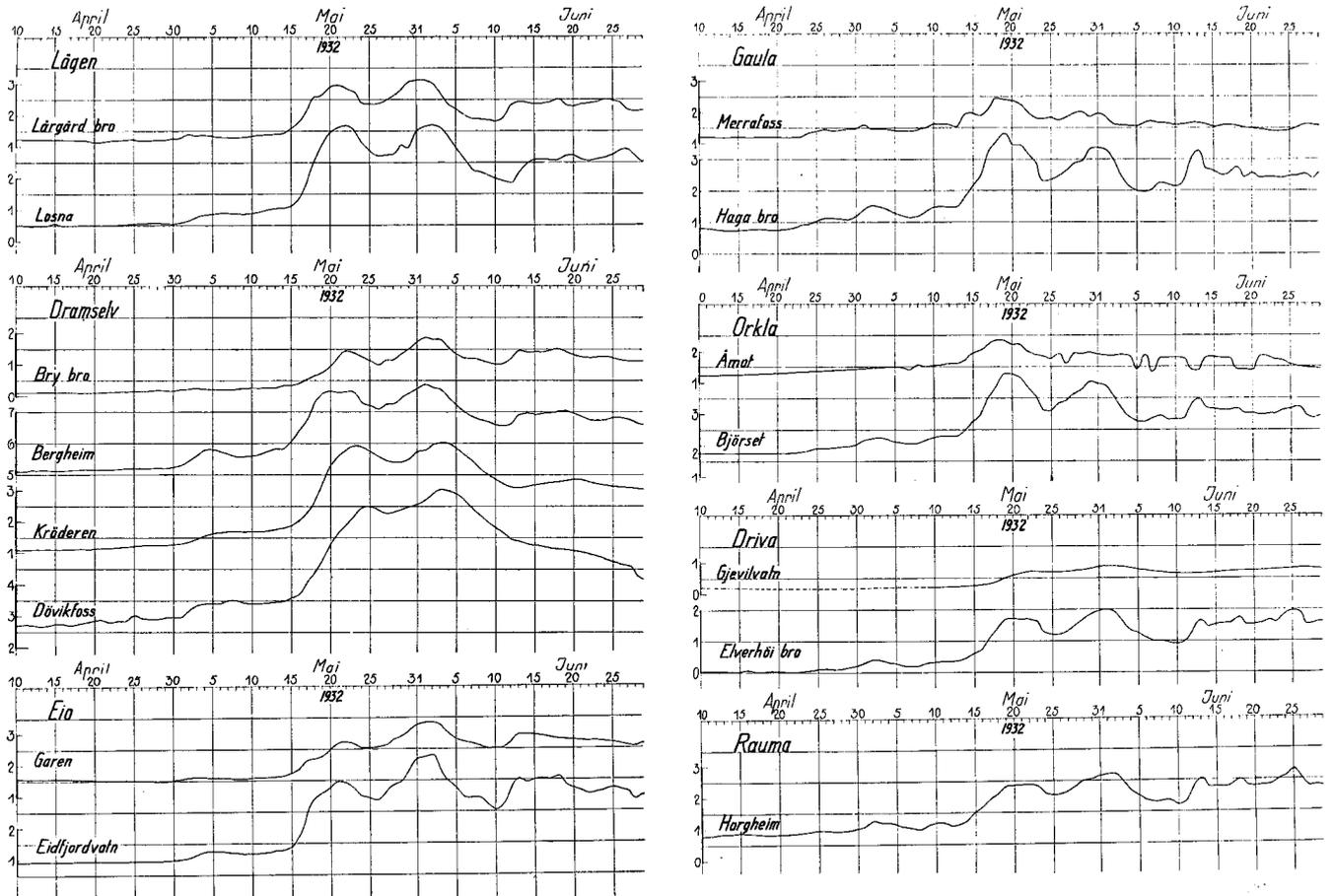


Fig. 14. Wasserstandskurven von verschiedenen Flüssen Südnorwegens im Jahre 1932.

peraturunterschied auf demselben Niveau von nur  $1^{\circ}$  oder weniger rechnen kann. Ferner ist beachtenswert, dass Temperaturunterschiede von  $0^{\circ}$  bis  $2^{\circ}$  selbst in Abständen bis zu 200 km bei etwa 71% der Beobachtungen vorkommen.

Weiter zeigen nun die Kurven der Lufttemperaturen, die bei den Stationenpaaren Fokstua—Haugastøl (Abstand in Luftlinie etwa 200 km), Fokstua—Svandalsflona (Abstand etwa 300 km) und Fokstua—Røros (Abstand etwa 120 km) vom 10. April bis zum 29. Juni 1929 täglich um 14 Uhr gemessen wurden, dass die Temperaturveränderungen bei den verschiedenen Beobachtungsstellen durchgängig dieselben sind. Selbstverständlich können gelegentlich auch grosse Unterschiede vorkommen, z. B. wenn sich zwischen zwei Beobachtungsstellen eine Front befindet.

Dementsprechend werden also einzelne, meist kleinere Abweichungen sich hauptsächlich beim Vergleich der Wasserstandskurven zweier von einander entfernterer Messstellen bemerkbar machen.

Die Kurven der Wasserstände bei den in Tabelle 13 genannten Messstellen weisen denn nun auch in der Zeit vom 10. April bis zum 29. Juni sowohl 1932 als auch 1934 für die verschiedenen Flüsse jeweils nahezu gleichzeitig durchaus ähnliche Schwankungen auf. Maxima wie Minima liegen einander zeitlich sehr nahe. Die einzelnen Tagesverschiebungen erklären sich teils aus den verschiedenen Entfernungen der Messstellen vom Hochgebirge, teils dadurch, dass die höchsten Punkte innerhalb der Niederschlagsfelder für die verschiedenen Flüsse nicht auf derselben Meereshöhe liegen. Auch Verschiedenheiten der Niederschläge und, wie erwähnt, der Temperaturen in den einzelnen Gebieten des Hochgebirges spielen hier natürlich eine Rolle. In die Flussläufe eingeschaltete Seen bewirken, dass die weiter abwärts gelegenen Messstellen verspätete Kulminationen bekommen und teils ausgeglättete Wasserstandskurven aufweisen.

Eine eingehendere Analyse der Verhältnisse bei

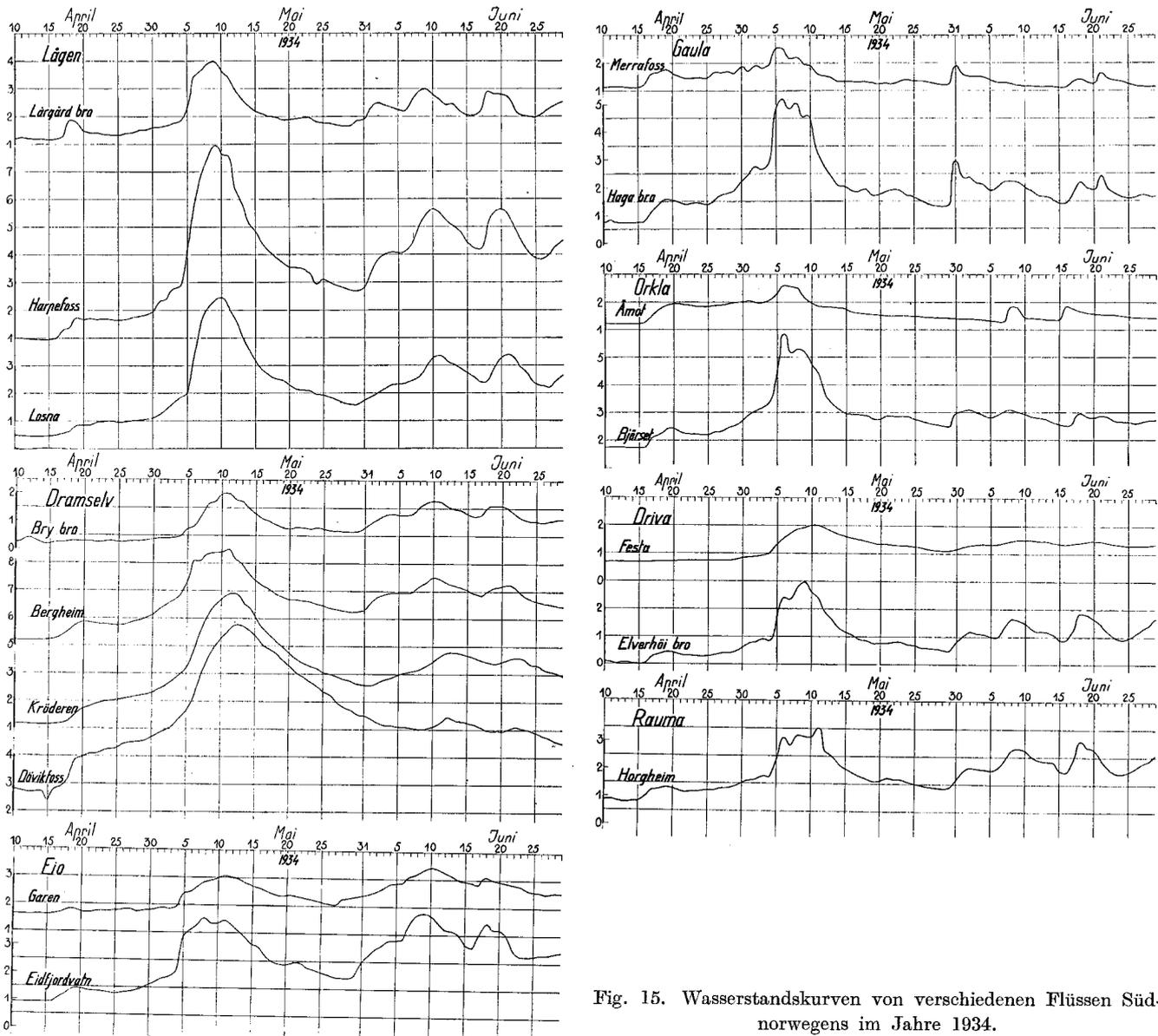


Fig. 15. Wasserstandskurven von verschiedenen Flüssen Südnorwegens im Jahre 1934.

den einzelnen Flüssen ist hier nicht beabsichtigt. Wir begnügen uns mit dem Hinweis auf die Kurven.

Bei den Flüssen Lågen, Dramsølv und Eio waren die Schneemengen des Jahres 1932 gering, beim Dramsølv auch die von 1934. Die Hochgebirgsgebiete der Orkla und der Gaula hatten 1932 fast das Doppelte der normalen Schneemengen aufzuweisen, die der Glomma und des Lågen zeigten 1934 durchweg normale Schneetiefenmittel. Überschreitungen der Norm kamen vor, waren aber nicht auffallend gross. Dennoch führte das Abschmelzen in diesem Jahre zu einem der grössten Hochwässer, die in diesen Flüssen überhaupt vorgekommen sind. Die primäre Ursache dieses Gross-

hochwassers lag darin, dass die Wärme der Luft durchaus stetig und gleichmässig, ohne Unterbrechung durch Kälteperioden zunahm, bis die Abschmelztemperatur den höchsten Punkt des Gebirges erreicht hatte.

### DIE MÖGLICHKEIT EINER VORAUSSAGE DES FRÜHLINGSHOCHWASSERS

Unsere Beispiele zeigen die starke Abhängigkeit der Änderungen des Wasserstandes von den Temperaturbewegungen und Niederschlägen in dem Hochgebirge, das die Flussquellen speist. Kann

man also die Art und die wahrscheinliche Grösse dieser Temperaturveränderungen und Niederschläge voraussagen, so wird man daraus auch bestimmte Schlüsse für die kommenden Schwankungen des Wasserstandes ziehen können.

Die täglichen Wetterkarten geben nun ja eine gute Möglichkeit, die genannten Voraussetzungen zu erfüllen. Als allgemeine Regel für die Temperaturverhältnisse in den hier betrachteten Gebieten während der Frühlingshochwasserzeit gilt, dass Luftmassen, die von Norden her kommen (Polarluft), niedrige Temperaturen bringen. Auf Fokstua wird der Wind sich dabei im Allgemeinen innerhalb des Sektors NW bis NE halten. Die höchsten Temperaturen kommen in der betrachteten Jahreszeit meist dann vor, wenn Luftmassen von SW

her eindringen (maritime Luftmassen). Der Wind auf Fokstua wird sich dann innerhalb des Sektors SE bis SW halten.

Wenn man im Voraus einen Überblick über die Schneemengen in den verschiedenen Gebieten hat und in der Frühlingshochwasserzeit täglich Angaben über die Wasserstände des Flusses und die Temperaturen und Niederschläge im Hochgebirge erhält, sollte man also unter Benutzung der Wetterkarten die möglichen Wasserstandsänderungen der nächsten Tage auch für die oberen Messstellen jederzeit voll übersehen können. Weiter flussabwärts lassen sich ja bekanntlich die Bewegungen des Wasserstandes aus den Angaben der oberen Messstellen für mehrere Tage im Voraus annähernd berechnen.