

## Die Hochwasser-Wetterlagen 1965 und 1966

Im Hinblick auf die katastrophalen Auswirkungen, die das Wettergeschehen in den Jahren 1965 und 1966 im Oberkärntner Raum hervorgerufen hat, könnte vermutet werden, daß es sich an den Tagen vom 1. bis 3. September 1965 und im Jahre 1966 vom 16. bis 18. August sowie vom 3. bis 5. November um ganz außergewöhnliche Wetterlagen gehandelt haben muß. Um Wetterlagen, die von den bekannten herkömmlichen Arten und Typen so sehr abgewichen sind, daß sie als ganz spezielle Ausnahmen gelten müßten. Dies trifft aber nicht zu.

Wenn eine Wetterlage in ihrem Charakter mehrere Tage hindurch anhält und dabei auch die Steuerung der Luftmassen im gleichen Sinne aufrechterbleibt, spricht man von einer Großwetterlage. Es können daher auch die aufeinanderfolgenden Tageswetterlagen in den Katastrophenzeiten jeweils zu einer einzigen Großwetterlage zusammengefaßt werden. Vergleicht man diese mit den Musterbeispielen von typischen Großwetterlagen, wie sie schon seit langem in der Literatur festgehalten sind, dann läßt sich eine äußerst gute Übereinstimmung feststellen.

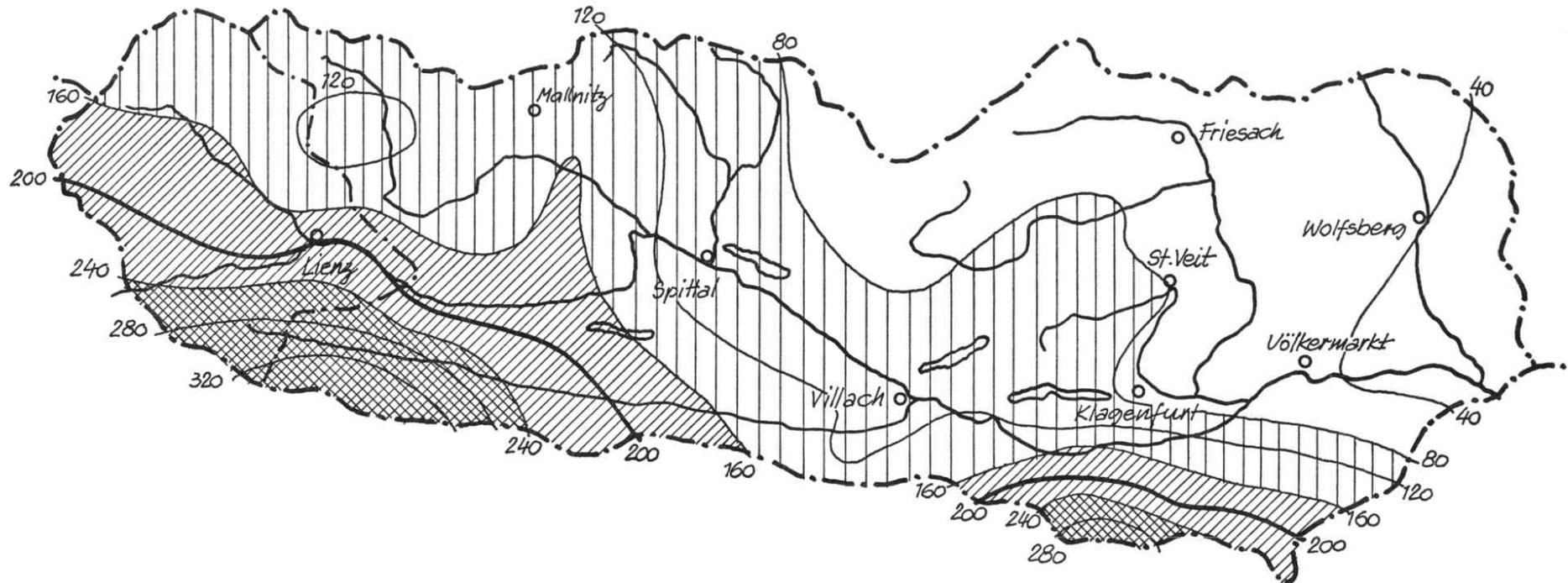
Jene Wetterlagen, die zur Katastrophe führten, waren somit absolut kein Novum. Was sie vom Normalfall heraushob, war die ungeheure Dynamik, von der alle Vorgänge und die ganze Entwicklung begleitet waren. Darauf hinzuweisen, erscheint nicht ohne Belang, denn wenn bei einem der nächsten Auftreten dieser Großwetterlagen, die an sich gar nicht so außergewöhnlich selten vorkommen, wieder zusätzlich eine starke Dynamik mitwirkt, sind ähnliche katastrophale Vorkommnisse nicht auszuschließen.

Die Südalpenländer haben im allgemeinen ein von der Alpennordseite recht unterschiedliches Niederschlagsregime. Es ist bekannt, daß der Jahresgang des Niederschlages besonders im südwestlichen Kärnten eine doppelte Welle aufweist, so daß neben dem sommerlichen Niederschlagsmaximum noch ein zweites, stellenweise sogar höheres Maximum im Herbst, und zwar meistens im Oktober auftritt. Es wird auf die in dieser Jahreszeit erhöhte Tiefdrucktätigkeit über dem westlichen Mittelmeer zurückgeführt, die sich dann oft bis über die Adria ausdehnt. Auf diese Weise wird das Mittelmeer- oder Adriatief zu einem sehr wesentlichen Faktor für die Wetterge-

staltung in Kärnten, aber nicht nur im Herbst, sondern auch in den übrigen Jahreszeiten. In mindestens 50 % aller Fälle, in denen beispielsweise in Klagenfurt ein meßbarer Niederschlag verzeichnet wird, ist in der Bodenwetterkarte ein wenn auch nur seichtes Tief im oberitalienischen Raum zu finden. Bei einer 24stündigen Niederschlagsmenge von 10 mm und mehr wächst der Prozentsatz auf über 90 %. Trotzdem bietet das oberitalienische Tief allein keine ausreichende Erklärung für das Zustandekommen von Niederschlägen. Die Rolle, die es spielt, besteht mehr in der Verstärkung als in der Auslösung von Niederschlägen. Davon abgesehen gibt es etliche Großwetterlagen, bei denen ein Adriatief nur sekundär oder überhaupt nicht in Erscheinung tritt, die aber erfahrungsgemäß besonders in den Südalpenländern mit reichlichen Niederschlägen verbunden sind. Auf Grund einer vom Verfasser angestellten Untersuchung hat sich ergeben, daß in Klagenfurt bei Niederschlägen mit einer 24stündigen Tagesmenge von mindestens 10 mm 46 % aller Wetterlagen sogenannte Höhentroglagen sind. Darin inbegriffen sind die Wetterlagen mit einem abgeschnürten Kaltlufttropfen, die oft als Folgeentwicklung einer Troglage entstehen, und ferner alle Zentraltieflagen, sofern ihr Steuerungszentrum im Raum Südsandinavien — Britische Inseln — Biskayabucht — westliches Mittelmeer — westliches Polen auftritt. Auch bei solchen zentralgesteuerten Wetterlagen ist fast immer ein mehr oder minder gut ausgebildeter Höhentrog vorhanden. Wenn mindestens 20 mm Niederschlag in 24 Stunden auftreten, dann beträgt der Anteil der Höhentroglagen bereits 62 % und ab 30 mm gehen schon fast 70 % auf das Konto von derartigen Höhentroglagen. Unter der notwendigen Voraussetzung, daß sich die meridional ausgerichtete Achse des Höhentrog im Westen befindet, haben alle diese speziellen Wetterlagen ein gemeinsames Merkmal, nämlich eine südliche bis südwestliche Höhenströmung, mit der feuchtlabile, in Abkühlung begriffene Warmluft herangeführt wird, wobei als Folge der Abkühlung, die mehrere Ursachen haben kann, die Niederschläge ausgelöst werden. In den unteren bodennahen Schichten kann, aber muß nicht eine kältere Gegenströmung aus nördlicher bis östlicher Richtung auftreten.

Es ist also eindeutig zu erkennen, daß bei der Analyse eines ausgeprägten Wettergeschehens in erster Linie die Vorgänge in der Höhe zu untersuchen sind, und daß daher die Bodenwetterkarte gegenüber der Höhenwetterkarte von nur sehr untergeordneter Bedeutung ist. Die Beschreibung der Entwicklung und des Ablaufes der Wetterlagen, die zu den Hochwasserkatastrophen geführt haben, kann sich daher auf die Betrachtung der Höhen-

## Niederschlagsmengen in Kärnten und Osttirol in mm (31.8. - 3.9.1965)

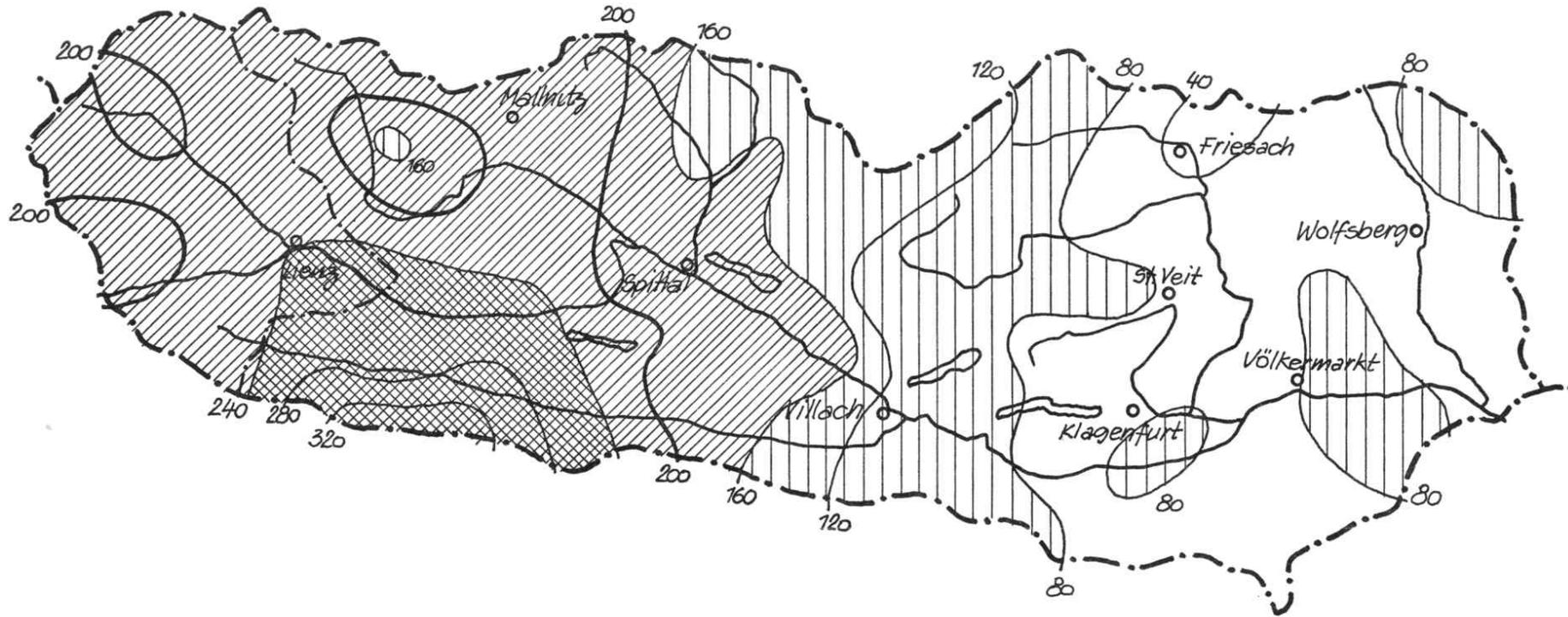


wetterkarten beschränken, wobei hier die Topographie der 500-mb-Fläche herangezogen wird.

Am 31. August 1965 befindet sich über dem Nordmeer ein ausgeprägter Trog, auf dessen Rückseite ein so kräftiger Vorstoß polarer Kaltluft nach Süden erfolgt, daß die westliche Strömungsbarriere des Trogbodens nicht standhalten kann und ein großer Teil des Kaltluftkörpers nach Süden durchbricht. Man spricht in diesem Fall von einer Kaltlufttropfenbildung. Dieser mächtige Kaltlufttropfen setzt seine Verlagerung nach Süden fort und landet am 2. September über dem Löwengolf. Gleichzeitig mit dieser Massen-

verschiebung hat im Bereich des österreichischen Alpenraumes die anfangs südwestliche Höhenströmung auf Süd gedreht und sich beträchtlich verstärkt. Am Sonnblick stellte sich ein Süd Sturm ein, der am Abend die Stärke 8 erreichte. Aber auch in den unteren Schichten gewannen südliche Strömungen die Vorherrschaft, so daß eine Schirokko-Wetterlage entstand. Bis dahin wurden die Niederschläge durch ein aktives Vordringen der Kaltluft und durch ein gleichzeitiges passives Warmluftaufgleiten ausgelöst, wobei quer über die Alpen eine stationäre Frontalzone entstand. Wäre die Entwicklung in der bisherigen Richtung weiter fortgeschritten, hätte der

## Niederschlagsmengen in Kärnten und Osttirol (15. - 18.8.1966)

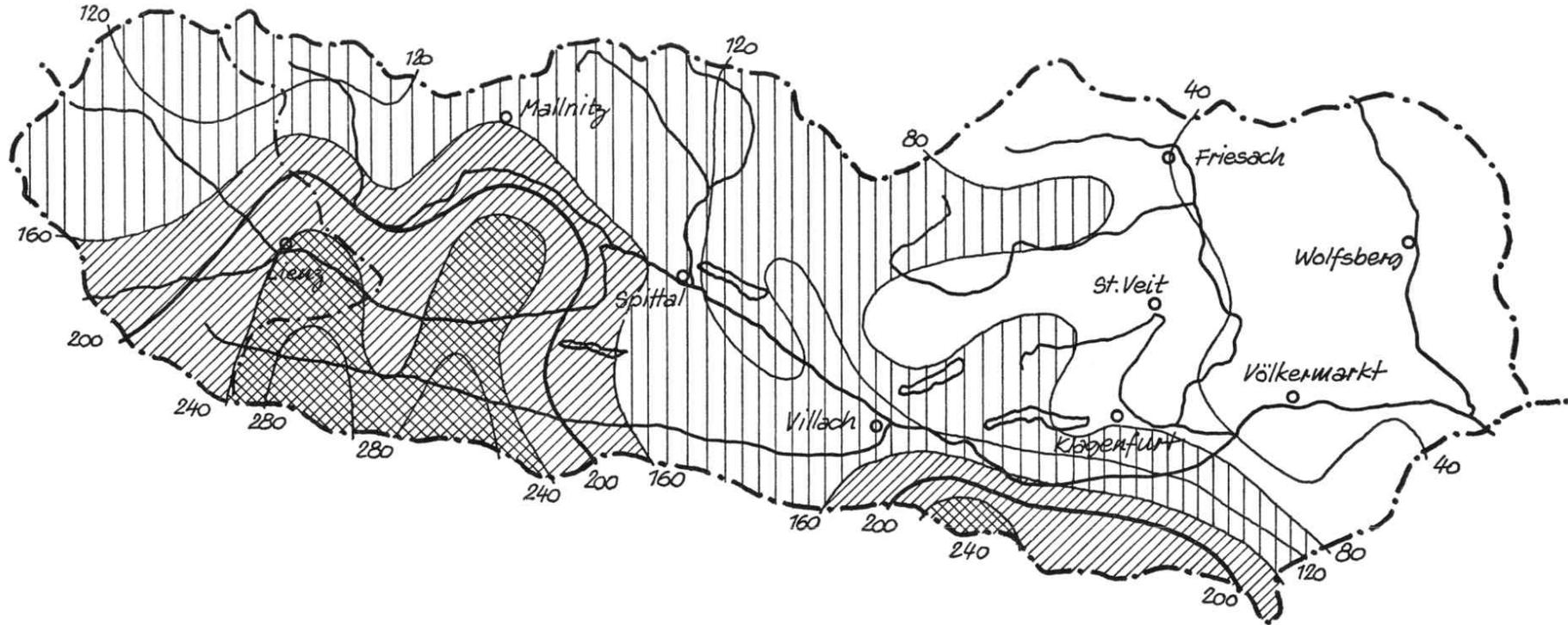


Kaltlufttropfen 24 Stunden später über dem Tyrrhenischen Meer liegen müssen und die Niederschläge wären schwächer geworden und hätten schließlich aufgehört. Es wäre wohl auch in Hinblick auf die Intensität der zeitweise gewittrigen Niederschläge zu einer Hochwasserführung der Flüsse und zu örtlichen Überflutungen gekommen, doch die katastrophalen Exzesse wären ausgeblieben. Diese wurden durch eine neuerliche rasche Trogbildung im Raum von Island hervorgerufen, wie aus der Höhenkarte vom 3. September, 1 Uhr, zu ersehen ist. Auch dieser Trog tropfte nach Süden ab und nahm dabei das Höhentiefl über dem Löwengolf in seinen Zirkulationsbereich auf,

wobei es retrograd wieder zur Nordsee verlagert wurde. Auf diese Weise wurde nicht nur die Frontalzone, sondern auch die Süd Sturmzone über den Alpen um gut 12 Stunden länger aufrechterhalten. Die Wirkung waren weitere, in der Intensität noch stärkere Niederschläge, wobei jetzt nicht mehr von einem passiven, sondern von einem aktiven Aufgleiten gesprochen werden konnte. Daß dabei die Temperaturen infolge Zufuhr feuchtwarmer Mittelmeerluft anstiegen, sei nur am Rande erwähnt.

Die Hochwasserwetterlage vom 16. und 18. August 1966 nahm besonders in ihrer ersten Phase einen weitgehend ähnlichen Verlauf. Auch in

## Niederschlagsmengen in Kärnten und Osttirol in mm (3. - 5.11.1966)



diesem Falle war zuerst ein Trog über Nordeuropa aufgetreten, worauf sich ein Höhentief beziehungsweise ein Kaltlufttropfen abspaltete. Dieser lag am 17. August, 1 Uhr, über der Riviera und bewegte sich auf den Golf von Genua zu. Der Kulminationspunkt der Niederschlagstätigkeit, die wieder schauerartig und von zahlreichen Gewittern begleitet war, schien unmittelbar bevorzustehen. Der Kaltlufttropfen setzte aber seinen Ostkurs nicht fort, sondern wurde stationär und später sogar wieder nach Westen rückläufig. Verantwortlich dafür war eine stürmische Ostströmung, die sich in mittleren Höhen eingestellt hatte. Auf diese Weise blieb das Aktionszentrum im

österreichischen Südalpengebiet um etwa 30 Stunden länger wetterbestimmend, als es bei einem normalen Abzug nach Osten oder Südosten hätte wirksam sein können. In dieser Zeitspanne der Verzögerung und zeitweiligen Rückläufigkeit sind in Oberkärnten und Osttirol weitere 100 bis 120 mm Niederschlag gefallen, die erst zur Katastrophe führten.

Die Ausgangslage zu der 2 1/2 Monate später nachfolgenden Hochwasserkatastrophe zeigt in der 500-mb-Topographie vom 2. November wieder einen Höhentrog, der sogar schon abgetropft war und bereits zwei isolierte Kaltlufttropfen aufwies. Das Bild, das diese Höhenkarte bietet, läßt auf

abgeklungene und weiter im Absterben begriffene Vorgänge schließen. Tatsächlich hatte es auch an den Tagen zuvor wiederholt Niederschläge gegeben, die besonders im Gailtal ergiebig waren. Die Entwicklung zu einer Katastrophenlage erfolgte dann auf jene Weise, wie sie in der 2. Phase anlässlich des September-Hochwassers 1965 vor sich ging. Über Grönland und Island bildete sich ein kräftiger Trog, der schließlich abtropfte, worauf der entstandene Kaltlufttropfen beziehungsweise das Höhentief vom 4. zum 5. November bis nach Irland vordrang. Der auf diese Weise erfolgte Kaltluftvorstoß war äußerst massiv und dynamisch. Auf der vom Nordatlantik bis in die subtropische Zone reichenden Trogrückseite traten in der Hochtroposphäre Windgeschwindigkeiten bis zu 280 km/h auf. Diese Entwicklung blieb nicht ohne Gegenwirkung im west- und mitteleuropäischen Raum. Jener Kaltlufttropfen, der am 3. November, 1 Uhr, noch ein selbständiges Eigenleben führte, wurde dem neuen System einverleibt, wobei sich, wie aus der Höhenkarte vom 4. November, 1 Uhr, zu ersehen ist, ein scharfer Trogausläufer über England und Frankreich bis zum westlichen Mittelmeer etablierte. An dessen Vorderseite entstand über den Alpen ein ungemein starkes Windfeld. Auf dem Sonnblick herrschte ein schwerer Süd Sturm, der zeitweise die Stärke 10 erreichte. Im 500-mb-Niveau (etwa 5500 m) sind aus den Radiosondenaufstiegen Windgeschwindigkeiten bis zu 160 km/h und im 300-mb-Niveau (etwa 9200 m) bis zu 230 km/h ermittelt worden. Allein schon aus diesen Windgeschwindigkeiten geht hervor, daß bei dieser Hochwasserkatastrophe die zur Niederschlagsauslösung führenden Vorgänge am gewaltigsten gewesen sein müssen. Tatsächlich waren auch die Niederschläge hinsichtlich ihrer Intensität am stärksten, weil berücksichtigt werden muß, daß die Niederschlagsdauer im gesamten etwa nur halb so lang war, wie bei den beiden vorangegangenen Katastrophenfällen. Im September 1965 sowie im August 1966 ist die Niederschlagsauslösung jeweils durch zwei Akte vollzogen worden. Zuerst durch den polaren Kaltluftvorstoß und anschließend durch den feuchtwarmen Schirokkovorstoß beziehungsweise im August 1966 durch die Rückläufigkeit des Kaltlufttropfens. Im November 1966 war nur der 2. Akt allein wirksam, nämlich der schirokkale Vorstoß mit einem eminent starken Windband in der Höhe, das als „jet-stream“ bezeichnet werden kann. Aus den Höhenkarten vom 4. und 5. November ist zu ersehen, daß das Windband weit im Süden seinen Anfang nahm und nicht nur über den Alpen, sondern auch über Italien eine sehr starke Drängung der Isohypsen auftrat. Es sei deshalb erinnert, daß damals auch der ober- und mittelitalienische Raum und besonders die Stadt Florenz von schweren Verwüstungen

heimgesucht wurde. Die Niederschlagslage war beendet, als der Trogausläufer vom 5. auf 6. November nordostwärts geschwenkt war, womit sich in der Höhe eine wesentlich schwächere Südwestströmung eingestellt hatte. Ein Vergleich aller drei Hochwasserwetterlagen zeigt zunächst folgende Unterschiede: Im September 1965 wurden die Vorgänge von einem Kaltlufttropfen über dem Löwengolf bestimmt, der so kräftig war, daß seine Fernwirkung bis ins österreichische Südalpengebiet reichte. Besonders ausschlaggebend war, daß dieser Kaltlufttropfen vorübergehend stationär und dann wieder nach Norden rückläufig wurde. Auch im August 1966 war ein Kaltlufttropfen verantwortlich. Er war zwar schwächer, doch nicht so weit entfernt und wurde nach einer Verlagerung von der französischen Riviera bis zum Golf von Genua ebenfalls eine kurze Zeit stationär und dann nach Westen rückläufig. Im November 1966 war ein Kaltlufttropfen unmittelbar überhaupt nicht im Spiel. Bei dieser Lage war in erster Linie das orkanartige Südwindband in großen Höhen maßgebend, das etwa 40 Stunden lang intensiv wirksam blieb.

Ein gemeinsames Merkmal aller Lagen war der zeitweise stationäre Zustand und, was besonders hervorgehoben werden muß, eine kräftige südliche Strahlströmung in großen Höhen, der sogenannte jet-stream-Effekt. Durch diesen wurden die darunter liegenden Luftschichten einem kräftigen Sog nach oben hin unterworfen und die niederschlagsauslösenden Hebungsvorgänge, wie sie normalerweise an Schlechtwetterfronten oder durch Stau an Gebirgen hervorgerufen werden, spontan gefördert. Auch ist erwiesen, daß die größte Niederschlagsintensität in die Zeitspanne der stärksten Stürme in der Hochtroposphäre fiel. Daraus geht eine Abhängigkeit der Niederschlagsspende von der Stärke der Höhenströmung hervor.

Die Verteilung der Niederschlagsmengen in Kärnten und Osttirol geht aus den Abbildungen 1 — 3 hervor. Im September 1965 treten zwei Hauptfelder in Erscheinung: eines über der Karnischen Hauptkette, das bis ins obere Gail- und Lesachtal reicht, das zweite auf der Karawankennordabdachung. Die größte Gesamtniederschlagsmenge ist von Kornat mit 302, von Luggau mit 300 und vom Loibl mit ebenfalls 300 mm effektiv gemessen worden. Die höchsten 24stündigen Tagesmengen, und zwar am 1. September, verzeichneten die Stationen Loibl mit 167, Bodental mit 160, Loibltal mit 156 und Kornat mit 142 mm. Gegen Norden und besonders gegen Nordosten zu nahmen die Niederschlagsmengen ab, wie immer bei derartigen Wetterlagen. Im August 1966 tritt nur ein Hauptfeld im Bereich der Karnischen Alpen auf,

dafür aber dehnt sich das Feld mit einer Mindestmenge von mehr als 200 mm bis zu den Tauern aus. Die größte Gesamtmenge erhielt Reisach mit 306 mm, gefolgt vom nicht weit entfernten Waidegg mit 276 mm. Die höchsten Tagesmengen verzeichneten Reisach mit 131 mm am 16. und Oberdrauburg mit 123 mm am 17. August.

Im November 1966 sind ähnlich wie bei der ersten Hochwasserlage wieder zwei Hauptfelder zu erkennen. Die Gesamtniederschlagsmenge war insgesamt etwas geringer, doch Reisach kam immerhin noch auf fast 300 mm, nämlich auf 296 mm. Dafür waren aber die höchsten Tagesmengen im Hauptfeld Spitzenwerte, wo Reisach 159 und Kornat 158 mm gemessen hatten.

Schon nach der Niederschlagskatastrophe im September 1965 ist die Frage aufgetreten, ob sich ein solches Ereignis in naher Zukunft wiederholen könnte. Damals konnte man noch nicht ahnen, daß sich ein Jahr später zwei weitere Katastrophenfälle einstellen würden und man verwies deshalb noch mit einer gewissen Beruhigung auf die zeitlich großen Abstände, in denen derartige Lagen auftreten. Es war zuletzt im Jahre 1903 und davor 1882, und zwar beide Male im September, daß der Oberkärntner Raum von einer Hochwasserflut ähnlichen Ausmaßes heimgesucht wurde. Auch heute wissen wir nicht, wann wieder eine solche Niederschlagskatastrophe über uns hereinbrechen wird, wir können aber sagen, daß sie auf Jahrzehnte hinaus gesehen leider unausbleiblich ist.

Hinsichtlich der Frage, in welchen Monaten derartige Fälle bevorzugterweise auftreten, ist auf Grund der bisherigen Erfahrungswerte, die in Kärnten indirekt aus den Wasserführungen der Drau gewonnen werden können, eine genauere Aussage möglich. Aus langjährigen Daten maximaler Pegelstände der Drau bei Villach, wobei von jeder Hochwasserführung nur ein Maximum herangezogen wurde, ergibt sich für den Zeitraum 1893 — 1965 eine Häufigkeitsverteilung, die folgendermaßen aussieht:

	A	M	J	J	A	S	O	N	Jahr
Ab 3 m (HQ = 440 m <sup>3</sup> /sec)	3	32	<b>107</b>	80	38	24	18	9	311 Fälle
Ab 4 m (HQ = 732 m <sup>3</sup> /sec)	—	4	<b>11</b>	3	4	6	7	3	38 Fälle
Ab 4,5 m (HQ = 900 m <sup>3</sup> /sec)	—	2	—	1	1	2	2	—	8 Fälle
Ab 4,5 m mit 1882 und 1966:	—	2	—	1	2	<b>3</b>	2	1	

Es zeigt sich, daß die 3-m-Marke in 60 % aller Fälle im Juni oder Juli überschritten wird. Darin kommen die monsunalen Schlechtwettereinbrüche im Vorsommer zur Geltung. Ansonsten erfolgt der Anstieg der Häufigkeit im

Frühjahr sehr rasch, der Abfall im Herbst wesentlich langsamer. Bei der Limitierung ab 4 m dominiert auch noch das Junimaximum, es ist aber auch schon ein zweites im Oktober vorhanden, das offenbar mit dem sekundären herbstlichen Niederschlagsmaximum konform geht. Pegelstände von 4,5 m und mehr werden offensichtlich nur selten erreicht. Sie sind in dem 73jährigen Zeitraum im April und Juni überhaupt nicht vorgekommen. Die beiden Fälle im Mai lassen vermuten, daß an der damaligen Hochwasserführung noch Schneerücklagen aus dem Gebirge beteiligt waren. Ansonsten zeigt die Verteilung ein breites Maximum, das sich vom Juli bis zum November ausdehnt, wobei unter Einbeziehung des Jahres 1882 die Spitze im Monat September auftritt.

Eberhard Cla r

## Geologische Grundlagen der Murentätigkeit

(Kurzfassung)

Der Vortrag versucht in allgemeinerer Form einzelne Haupttypen der Abkunft des Geschiebes unserer Wildbäche geologisch zu kennzeichnen, denn unter den verschiedenen Hochwasserschäden haben wohl die Muren die engste Abhängigkeit von den geologischen Gegebenheiten. Die Darstellung gründet sich nicht auf eine spezielle Bearbeitung der Katastrophenereignisse der letzten Jahre in Kärnten und Osttirol, kann aber mit Hilfe einiger von der Kärntner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft und der Österreichischen Draukraftwerke Aktiengesellschaft zur Verfügung gestellter Lichtbilder teilweise darauf Bezug nehmen.

Geologisch gesehen ist die Murentätigkeit eine gleichgeartete Fortführung der seit dem Rückzug der Eiszeitgletscher ablaufenden Verschüttung der großen Täler, die erst mit sozusagen durchschnittlichen, nicht aber mit extrem hohen Abflüssen im Gleichgewicht zu stehen scheint oder künstlich ins Gleichgewicht gebracht werden konnte.

Vom geologischen Aufbau maßgebend bestimmt ist natürlich schon die Geländeformung als Voraussetzung der Murentätigkeit, oder das den