

Unsere Untersuchungen beziehen sich auf alle Gesteine, welche die Wirkungen der Rieskatastrophe erlitten, durch dieselbe geformt und gebildet wurden oder im Bereich des Ries nach dem Riesereignis entstanden. Diese Riesgesteine im engeren Sinne kann man in einige Hauptgruppen einteilen (vgl. PREUSS 1964, ENGELHARDT 1967 a): Kalkschollen und Kalkgriese sind durch die Zertrümmerung von Weißjurakalken entstanden. Die Bunte Breccie entstand aus allen Sedimentgesteinen (Tertiär, Malm, Dogger, Lias und Keuper) und meist geringeren Mengen kristallinen Materials. Kristalline Trümmersmassen bestehen aus z. T. sehr großen Massen einheitlicher kristalliner Gesteine, die in sich mehr oder weniger stark zerbrochen sind, oder aus brecciösen Gemengen verschiedener Gesteine des kristallinen Untergrundes. Die Suevit genannte Breccie enthält neben einem geringen Anteil von Sedimenten kristalline Gesteine in verschiedenen Stadien der Umwandlung und Aufschmelzung sowie die als Fladen oder Flädle bekannten Glasbomben. Schließlich sind zu den Riesgesteinen auch noch die verschiedenen jungtertiären Sedimente zu rechnen, die sich am Ufer und im Inneren des Riesbeckens bildeten, als dieses nach der Kraterbildung von einem Süßwassersee erfüllt war. Dazu gehören die ufernah gebildeten Süßwasserkalke und Strandkonglomerate und die meist mergelig-tonigen Beckenablagerungen.

Unsere Untersuchungen, über welche wir heute berichten können, haben sich auf den Suevit, die Bunte Breccie und die kristallinen Trümmersmassen erstreckt. Sie werden in den Abschnitten 21, 22 und 23 gesondert behandelt. Die Beteiligung einzelner Mitarbeiter an besonderen Themen, insbesondere auch an den Arbeiten im Gelände, ist nicht streng abzugrenzen. Doch waren, resp. sind an der Untersuchung der einzelnen Gesteinsgruppen bisher die folgenden Mitarbeiter in erster Linie beteiligt:

Suevit: BARANYI, BORUS, BERTSCH, ENGELHARDT, FÖRSTNER, HÖRZ, JEZIORKOWSKI, SCHÜLE, STAEHLE, STÖFFLER.

Bunte Breccie: SCHNEIDER. Kristalline Trümmersmassen: ABADIAN, STÖFFLER, WEISKIRCHNER.

Noch nicht in Angriff genommen haben wir bisher die Untersuchung der Kalkschollen und Kalkgriese sowie der tertiären Seesedimente. Eine Untersuchung der Süßwasserkalke ist kürzlich von H. FÜCHTBAUER und Mitarbeitern (Geologisches Institut der Universität Bochum) begonnen worden.

Bei der näheren Untersuchung des Suevit, insbesondere seiner Kristallin- und Glasbomben-Einschlüsse stellte es sich heraus, daß nicht nur die Hochdruckminerale Coesit und Stishovit in ihm vorkommen, sondern verschiedene andere ungewöhnliche Umwandlungen von Mineralen, wie sie von normalen Metamorphiten aller Art nicht bekannt sind. Da ähnliche Erscheinungen von anderen vermutlichen Meteoritenkratern, aus Kratern von Atomexplosionen und von Stoßwellenexperimenten bekannt wurden, wurde der Begriff der Stoßwellenmetamorphose entwickelt, welcher alle Erscheinungen, insbesondere bei gesteinsbildenden Mineralen, zusammenfaßt, welche durch Stoßwellen mit hohen Spitzendrücken hervorgebracht werden (vgl. hierzu das von FRENCH und SHORT [1968] herausgegebene Symposium und einzelne speziell auf das Ries bezogene Arbeiten: STÖFFLER 1965, 1966, CHAO 1966 a, b, 1967, ENGELHARDT und STÖFFLER 1966). Im Hinblick auf die Rekonstruktion der Bedingungen des



Riesereignisses haben wir uns mit den allgemeinen Fragen der Stoßwellenmetamorphose beschäftigt, worüber im Abschnitt 1 zusammenfassend berichtet wird. Wir haben uns nicht darauf beschränkt, eigene Beobachtungen in den Riesgesteinen und die anderer Forscher in anderen Kratern auszuwerten, sondern auch versucht, durch Experimente bei statischen und dynamischen Höchstdrücken diejenigen Umwandlungen und Deformationen zu erzeugen, welche in den Riesgesteinen und in den Breccien anderer Krater beobachtet werden können. Auf die bei dynamischen (Stoßwellen) von MÜLLER und Mitarbeitern und bei statischen Höchstdrücken von ARNDT und STÖFFLER bisher durchgeführten Arbeiten kann im Rahmen dieses Berichtes im einzelnen nicht eingegangen werden. Doch sind die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse zusammen mit den Daten anderer Autoren die Grundlage für die Angaben über die Druckgrenzen der einzelnen Stufen der Stoßwellenmetamorphose.

Schließlich wird es auch wichtig sein, die Riesgesteine mit Gesteinen anderer Krater zu vergleichen, für welche ebenfalls ein meteoritischer Ursprung angenommen wird. Einige Untersuchungen in dieser Richtung wurden in Zusammenarbeit mit canadischen Kollegen ausgeführt, resp. begonnen. Zwei Arbeiten beziehen sich auf Gesteine vom Clearwater-Lake-Krater in Quebec (ENGELHARDT, HÖRZ, STÖFFLER, BERTSCH 1966, ENGELHARDT und DENCE in Vorbereitung). Im Rahmen einer Dissertation hat DWORAK (1969) auf Grund eigener Feldarbeiten mit einer canadisch-amerikanischen Geologengruppe durch Stoßwelleneinfluß isotropisierte Anorthosite aus dem Manicouagan-Krater in Quebec untersucht, einem der größten aller Krater, für welche meteoritischer Ursprung vermutet wird.

Daß im Steinheimer Becken, ca. 40 km westlich vom Rieszentrum, ebenfalls Anzeichen für die Wirkung starker Stoßwellen vorkommen, wurde kürzlich aufgezeigt (ENGELHARDT, BERTSCH, STÖFFLER, GROSCHOFF, REIFF 1967). Damit wird eine frühe Vermutung von ROHLER (1933) über den meteoritischen Ursprung dieser Struktur bestätigt.

## 1. Stoßwellenmetamorphose (D. STÖFFLER)

### 1.1. Allgemeines

Treffen große Meteoriten oder Kometen mit kosmischer Geschwindigkeit auf der Erdoberfläche auf, so entstehen im Gesteinsuntergrund (wie auch im Asteroiden) mit mehrfacher Schallgeschwindigkeit sich fortpflanzende Druckdiskontinuitäten (Stoßwellen) hoher Energie, deren Spitzendrucke und Spitzentemperaturen entsprechend einer kugelschaligen Ausbreitung vom Kollisionszentrum radial nach außen hin abnehmen. Der von einer solchen dynamischen Druckbeanspruchung erfaßte Gesteinsbereich erleidet je nach Größe und Geschwindigkeit des auftreffenden Körpers für kurze Zeiten (Mikrosekunden bis Zehntel Sekunden) Drucke von maximal einigen Megabar und Spitzentemperaturen von einigen Zehntausend Grad im Zentrum des Aufschlags bis zu Normaldruck- und -temperatur in einigen Kilometern Entfernung vom Kollisionszentrum (vgl. DAVID 1966). Bevor durch eine von der Rückseite des Meteoriten zum Erdinnern hin sich ausbreitende Verdünnungswelle der Mechanismus des Kraterauswurfs in Gang kommt, sind im Gesteinsuntergrund kurzzeitig kugelschalige Zonen unterschiedlicher, d. h. mit wachsendem Radius abnehmender Druck- und