

## Alter und Abfolge der vulkanischen Ereignisse auf den Äolischen Inseln/Sizilien

von

**Jörg Keller, Freiburg i. Br.**

Mit 7 Abbildungen und 2 Tabellen

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Auf den Äolischen Inseln werden insgesamt acht Niveaus glazialeustatischer Terrassen bis in Höhen des altquartären Sizil-Meeresspiegels beschrieben.

Eine zeitliche Gliederung der vulkanischen Ereignisse aufgrund der Terrassierung von Vulkanbauten und der vulkanischen Überschüttung von Terrassen ergab, daß der Vulkanismus im wesentlichen in zwei Zyklen abgelaufen ist: Ältere, bis in +45 m über dem heutigen Meeresspiegel durch marine Abrasion terrassierte Vulkanbauten sind in der Mindeleiszeit entstanden, während eine jüngere Gruppe von Vulkanen im Würm-Holozän tätig war. Zwischen beiden Zyklen liegt eine lange Zeit vulkanischer Ruhe.

Allein Panarea zeigt höheres Alter als Mindel. Panarea ist praesizil, wohl ältestquartär entstanden.

Eine Zusammenfassung der chronologischen Ergebnisse der Terrassengliederung und einiger C<sup>14</sup>-Datierungen ist in einer neuen Zeittabelle der Äolischen Inseln gegeben.

### R i a s s u n t o

Si riferisce per le Isole Eolie l'esistenza di 8 livelli di terrazze marine formate durante il Pleistocene (terrazze dell'eustatismo glaciale fino a + 105 m s. l. d. m.). Basando su queste terrazze la cronologia delle eruzioni vulcaniche mostra due fasi principali del vulcanismo eoliano: Un ciclo pre-tirreniano (Mindel) e l'altro nel Würm-Olocene. L'Isola di Panarea è la più vecchia presentando terrazze nel livello del Siciliano.

La stratigrafia degli eventi vulcanici è indicata in una nuova tabella cronologica.

## Inhalt

I. Einführung in den derzeitigen Kenntnisstand	34
II. Die glazialeustatische Terrassen	38
1. Die Erscheinungsweise	38
2. Die Korrelation mit der Glazialgliederung des Quartärs	40
III. Überlagerung von Tuffen verschiedener Inseln	43
1. Die Grauen Porrituffe	43
2. Der Titanit-Bimsstaub	44
3. BERGEATs „Tufflöß“	46
IV. Obsidianartefakte des Neolithikums	46
V. Lagerung und Abfolge auf den einzelnen Inseln	46
1. Salina	46
2. Lipari	51
3. Filicudi	54
4. Alicudi	56
5. Panarea mit seinen Klippen	56
6. Stromboli und Vulcano/Vulcanello	59
VI. Die Zeittabelle der Äolischen Inseln	61
VII. Der Verlauf der petrochemischen Entwicklung mit der Zeit	61
VIII. Dank	65
IX. Angeführte Schriften	65

### I. Einführung in den derzeitigen Kenntnisstand

Die Äolischen Inseln — Lipari, Salina, Stromboli, Panarea, Vulcano, Filicudi und Alicudi — sind eine Inselgruppe im Tyrrhenischen Meer vor der Nordküste Siziliens von ausschließlich vulkanischer Entstehung. Der Vulkanismus dieser Inseln wird mit dem im Jungtertiär erfolgten Einbruch der Tyrrhenischen Masse in Zusammenhang gebracht. Das Fehlen nicht-vulkanischer Sedimente mit stratigraphisch verwertbaren Fossilien erschwert die zeitliche Einordnung der vulkanischen Ereignisse.

Die bestehenden Zeitgliederungen von CORTESE & SABATINI 1892 und von BERGEAT 1899 sind Terrassengliederungen, die auf den jungtertiären und quartären Veränderungen des Meeresspiegels basieren. Hierbei stützten sich diese Autoren auf die Ergebnisse der Jungtertiär- und Quartärgliederung im südlichen Kalabrien. In diesem Gebiet gelangte SEGUENZA zu der Vorstellung von regionalen Spiegelveränderungen, die weit über das heute angenommene Maß hinausgehen, da er den lokalen Einfluß der beträchtlichen jungen Hebung nicht beachtete. „Das altpliocäne Meer brandete um den Gipfel des 1958 m hohen Aspromonte, des größten Berges des heutigen Südcalabriens“, referiert BERGEAT.

Tabelle 1  
Zeitfolge der Ereignisse auf den Liparischen Inseln  
nach A. BERGEAT (1899, S. 250)

Zeit	Meer	Stromboli	Panaria	Salina	Lipari	Vulcano	Filicudi	Alicudi	
Frühpliocän und Miocän	zuletzt Denudation	? Strombolichio		Monte Rivi	? Timponi		? Alte Basaltmassen im Westen der Insel		
Spätpliocän	Tiefsee				Mazzaruso M. Chirica	Urkegel	Fossa delle Felci	Basaltkegel	
Siciliano					Monte Rosa				
Quartär	Saariano inferiore Meeresspiegel über 250 m	Urkegel	Dattilovulk Hauptinsel	Alter Pol- larakegel	Monte St. Angelo	Einsturz des Urkegels Parasiten	Terrione Capo Gra- ziano Montagnola	Einsturz Andesit- erguß im Osten	
					Fossa delle Felci				Cordjerit- andesit
					III. Jüngere Basalte, Andesit, Trachyt, Liparit und Dacit				
					M. Guardia- gruppe	Jüngste Ba- saltergüsse von Alt- Vulcano			
	Saariano superiore Meeresspiegel unter 250 m	1. Einsturz Leucitbasa- nit- u. Ba- saltergüsse Tuffe d. Cima	Basiluzzo	Monte dei Porri					
				Ablagerung des Lösses auf dem trockengelegten Land					
				Junger Pol- larakrater	Monte Pelato Rocche rosse Forgia vecch.				
Prä- histo- risch	Keine nachweis- bare Schwankung	2. Einsturz Sciarra				Lentiakrater Einsturz der Lentia Fossa Faraglioni			
Histor.						? Vulcanello			

Die unmittelbare Folgerung aus den kalabrischen Verhältnissen ist die Ansicht von CORTESE & SABATINI und von BERGEAT, daß die Äolischen Vulkane — mit Ausnahme der jüngsten — submariner Entstehung seien. BERGEAT sah in Schichtung und Verlagerungserscheinungen der Tuffe auf den Äolischen Inseln deutliche Spuren mariner Sedimentation bis in Höhen von 400 bis 500 m über dem heutigen Meeresspiegel und deutete Verebnungsflächen bis in diese Höhe als marine Abrasionsterrassen. Der Vergleich der Höhenlage dieser Terrassen mit der Höhenlage von paläontologisch datierten plio-pleistozänen Sedimenten in Kalabrien ergab BERGEATS Zeitgliederung, nach der der Vulkanismus der Äolischen Inseln im Miozän/Pliozän begann und bis heute andauert. Diese Gliederung (Tab. 1) ist bis heute in Verwendung (z. B. JAKOB 1958; NICKEL 1964), obgleich wesentliche Praemissen nicht aufrecht zu erhalten waren. Es zeigt sich in dieser Tabelle, daß BERGEAT schon fast alle der Vulkanbauten und Eruptionszentren kannte und daß die relative Aufeinanderfolge der vulkanischen Ereignisse innerhalb jeder Insel im wesentlichen richtig angenommen ist. Nicht stichhaltig ist die Zuordnung zu bestimmten stratigraphischen Einheiten des Jungtertiärs und Quartärs und die Parallelisierung von Ereignissen auf verschiedenen Inseln.

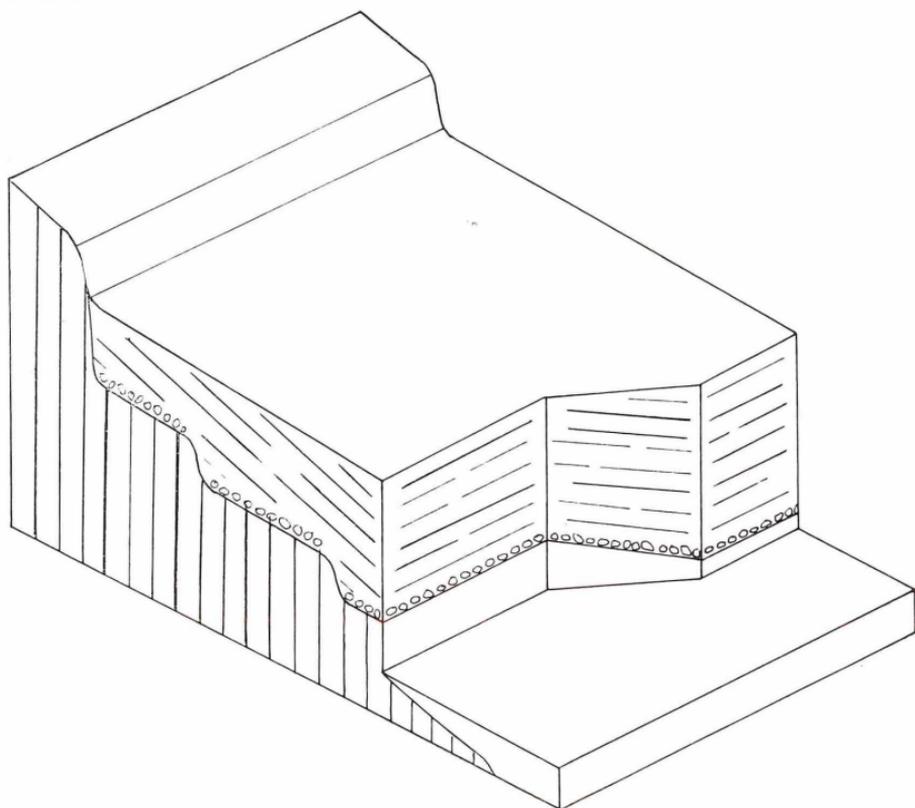
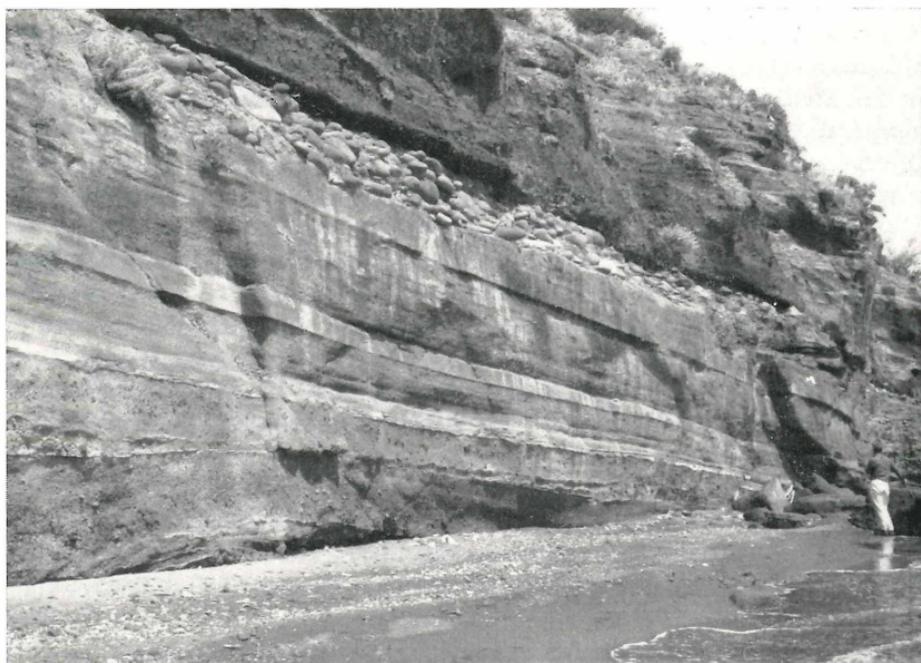
Zum Verständnis von BERGEATS Stratigraphie sei festgestellt, daß das Saariano superiore (Saharien superieur) von SEGUENZA nach M. GIGNOUX (1913, S. 9) in Kalabrien das älteste Niveau mit Strombus-Fauna ist, also dem Tyrrhen (I) = Mindel-Riß-Interglazial entspricht.

Die Berufung auf SEGUENZAS kalabrische Ergebnisse war in mehrfacher Hinsicht unberechtigt, und alle daraus resultierenden Schlußfolgerungen sollten eliminiert werden.

Schon die extreme tektonische Heraushebung Kalabriens in junger Zeit schließt einen rein altimetrischen Vergleich als Grundlage einer Stratigraphie aus. Weiterhin sind die Ergebnisse und Deutungen SEGUENZAS von GIGNOUX 1913 in seiner Pliopleistozänstratigraphie des süditalienischen Raumes in wichtigen Punkten auch für Kalabrien selbst abgelehnt worden. Und auf den Äolischen Inseln ist schon frühzeitig (z. B. DE FIORE 1922 für Vulcano) mit vollem Recht dagegen Stellung genommen worden, Tuffe hunderte Meter über dem Meer als submarin klassifizieren zu wollen. Nirgendwo finden sich in diesen Höhen strukturelle Kriterien für marine Sedimentation, nirgendwo die Erscheinungsformen submariner Vulkanite (Pillow-Laven, Hyaloklastite), die aus den benachbarten Vulkangebieten der Monti Iblei und der Insel Ustica bekannt geworden sind.

---

Abb. 1. Erscheinungsweise der Abrasionsterrassen glazialeustatisch erhöhter Meeresspiegelstände auf den Äolischen Inseln. — a) Konglomeratlage des jüngeren Monastir (+6 bis 8 m) über Schlackentuffen der Fossa delle Felci/Salina. Überschüttung der Terrasse durch Graue Porrituffe. — Südlich Pozzo d'Agnello bei S. Marina. — b) Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Küstenanschnitt und Lage des Konglomerathorizontes.



Unbestritten ist die marine Entstehung der eindrucksvollen und langbekannten (HOFFMANN 1832, Taf. I, Fig. 4) Brandungskonglomerate, welche in den Steilküsten mehrerer Inseln angeschnitten sind (Abb. 1). Diese Konglomeratlagen zeigen Abrasionsterrassen an, jedoch in wesentlich tieferem Niveau als von BERGEAT angegeben. Nach PICHLER (1964) steigen solche glazialeustatischen Abrasionsflächen bis maximal 30 m über NN an. Dies entspricht der Spiegelhöhe des Tyrren, welches mit dem Mindel-Riß-Interglazial parallelisiert wird. Ein weiteres Niveau wird als Monastir (Riß-Würm-Interglazial) mit +7 bis 15 m angegeben.

Hier wird vom Vorhandensein von insgesamt acht verschiedenen Abrasionsniveaus berichtet. Alle Terrassen sind durch Abrasionskonglomerate als marin ausgewiesen, so daß rein morphologische Verebnungsflächen unberücksichtigt bleiben konnten. Der höchste Konglomerathorizont liegt bei ca. +105 m über NN.

Das älteste an einem Vulkanbau auftretende Abrasionsniveau gibt an, daß der Vulkanbau zur betreffenden Zeit schon vorhanden war. Das Auftreten von Terrassierungen ergibt also *Minimalalter*, und es ist nicht möglich, ohne Zusatzargumente (Abb. 3) z. B. aus dem Vorhandensein eines +30-m-Niveaus pliozänes Alter auszuschließen (wie von PICHLER 1964 argumentiert wird). Fehldatierungen ließen sich dadurch vermeiden, daß das Fehlen von Terrassen bzw. Konglomeraten *allein* nicht als Beweis für junges Alter verwendet wurde. Junges Alter ist jedoch erwiesen, wenn Tuffe oder Laven in primärer Lagerung jüngere Abrasionsterrassen überschüttet haben. Dies kann für eine ganze Reihe Äolischer Vulkane gezeigt werden.

Um die Ereignisse auf den verschiedenen Inseln parallelisieren zu können, wurde weiterhin Wert darauf gelegt, charakteristische Tuffe im Profil mehrerer Inseln zu identifizieren. Zwei Leit-Tuffe konnten auf drei bzw. vier Inseln nachgewiesen werden.

Das Auffinden von neolithischen Obsidianklingen *auf* als jung erkannten Vulkaniten ergab die Möglichkeit, den Vulkanismus nach oben hin zeitlich abzugrenzen.

Zusätzliche Fixpunkte wurden durch einige C<sup>14</sup>-Datierungen gewonnen.

## II. Die glazialeustatischen Terrassen

### 1. Die Erscheinungsweise der Terrassen

Die glazialeustatischen Terrassen der Äolischen Inseln sind in den wenigsten Fällen morphologisch in ihrer ursprünglichen Form erkennbar, da sie meist von jüngerem Material überschüttet wurden. Es erscheint allenfalls im Anschnitt der rezenten Steilküste eine 1 bis 3 m mächtige Blocklage des Abrasionskonglomerates (Abb. 1). Daraus wird verständlich, warum bisher

niemals mehrere durch Konglomerate bewiesene Abrasionsniveaus übereinander berichtet wurden, obgleich sich unter der Verschüttung oftmals eine ganze Terrassenfolge verbirgt.

Da die Fläche der ehemaligen Abrasionsschorre meerwärts einfällt, hängt die Höhenlage des Konglomerathorizontes im Küstenanschnitt davon ab, wie weit die heutige Steilküste gegen das ehemalige Kliff eines Niveaus rückverlegt ist. Schließt die Richtung der heutigen Küste mit dem Streichen der fossilen Schorre einen Winkel ein, so erscheint die Konglomeratlage im Küstenanschnitt gekippt. Diese Überlegungen sind in Abb. 1b schematisch dargestellt. Nur Schnitte annähernd senkrecht zur ehemaligen Klifflinie können zwei oder mehrere Niveaus getrennt durch ein Steilkiff zeigen. Dieser Fall ist mehrfach in den Küsten Äolischer Inseln verwirklicht (Abb. 2 und 3). Die Höhenlage jedes Spiegelstandes wird am sichersten aus der Konglomerathöhe an der Basis solcher Kliffaufschlüsse ermittelt. Häufig ist der rezente Küstenabbruch so weit fortgeschritten, daß die jüngeren = tieferen Konglomerathorizonte nicht mehr vorhanden sind.

Ausgehend von den Verhältnissen auf der Insel Salina wurden fünf Abrasionsterrassen festgestellt (Abb. 2), welche in folgenden Höhenlagen auftreten:

- 3— 4 m über dem heutigen Meeresspiegel
- 6— 8 m
- 12—15 m
- 25—30 m
- 40—45 m

Mehr oder weniger vollständig ist diese Abfolge auch auf Lipari und Filicudi entwickelt. Auf Alicudi sowie Stromboli und Vulcano sind bisher keine Konglomerate gefunden worden. Diese drei Inseln spielen deshalb in den vorliegenden Überlegungen eine untergeordnete Rolle. Doch soll am Schluß diskutiert werden, wieweit die Verhältnisse auf den terrassierten Inseln Analogieschlüsse für Alicudi, Stromboli und Vulcano erlauben bzw. wieweit das Fehlen von Terrassen dort für junges Alter spricht.

Die dicht beieinanderliegenden Terrassen der beiden niedrigsten Stände sind oft fluktuierend unscharf ineinander übergehend. Nur die Analyse sehr günstiger Aufschlüsse erlaubt eine Identifizierung des +3—4-m-Standes. Für Lipari und Filicudi ist dieses Niveau deshalb in der Tab. 2 erst als wahrscheinlich angegeben.

Zusätzlich zu den genannten Terrassenhöhen fanden sich auf Panarea, der kleinsten, weil am stärksten zerstörten, der Äolischen Inseln, Konglomerathorizonte in

- 60— 62 m über dem heutigen Meeresspiegel
- 78— 80 m
- 100—105 m

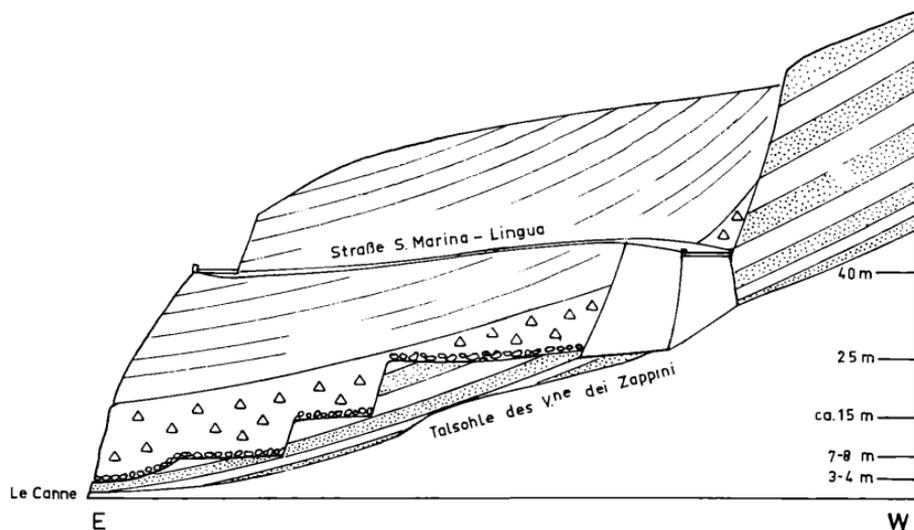


Abb. 2. Terrassierung der Fossa delle Felci/Salina. Überschüttung der Terrassenfolge durch Schwemmschutt und durch Graue Porrituffe. Das +15-m-Niveau ist aus unmittelbar benachbarten Aufschlüssen in den Profilschnitt projiziert, das andernorts nachgewiesene +40-m-Niveau ist unter der Straßenverbauung verborgen. — Talaustritt des Vallone dei Zappini südlich S. Marina.

## 2. Die Korrelation der Terrassen mit der Glazialgliederung des Quartärs

Die ganze Folge von Abrasionsterrassen der Äolischen Inseln stimmt vollkommen überein mit dem glazialeustatischen Normalprofil des Mittelmeergebietes, d. h. mit den Terrassenhöhen, die aus tektonisch ungestörten Gebieten berichtet werden (BLANC 1942, PFANNENSTIEL 1951, WOLDSTEDT 1958, ZEUNER 1959, CHUBERT 1962).

Marine Fossilien sind in den Konglomeraten äußerste Seltenheiten. Bisher wurde nur von der Punta Palmeto/Lipari ein den Tyrrhenterrassen aufliegender Fossilhorizont mit Lamellibranchiaten, Gastropoden, Korallen und Foraminiferen von MERCALLI und von CORTESE beschrieben. Im gleichen Niveau fanden sich am Capo auf Salina abgerollte Ostreenschalen mit anhaftenden Ostracoden und Foraminiferen. Ein Fossilhorizont von der Nordseite des Capo Graziano auf Filicudi im Monastirniveau (5—6 m) erbrachte neuerdings reichliches Material an Mollusken, Foraminiferen, Ostracoden, Korallen und Kalkalgen. Leider fehlen allen Fundpunkten bisher die erhofften Charakterformen der Strombus-bubonius-Fauna des Tyrrhen und Monastir. Paläontologisch läßt sich die Datierung der Terrassenfolge bislang nicht belegen, alle Arten leben noch heute im Mittelmeer.

Die Übereinstimmung der Terrassenhöhen auf den Äolischen Inseln mit den „klassischen Höhen glazialeustatischer Terrassen“ (WOLDSTEDT) ergibt nach PFANNENSTIEL, WOLDSTEDT und ZEUNER folgende Korrelierungen:

3— 4 m	Epimonastir	Ausgehendes Riß-Würm- Interglazial oder Frühwürm- Interstadial
6— 8 m	Monastir II (=Late-Mon.)	} (=Tyrrhen II) Riß-Würm-Interglazial (Eem)
12— 15 m	Monastir I (=Main-Mon.)	
25— 30 m	} Tyrrhen (=Tyrrhen I)	Mindel-Riß-Interglazial
40— 45 m		
ca. 60 m	Milazzo	Günz-Mindel-Interglazial?
80—100 m	Sizil	Praegünz??

Die Parallelisierung von Tyrrhen und Monastir mit den beiden letzten Interglazialen ist allgemein anerkannt und wird auch durch neuere  $\text{Th}^{230}/\text{U}^{234}$ -Datierungen (STEARNS & THURBER 1965) gestützt. Nomenklatorische Fragen nach der Berechtigung der Namen *Monastir* und *Milazzo* sind hier ohne Wichtigkeit. Nachdem sich gezeigt hatte, daß die entsprechenden Stufen zwar an den Typlokalitäten nicht oder nicht unbestritten vorhanden sind, wurde ihre Selbständigkeit als glazialeustatische Niveaus an anderen Orten erneut bestätigt (CHOUBERT, GIGOUT, SELLI). Die ursprüngliche Ansicht von CASTANY & OTTMAN 1957, daß *Monastir* und *Tyrrhen* identisch seien, es also nur ein Niveau mit *Strombus-bubonius*-Fauna gäbe, hat sich nicht bestätigt.

Die Milazzostufe in ca. 60 m Höhe wird allgemein mit dem Günz-Mindel-Interglazial parallelisiert. Dagegen gibt FAIRBRIDGE 1961 Kurven, nach denen *Milazzo* und *Tyrrhen* (I) zusammen ins Mindel-Riß-Interglazial gehören sollen. Dies glaubt FAIRBRIDGE aus „modifizierten“ MILANKOWITSCH- und EMILIANI-Kurven ablesen zu können. Dieser Deutung stehen jedoch genügend geologische und faunistische Argumente entgegen, so daß ihr nicht gefolgt werden kann.

Durch einfaches Weiterzählen vom Günz-Mindel-Interglazial rückwärts gelangt man für die Sizilstände und die Terrassen der Kalabrischen Stufe ins Praegünz. Eine detailliertere Korrelation mit altquartären Stufen der Vereisungsgebiete sollte man sich angesichts der spärlichen Vergleichsmöglichkeiten versagen, jedoch ist pleistozänes Alter paläontologisch durch kälteliebende Formen belegt.

Uneinigkeit herrscht bei der Zuordnung von jungen Spiegelständen, die nur wenige Meter über dem heutigen Meeresspiegel (+2 bis 5 m) liegen. Allgemein anerkannt ist ein solches Niveau während des postglazialen Wärmeoptimums. FAIRBRIDGE gibt sogar mehrere solcher Stände mit dazwischenliegenden geringen Regressionen für den Zeitraum zwischen 6000 und 2000 Jahren vor heute an. ZEUNER (1953, 1959) reiht ein Niveau von +3 bis 4 m Höhe als „Epimonastir“ in das Göttweiger Interstadial zwischen Würm I und Würm II ein. Nachdem Pollenuntersuchungen an Lössen als Göttweig bezeichnete Verlehmungszonen ins Eem (Riß-Würm-Interglazial) versetzen und ein Göttweiger Interstadial im Würm in der ursprünglichen Auffassung nicht aufrechtzuhalten ist (FRENZEL 1964; GROSS 1964), bleiben zwei Ansichten über die Zuordnung des Epimonastir: Entweder dieses Niveau gehört ins Frühwürm und wird dann mit dem Brörup-Interstadial (> 50 000 Jahre) parallelisiert (CHUBERT; MÜLLER-BECK) oder es stellt ein drittes, jüngstes Niveau des Riß-Würm-Interglazials dar (FAIRBRIDGE). Bei WOLDSTEDT 1958 erreicht der Meeresspiegel nach dem Monastir I und II (Main- und Late-Monastir) überhaupt erst wieder im Postglazial einen höheren Stand als heute. Die Altersbestimmungen von STEARNS & THURBER, welche 115 000 bis 140 000 Jahre für Main-Monastir und 75 000 bis 95 000 Jahre für Late-Monastir ergaben, lassen möglicherweise die Interpretation von FAIRBRIDGE zu, der Late- und Epimonastir mit 90 000 bis 95 000 bzw. 75 000 bis 80 000 Jahren datiert. FAIRBRIDGE parallelisiert danach ZEUNERS Epimonastir mit GIGOUTS Ouljian, während nach WOLDSTEDT das Ouljian dem Late-Monastir entsprechen soll.

Daraus ist zu ersehen, daß eine 3—4-m-Terrasse nicht mit Sicherheit zu datieren ist. Für die Äolischen Inseln konnte Postglazial ausgeschlossen werden, da eine C<sup>14</sup>-Datierung der Terrassenbedeckung von Salina (14C<sub>1</sub>) > 36 000 Jahre ergab (S. 44). Ob die Terrasse ins späte Riß-Würm-Interglazial oder ins Frühwürm gehört, muß offenbleiben, hat jedoch hier auch keine allzu große Bedeutung: Vulkanite unmittelbar auf der 3—4-m-Terrasse sind auf jeden Fall würmzeitlich.

Wenn es auch zunächst gewagt erscheint, vulkanische Inseln auf der Basis von Terrassenhöhen zeitlich einzuhängen, da tektonische Verstellungen oder bradyseismische Auf- und Abbewegungen der Inseln das ursprüngliche Bild der Terrassenabfolge verschleiern müßten, hat sich diese theoretische Befürchtung nicht bestätigt. Die Übereinstimmung der Terrassenhöhen mit den klassischen glazialeustatischen Werten tektonisch stabiler Gebiete ist zu klar, um zufällig sein zu können. Die Vergleichbarkeit der Niveaus so weit auseinanderliegender Inseln, wie Panarea und Filicudi, also von Inseln, die bei zwischenliegenden Wassertiefen von über 1300 m nicht mehr einem einheitlichen Sockel aufliegen, spricht gegen tektonische Ursachen der Terrassenbildung. Weiterhin sind Verwerfungen mit merklichem Verstellungsbetrag auf den Äolischen Inseln ausgesprochen selten. Dem Verfasser ist kein ein-

ziger Punkt bekannt, an dem in den idealen Aufschlüssen der Steilküsten eine Konglomeratlage tektonisch versetzt ist. Alle Stellen, die dies scheinbar zeigen, erwiesen sich als fossile Kliffe zwischen zwei Terrassenniveaus. Daraus ist eine überraschende tektonische Inaktivität in postvulkanischer Zeit abzulesen, die erlaubt, mit der Höhenlage der Terrassen als Marken glazialeustatischer Meeresspiegelstände zu arbeiten.

Ein Charakteristikum glazialeustatischer Meeresspiegelveränderungen ist das Oszillieren von Tief- zu Hochständen. Tektonische Bewegungen sind eher einsinnig. Deshalb sei auf das Küstenprofil nördlich Passo di Megna bei S. Marina Salina verwiesen, wo ersichtlich ist, daß die Talmündung des Vallone del Castagno bis unter den heutigen Meeresspiegel eingetieft war, bevor sie mit Ansteigen des Meeres auf den +45-m-Stand des Tyrrhen bis in diese Höhe verfüllt wurde.

### III. Überlagerung von Tuffen verschiedener Inseln

#### 1. Die Grauen Porrituffe

Die Eruptionstätigkeit des Monte dei Porri auf Salina begann mit der Förderung von mächtigen grauen Aschentuffen und aschenreichen Tuffbreccien. Diese initialen Sprengtuffe des Porri waren bisher in ihrer Bedeutung völlig unbekannt, obgleich sie die ganze Insel Salina überschüttet haben und sich auf den Terrassenflächen zu bis zu 50 m Mächtigkeit aufgehäuft haben (Abb. 2). BERGEAT nannte diese Tuffe „Quartär“, PICHLER sprach sie als „umlagerte Tuffe der Fossa delle Felci“ an.

Kennzeichen dieser „Grauen Porrituffe“ sind zunächst die Zeichen starker Eruptionsregen: Die feinkörnigen Aschenlagen sind pisolithisch ausgebildet. Die starke Durchfeuchtung des Materials hat syngenetisch zu fortwährender Schlammstrombildung geführt, angezeigt durch eine Wechselagerung von Lahar-Ablagerungen und direkt-sedimentierten Tuffen in den Profilen der Terrassenbedeckung auf der Insel Salina. Hauptbestandteil der Tuffe sind neben resurgenten andesitischen Vulkaniten olivgraue, stark schlakige Lapilli und deren feinere Zerreibungsprodukte, welche den Tuffen die charakteristische olivgraue Gesamtfarbe verleihen. Die Schwermineralfraktion der Lapilli besteht aus Hypersthen, Augit und Olivin (Korn-Prozent ca. 3:3:2). Ein ebenfalls vorhandener Hornblendegehalt ist in seinem quantitativen Anteil starken Schwankungen unterworfen. Charakteristische akzessorische Bestandteile der Grauen Porrituffe sind Auswürflinge von schwarz-weißen Kristallakkumulithen aus Pyroxen und Plagioklas ( $\pm$  Olivin), bunte Kalksilikatfelse aus Grossular, Augit und Wollastonit und grüne Pyroxenite. Bei vollständigem Profil der Tuffe bildet eine reine Lage schwarzer Schlacken den Hangendabschluß (Malfa/Salina mehrere Meter, S. Marina Salina 1 m, Lipari 20 cm mächtig).

Die Grauen Porrituffe liegen auf der +3—4-m-Terrasse des Epimonastir. Eine  $C^{14}$ -Bestimmung von Holzkohle, die unmittelbar unter der Basis der Porrituffe gefunden wurde ( $14C_1$ ) ergab  $> 36\,000$  Jahre. Die Entstehung des Monte dei Porri fällt in die Würm-Eiszeit.

Die angeführten Charakteristika der Grauen Porrituffe ermöglichten es, auch Tuffe auf Lipari als Porrituffe zu identifizieren. Westlich Quatropani bedecken graue Lapillituffe und pisolithische Aschentuffe mit den charakteristischen Auswürflingen 6 bis 7 m mächtig die Terrassenfläche bei Bonanno. Im Bereich der Punta Palmeto ist die Wechsellagerung von abgeschwemmtem Material mit direkt sedimentierten Tuffen (graded bedding, Aschenpisolithagen) gut entwickelt. Unmittelbar vor den Toren der Stadt Lipari zeigen die Aufschlüsse im Vallone Ponte (r 49525 / h 425775) die Porrituffe noch 70 cm mächtig:

Hangendes:	Unterer Bimshorizont (Südlipari)		
	6 m braune verwitterte Tuffe		
	20 cm Schwarze Schlackenlapilli	}	Porrituffe
	50 cm { Wechsel von grauen Lapillituffen mit		
	feinen Aschentuffen, Kristallakkumulithe		
	3 m braune verwitterte Tuffe		
Liegendes:	„Granat-Cordierit-Andesit“ des Monte S. Angelo		

Im Terrassenprofil der Bucht von Drauto auf Panarea sind die Porrituffe noch als 10 cm mächtige Feinlapillilage (0,5 bis 1 cm  $\phi$ ) vorhanden.

## 2. Der Titanit-Bimsstaub

Auf Salina wurde (Küstenprofil Gramignazzo-Malfa, Rinella, Lingua) eine weiße Bimsstaublage von ca. 35 cm Mächtigkeit entdeckt (KELLER 1966, S. 105), welche nicht aus Eruptionen dieser Insel abzuleiten ist. Auf Salina herrschte zur Ablagerungszeit des Bimsstaubes vulkanische Ruhe. Der Bimsstaub ist sehr feinkörnig, maximale Korndurchmesser erreichen gerade Millimetergröße. Der Medianwert ( $M_d$  = Durchmesser bei 50% der Kornsummenkurve) beträgt 0,05 mm.

Der Schwermineralinhalt in Korn-Prozenten ist:

Biotit	Hornblende	Augit	Hypersthen	Titanit	Apatit	Olivin
16	16	40	24	3	0,5	0,5

Die Leichtmineralfraktion besteht ausschließlich aus Plagioklas.

An der Westküste Liparis ist der Bimsstaub 25 bis 30 cm mächtig aufgefunden worden, in Panarea-Drauto 10 cm mächtig und am Capo Gra-

ziano auf Filicudi  $> 60$  cm. Die Korngrößenverhältnisse sind an allen Fundpunkten merkwürdig gleich.

Eine analoge Biotit-Hornblende-Hypersthen-Assoziation weisen nur wenige Vulkanite der Äolischen Inseln auf: Die Klippen Panareas, die Pollarabimse auf Salina und die Montagnola/Capo-Graziano-Gesteine auf Filicudi.

Pollara scheidet als Herkunft des Bimsstaubes schon aufgrund der Profilposition auf Salina eindeutig aus. Auch sind die Pollarabimse durch deutlich geringere Hypersthen- und höhere Olivingehalte ausgezeichnet. Die Gesteine der Panarea-Klippen führen zusätzlichen Sanidin, auch weisen die Mächtigkeiten der Vorkommen auf einen Eruptionspunkt im Westen. Es bleibt nur Filicudi. Auf Filicudi ist im Gegensatz zu bisherigen Ergebnissen das Capo Graziano terrassiert und trotz der petrographischen Identität wesentlich älter als die Glimmer-Hornblende-Pyroxen-Phänoandesite der Montagnola, welche Monastirterrassen bedecken. Der Bimsstaub liegt auch auf Salina den Terrassen auf. So kann er nicht vom Capo Graziano stammen. Von den heute bekannten Vulkanen der Äolischen Inseln kommt als Herkunftsort für den Bimsstaub nur die Montagnola auf Filicudi in Frage.

Der charakteristischste Bestandteil Titanit ist bisher m. W. aus keinem Vulkanit der Äolischen Inseln beschrieben worden. Somit kann dieses Mineral noch nicht zur Identifizierung der Herkunft verwendet werden. Immerhin findet sich Titanit in granitischen Einschlüssen der Montagnola, aus deren anatektischer Aufschmelzung oder syntektischer Einschmelzung die Rhyodazite entstanden zu denken sind.

Die Feinkörnigkeit des Bimsstaubes auch auf Filicudi fordert bei Herkunft von der Montagnola als Eruptionsmechanismus nicht eine gewaltige Explosion, sondern ein primäres Zerblasen des Magmas wie aus einer Düse. Aber die Feinkörnigkeit ist selbstverständlich auch als die auf längerem Transportweg gesonderte Feinfraktion größerer Bimsruption zu erklären. Deshalb sei betont, daß das westlicher gelegene Ustica keine Gesteine mit Hypersthen geliefert hat und daß dieses Mineral aufgrund des petrographischen Charakters der dortigen atlantischen Gesteine auch nicht als Hauptgemengteil zu erwarten ist. Ustica ist also kein möglicher Herkunftsort.

Es bleibt die Feststellung, daß nur die Montagnola auf Filicudi als Herkunftsort in Betracht kommt, doch sei auch die Einschränkung wiederholt: unter den heute bekannten Vulkanen der Äolischen Inseln. Jedoch selbst wenn diese Ableitung eines Tages aufzugeben sein sollte, bleibt die Brauchbarkeit der Titanit-Bimsstaubablage als hervorragender Leithorizont zur Korrelierung der Profile verschiedener Inseln davon unberührt.

Der Titanit-Bimsstaub liegt auf Salina zwischen den würmzeitlichen Porrituffen und den Pollaratuffen (Abb. 4). Die Pollaraeruptionen fallen nach einer  $C^{14}$ -Datierung ( $14C_2$ ) an die Wende Würm/Holozän ( $12970 \pm 180$  Jahre vor heute). Der Bimsstaub ist somit ins spätere Würm zu legen.

### 3. Bergeats „Tufflöß“

Die Bezeichnung „Tufflöß“ wurde von BERGEAT für gelb- bis kastanienbraune, feinsandige Lockersedimente eingeführt, die in Mächtigkeiten bis zu einigen Metern weite Teile von Salina, Lipari, Panarea, Filicudi und Vulcano bedecken. Mit dem etwas unglücklichen Namen wollte BERGEAT ausdrücken, daß es sich um äolisch umgelagertes Feinmaterial vulkanischer Herkunft handelt. Diese Deutung ist dadurch etwas belastet, daß der Tufflöß auf BERGEATS Karten eine zu große Verbreitung besitzt und auch Material unter die Tufflößsignatur gestellt wird, das nicht als äolisches Sediment angesprochen werden kann, z. B. die leicht verwitternden braunen Tuffe, die auf Lipari in Verknüpfung mit den Bimstufen des „Unteren Bimshorizontes“ (Guardia-Gruppe) weit verbreitet sind. Die genetische Vorstellung von BERGEAT konnte jedoch für typisches Material bekräftigt werden (KELLER 1966, S. 100). Als zeitlicher Fixpunkt kann die Tufflößbildung nicht verwendet werden, da gleichartige Produkte der äolischen Auswehung zu verschiedenen Zeiten entstanden sind. Ein Maximum der Tufflößbildung liegt jedoch offensichtlich im Würm.

## IV. Obsidianartefakte des Neolithikums

Klingen, Schaber und bearbeitete Splitter aus liparischem Obsidian finden sich in großer Verbreitung auf den Feldern der Äolischen Inseln. Diese Funde sind Ausdruck der Kulturlüte der Äolischen Inseln während der Jungsteinzeit. Werden die Obsidiansplitter auf jungen Vulkaniten gefunden, so sind sie ein wertvolles Altersindiz für die Abgrenzung nach oben. Als für geologische Belange vollauf genügender Mittelwert können die Artefakte auf 2000 v. Chr. datiert werden. Denn die erste neolithische Kultur mit Obsidianindustrie, jene von Castellaro auf Lipari (ca. 3000 v. Chr.) ist auf den Inseln noch nicht allgemein verbreitet. Hingegen zeigt die Kupferzeit bereits einen starken Verfall der Obsidianindustrie, und in den Dörfern der bronzezeitlichen Capo-Graziano-Kultur (1800 bis 1400 v. Chr.) ist diese fast verschwunden (BREA 1958, S. 107).

## V. Lagerung und Abfolge auf den einzelnen Inseln

### 1. Salina

Sechs selbständige Vulkane bauen die Insel Salina auf: Die beiden mächtigen Stratovulkane der Fossa delle Felci und des Monte dei Porri, die Vulkanruinen des Monte Rivi, des Capovulkans und des Pizzo di Corvo und der Pollarakrater. In dieser Aufzählung ist gegenüber BERGEAT der Capovulkan in der Nordostecke Salinas hinzugekommen, nachdem auch PICHLER angegeben hat, daß BERGEATS Rivivulkanstock nicht nur von einem Vulkanbau gebildet wird. Die Bezeichnung „alter Pollaravulkan“ für den

Pizzo di Corvo wird durch Corvovulkan ersetzt, da dieser Vulkan keinerlei genetische Beziehungen zum „jungen Pollaravulkan“, dem Pollarakrater, aufweist.

Nach der Überlagerung der Eruptionsprodukte läßt sich auf Salina die gesicherte Altersreihe Capovulkan — Rivivulkan — Fossa delle Felci — Monte dei Porri — Pollarakrater feststellen. Der Corvovulkan ist nach petrographischen Analogien zeitlich neben Capovulkan und Rivivulkan zu stellen:

jung	Pollarakrater		Dazite - Rhyodazite
	Monte dei Porri		Andesite
	Fossa delle Felci		Labradoritandesite - Dazite
alt	Rivivulkan	Corvokegel	Basaltandesite - Labradoritandesite
	Capovulkan		

Der Capovulkan zeigt am Capo Faro Tyrrhenterrassen in +40 m und in +25 m Höhe (Abb. 3). Bei der Lokalität Sopra Liuzzi\* ist das Kliff zwischen den beiden Ständen im Küstenprofil aufgeschlossen. Der Rivivulkan zeigt nördlich Passo di Megna eine Aufschüttungsterrasse des 40—45-m-Standes. In dieser Akkumulationsterrasse des höchsten Tyrrhenstandes finden sich schon charakteristische Hornblende-Hypersthen-Bimse der jüngsten Fossaeruptionen. In einem kleinen Aufschluß am nordöstlichen Serro del Acqua/S. Marina ist das 45-m-Niveau mit Konglomeraten auch in Fossamaterial eingeschnitten.

Der vollständige Kranz von Terrassen der Fossaostküste wurde in Abb. 2 gezeigt. Nur kurz sei hier präzisiert, daß keinerlei Argumente für PICHLERS Deutung dieses Punktes sprechen. Danach gäbe es nur ein Abrasionsniveau, welches eingeschnitten sei in Rivimaterial und bedeckt sei durch Fossatuffe. Unter den Konglomeraten liegen Fossaschlacken und darüber Porrituffe! Ebenso wenig gehören terrassierte Dazite (Dazite i. S. v. STRECKEISEN 1966) westlich Lingua zu einem Vorläufer des Fossavulkanismus, sondern mit zu den jüngsten Fossaprodukten! Somit ist die Fossa delle Felci nicht unterterrassiert und jung wie bei PICHLER, sondern mit Capovulkan, Corvokegel und Rivivulkan praetyrrhen angelegt!

Unmittelbar praetyrrhen liegt die Mindeleiszeit, die Zeit der Römischen Regression des Mittelmeeres (A. C. BLANC 1942). Wie läßt sich für die genannten Vulkane angeben, daß sie mindelzeitlich und nicht etwa älter sind?

Alle Ortsbezeichnungen in dieser Arbeit beziehen sich auf die Ausgaben 1:25 000 des „Foglio 244 della carta d'Italia“, herausgegeben vom Istituto Geografico Militare in Florenz, Ausgaben 1958.

Milazzo-Terrassen des Günz-Mindel-Interglazials fehlen. Wir haben jedoch gesehen, wie leicht man ganze Terrassenfolgen übersieht. Auch können ehemals vorhandene Terrassen völlig zerstört worden sein und heute objektiv fehlen. Die Küstenwände südlich Capo Faro beantworten diese Frage: In Schlackentuffen des Capovulkans hat bei höheren Meeresspiegelständen eingedrungenes Meerwasser eine Art „Grundwassermarken“ hinterlassen. So zeigen im Anschnitt der heutigen Küstensteilwand Färbungsunterschiede und horizontale Striche die Hauptwasserstände an. Wie Abb. 3 zeigt, können diese Striche mit den Konglomeratlagen verbunden werden. Höhere Striche als das 40—45-m-Niveau sind nicht vorhanden, obgleich hierbei im Gegensatz zu morphologischen Terrassen alle Voraussetzungen zur Erhaltung einmal angelegter Marken gegeben wären und ein subjektives Übersehen von höheren Wasserstandsmarken ausscheidet.

Capo-, Rivi- und Corvovulkan sowie die Fossa delle Felci sind demnach vor dem Tyrrhen entstanden, waren aber während des Milazzo-Spiegels noch nicht vorhanden. Da auch das Fehlen von Hinweisen auf submarinen Vulkanismus für Entstehung zur Zeit eines glazialeustatisch abgesehen k t e n Meeresspiegels spricht, ist die wahrscheinlichste Altersangabe für diese vier Vulkane die Zeit der Römischen Regression = Mindel-Eiszeit.

Jünger als alle Terrassen ist die Tätigkeit des Monte dei Porri, da die Grauen Porrituffe (KELLER 1966, S. 69 ff.), die Produkte der initialen Porri-

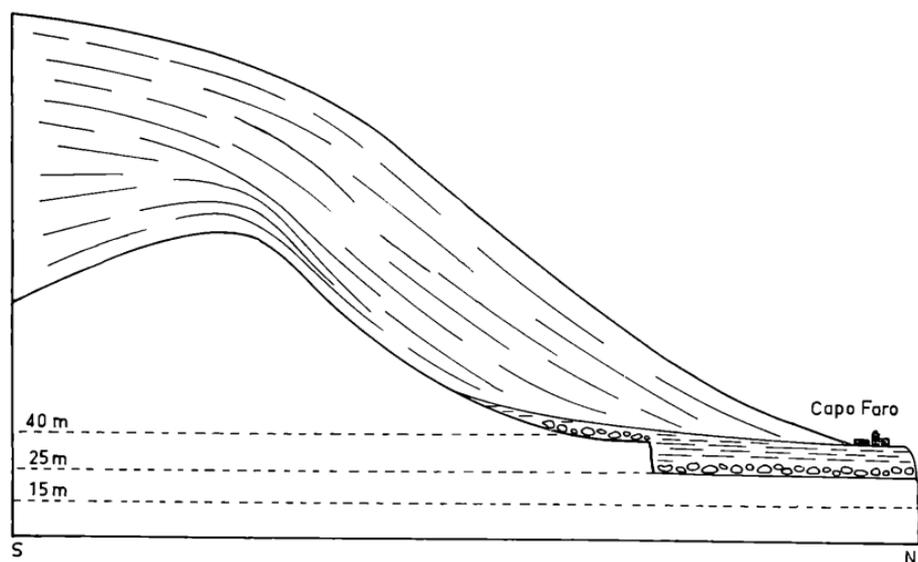


Abb. 3. Steilküstenanschnitt mit „Wasserstandsmarken“, hervorgerufen durch in Schlackentuffe des Capovulkanes eingedrungenes Meerwasser zur Zeit höherer Meeresspiegelstände. — Nördliche Ostküste von Salina.

eruptionen, den jüngsten Terrassen aufliegen. Die Entstehung des Porri ist würmzeitlich. Das angegebene  $C^{14}$ -Alter einer Holzkohlenprobe ( $14C_1$ ) unter den Porrituffen ( $> 36\,000$  a) könnte dem Alter des Porri recht nahekommen.

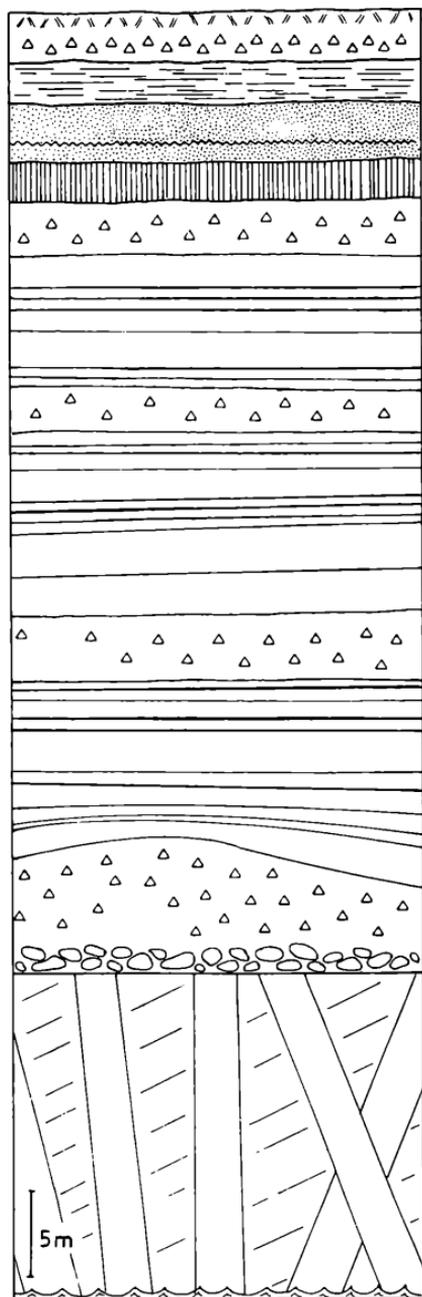
Wie vorsichtig man mit morphologischen Altersargumenten sein muß, geht aus der Datierung von Fossa (Mindel) und Porri (Würm) hervor. Nach PICHLER (1964, S. 811) sind „ die Stratovulkane der Fossa delle Felci und des Monte dei Porri mehr oder weniger gleichaltrig und müssen aufgrund ihrer morphologisch noch sehr gut erhaltenen Vulkanformen jungen Alters sein“. Weder die Form des Vulkankegels noch der wundervoll erhaltene Gipfelkrater der Fossa delle Felci reihen diesen Vulkan in den jungpleistozänen Zyklus ein.

Zur Geologie von Salina sei angemerkt, daß ein bedauerlich hoher Anteil von PICHLERS Aussagen (1964) über diese Insel ungenügend oder nicht begründet ist und mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmt. Außer dem zeitlichen Verhältnis von Fossa und Porri muß auch der petrographischen Charakterisierung dieser Vulkane widersprochen werden: Der Monte dei Porri ist nicht rhyodazitisch, sondern hat Pyroxen-Andesite mit 54%  $SiO_2$  und bis ca. 8% Norm-Quarz gefördert. Der Fundpunkt der von PICHLER angeführten Analysenprobe gehört zum Pollarakrater! Die Dünnschliffbeschreibung zu dieser Analyse scheint sich nicht auf ein Gestein von Salina zu beziehen (KELLER 1966, S. 81 u. 90 f.)! Auch die Fossa delle Felci ist nicht rein rhyodazitisch. Hypersthen-Dazit bis -Rhyodazite bedecken nur einen Großteil der Oberfläche des Kegelmantels, weil sie zu den letzten Produkten der Fossatätigkeit gehören. Der quantitativ wichtigste Teil der Fossa ist ein Schlackenkegel aus Labradorit-Andesiten, der schon ca. 800 m Höhe erreicht hat.

Im Würm-Profil der Terrassenbedeckung (Abb. 4) folgen über den Grauen Porrituffen mehrere Meter Tufflöß, während deren Ablagerung die vulkanische Tätigkeit auf Salina ruhte. Eingelagert im Tufflöß ist die mit der Entstehung der Montagnola auf Filicudi verknüpfte Titanit-Bimsstaublage.

Jüngstes Ereignis auf Salina war die Bildung des großen Pollarakraters in der Nordwestecke der Insel. Die Entstehung dieses Kraters war nicht, wie bisher angenommen, einphasig, sondern basale Sprengstoffe mit Hornblende-führenden Bimsen sind durch einen geringmächtigen Paläosolhorizont von den hangenden weißen Biotitbimsen von Pollara getrennt (KELLER 1966, S. 86 f.). Aus diesem Paläosol stammt eine Holzkohlenprobe, welche auf  $12970 \pm 180$   $C^{14}$ -Jahre vor heute datiert wurde ( $14C_2$ ). Dies kann als Durchschnittsalter für den Pollarvulkanismus gelten.

Entgegen bisherigen Ergebnissen hat der Pollarakrater auch Laven gefördert. Die mächtigen Hornblende-Dazit-Ströme der Punta di Perciato und des Scoglio Faraglione bei Pollara liegen an der Basis der Pollara-Sprengtuffe und gehören zu den ersten Produkten des Pollara-Vulkanismus.



Boden mit Obsidianartefakten

Pollara-Sprengtuffe

Tuffloß mit Titanit-Bimsstaublage  
von Filicudi

Schwarze Schlackentuffe des Porri

Graue Aschen- und Lapillituffe der  
initialen Porrieruptionen, geschichtet und  
als Schlammstrom-Ablagerungen

in Wechsellagerung mit

murartig von den Hängen  
des Serro del Capo abgeschwemmtem,  
eckigem Grobtschutt

Strandkonglomerate  
des +25- bis 30-m-Niveaus

Abradierte Gangbildungen im Zentrum  
des Capovulkans

Abb. 4. Küstenprofil des Gramignazzo, Nordküste von Salina.  
Profilpunkt r 48730/h 427050.

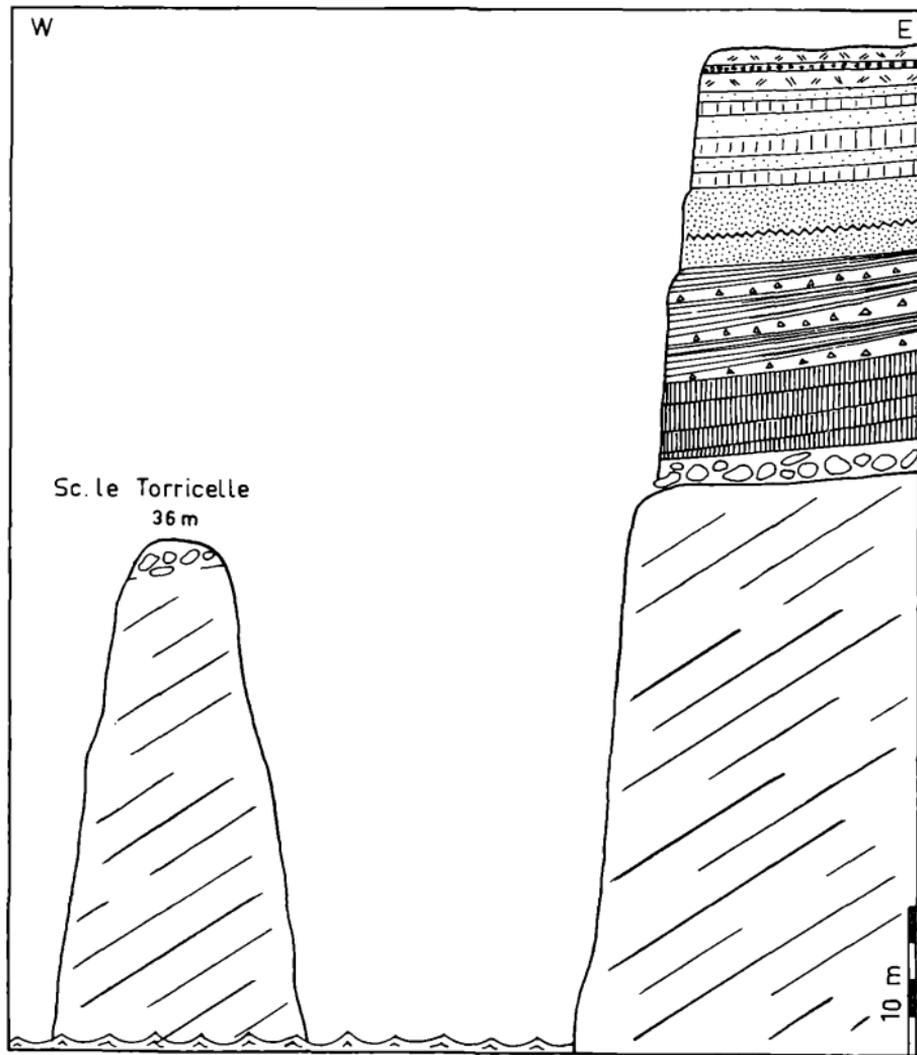
Zusammenfassend läßt sich als wichtigstes Ergebnis der zeitlichen Gliederung von Salina formulieren, daß zwei nach ihrer Entstehungszeit jeweils eng zusammengehörende Gruppen von Vulkanzentren vorliegen: „Alte“ Vulkane sind terrassiert und mit hoher Wahrscheinlichkeit bzw., wenn die *allgemein angenommene* Parallelisierung glazialeustatischer Hochstände mit Interglazialzeiten und speziell der Tyrrhenstände mit dem Mindel-Riß-Interglazial akzeptiert wird, mit Sicherheit in der Mindel-Eiszeit entstanden. „Junge“ Vulkanbauten sind nicht terrassiert, ihre Produkte bedecken auch die jüngsten der glazialeustatischen Terrassen, wodurch sich Würm bis Holozän als Alterseinstufung ergibt. Die Aufteilung der vulkanischen Ereignisse auf diese beiden Zyklen hat sich inzwischen auch für andere Inseln des Äolischen Archipels als Gesetzmäßigkeit von allgemeiner Gültigkeit erwiesen. Für keinen der Äolischen Vulkane ließen sich Argumente beibringen, die für eine Entstehung während der Ruheperiode zwischen beiden Zyklen, im Mindel-Riß, Riß oder Riß-Würm, sprechen könnten.

## 2. Lipari

Lipari ist die größte der Äolischen Inseln und vulkanologisch recht vielfältig zusammengesetzt. Nach BERGEAT lassen sich fünf Baueinheiten zusammenfassen: die Timponi der Westküste, zu denen auch Mazzacaruso und Chirica zu stellen sind, der Doppelvulkan des Monte Rosa an der Ostküste, der Monte S. Angelo, die Liparite der Guardia-Gruppe Südliparis und die jungen Liparite, welche als Obsidianströme und Bimstufe im Nordosten der Insel im Bereich des Monte Pelato gefördert wurden.

Ein an der Westküste nördlich der Punta Palmeto aufgenommenes Profil (Abb. 5) verbessert die bei BERGEAT noch ziemlich willkürliche stratigraphische Einordnung und die Parallelisierung mit den anderen Inseln:

Die Timponi gehören — wie die basaltandesitischen, älteren Vulkane auf Salina — ins Praetyrrhen, wohl in die Mindel-Eiszeit. Über dem von PICHLER 1964 als maximale Höhe angegebenen Abrasionsniveau in +30 m sind nach der Abbildung bei den Torricelle-Klippen Konglomerate bis ca. +45 m nachgewiesen. Unmittelbar nördlich des Profilverpunktes ist das Kliff zwischen dem 25—30-m-Niveau und dem 40—45-m-Niveau zu beobachten. Diese Tyrrhenterrassen sind längs Liparis Westküste an den Timponi durchgehend als Konglomerathorizont zu verfolgen. Im weiteren Küstenbereich der Fossa di Faurdo sind Konglomerate der Monastirhöhen vorhanden. Als Bedeckung der Terrassen folgt das jungpleistozäne Profil der Abb. 5: An der Basis wurden die grauen, grobsandigen Tuffe aufgefunden, die in der Rückwand des Bagno Secco mächtig entwickelt sind und nach BERGEATS Argumentation dem Monte S. Angelo entstammen müssen. Darüber folgen Graue Porrituffe von Salina. Beim auf S. 44 angegebenen Aufschluß im Vallone Ponte liegen die initialen Porrituffe auch



Bimstuff von NE-Lipari

„Unterer Bimshorizont“  
mit Lagen brauner, verwitterter Tuffe

„Tufflöß“ mit Titanit-Bimsstaublage

Graue Porrituffe von Salina  
mit Schwemmschutt wechsellagernd

S. Angelo-Tuffe

Abrasionskonglomerat des 40- bis 45-m-Niveaus

Basischer Sockel von Lipari, „Timponi“

Abb. 5. Profil bei der Torricelle-Klippe an der  
Westküste von Lipari

Profilpunkt r 49145/h 426070

über dem jüngsten Produkt des S. Angelo, dem „Granat-Cordierit-Andesit“ (BERGEAT). Überschüttung der Monastirterrassen und Bedeckung durch Porrituffe engen die Tätigkeit des Monte S. Angelo auf früheres Würm ein. BERGEAT hatte den S. Angelo mit der mindelzeitlichen Fossa delle Felci auf Salina parallelisiert.

Am Profilpunkt bei den Torricelle-Klippen liegt über Porrituffen und dem auch hier nachgewiesenen Titanit-Bimsstaub die Tuffserie, die BERGEAT als „Unterer Bimshorizont“ bezeichnet hat, deren Verbreitung jedoch viel ausgedehnter ist, als von BERGEAT angegeben. Diese Tuffe gehören genetisch zu den Lipariten Südliparis, der Guardia-Gruppe. Ein Teil der Liparitkuppen ist älter, ein Teil jünger als der Untere Bimshorizont. So kann dieser als Zeitmarke für die ganze Gruppe dienen. Der Untere Bims nimmt auf Lipari die Profilposition der Pollaratuffe auf Salina ein. Eine Überlagerung dieser beiden Einheiten ist bisher nicht gegeben. Pollara war mit  $12970 \pm 180$  Jahren vor heute datiert ( $14C_2$ ).

Die jüngsten Eruptionen auf der Insel Lipari waren die Förderungen von liparitischen Obsidianströmen und Bimstufen im Nordosten der Insel, die Monte Pelato-Rocche Rosse-Forgia Vecchia-Gruppe. Schon BERGEAT kannte eine Unterteilung in ältere und jüngere Obsidiane, vollzog diese Trennung jedoch nicht für die Bimse. Vom Monte Chirica über S. Elmo bis in die südliche Wand der Gabellotto-Schlucht unterteilt ein Tufflößhorizont mit Paläosol-Oberkante die Bimse in eine liegende und eine geringer mächtige hangende Abteilung. Im Paläosol *z w i s c h e n* beiden Bimstuff-Einheiten wurden in neuester Zeit Obsidianklingen des Neolithikums gefunden. (Nach einer freundlichen Auskunft gebührt die Priorität dieser bisher unpublizierten Entdeckung H. PICHLER.) Der Verfasser kennt einen Bearbeitungsplatz solcher Klingen und Schaber aus Obsidian im Sattel zwischen Chirica und S. Angelo, unmittelbar östlich von Punkt 470 (r 49445/h 426150).

Damit sind die älteren Obsidiane (Punta di Sparanello, Gabellotto-Schlucht) und die älteren Bimse (untere Einheit der Chirica-Bedeckung, südliche Wand der Gabellotto-Schlucht) einem praeneolithischen Vulkan im Bereich des heutigen Monte Pelato zuzuordnen („Untere Pelato-Liparite“), während der Bimskegel des Monte Pelato selbst mit den nicht mehr von Bimstufen bedeckten Obsidianströmen der Rocche Rosse und der Forgia Vecchia postneolithisch einzustufen sind („Obere Pelato-Liparite“). Damit ist die Aussage von BERGEAT (S. 141) korrigiert: denn in historischer Zeit hat kein Ausbruch mehr auf Lipari stattgefunden, und der Ursprung auch der Lava von Rocche rosse reicht trotz ihres jungfrischen Aussehens noch über die Zeiten der ersten, jedenfalls sehr frühen Besiedlung des schönen Eilandes zurück.“

Ein erstaunliches Resultat ergab eine  $C^{14}$ -Datierung von einer Holzkohlenprobe aus dem Paläosol über den Obsidianartefakten ( $14C_3$ ):  $1220 \pm 100$   $C^{14}$ -Jahre vor heute. Dieser Alterswert ruft eine von DOLOMIEU (1783,

S. 73) berichtete Legende in Erinnerung zurück: Man erzählt auf Lipari, daß der Inselheilige S. Calogero den Teufel mit seinem Feuer aus dem Schwarzen Stein (das ist nach der topographischen Beschreibung Pelato/Rocche Rosso) verjagt habe und der Teufel sich darauf unter der Insel Vulcano festgesetzt habe und Lipari seit der Zeit vom vulkanischen Feuer befreit sei. Dieselbe Legende berichtet ZAGAMI (1960, S. 134) für Pirrera, das heißt für die auch nach geologischen Argumenten mit der Rocche Rosse gleichaltrige Forgia Vecchia. S. Calogero lebte im sechsten nachchristlichen Jahrhundert, also durchaus im Toleranzbereich der angeführten C<sup>14</sup>-Datierung.

Die jüngsten Obsidianströme und Bimse Liparis sind damit die jüngsten Vulkanite der Äolischen Inseln überhaupt — abgesehen von den heute aktiven Kratern. Für die jeweils jüngsten Vulkane von Salina, Filicudi, Alicudi und Panarea ist postneolithischer Vulkanismus auszuschließen, da deren Produkte von Obsidianklingen bedeckt werden.

Noch unbesprochen ist die zeitliche Stellung des östlichen Vorgebirges der Insel Lipari, des Monte Rosa. BERGEAT betrachtet diesen Doppelkegel wegen des basischen Chemismus seiner Produkte als relativ alt. Der Monte Rosa wird auch von der jungpleistozänen (Würm-Holozän) Tuffserie Liparis einschließlich der grauen Angelotuffe überschüttet. Abrasionsterrassen oder Konglomerate fehlen. Nicht nur die wohlerhaltene Vulkanmorphologie des exponierten Vorgebirges spricht für junges Alter, sondern vor allem die s u b m a r i n e n Hänge des Monte Rosa sind ein Musterbeispiel für den steilen Küstenabfall junger Kegel der Äolischen Inseln. Eine submarine Abrasionsplattform wie bei allen älteren Vulkanen, die für Zerstörung einmal angelegter Terrassen sprechen könnte, ist in diesem gut ausgeloteten Gebiet nicht zu erkennen. Daher wird der Monte Rosa an die Basis des Würm-Holozän-Zyklus vulkanischer Aktivität auf Lipari gestellt. Petrographische Analogieschlüsse sprechen nicht gegen diese Einstufung, nachdem die sehr ähnlichen Andesite des Porri auf Salina ebenfalls würmzeitlich sind.

### 3. Filicudi

Filicudi hat seit BERGEAT 1899 keine Neubearbeitung erfahren. BERGEAT zählt vier vulkanische Einheiten auf: Fossa Felci, Terrione, Montagnola und Capo Graziano. Nachdem die westlich vorgelagerten Klippen La Canna und Montenassari zu weit von der Fossa Felci entfernt liegen, um auf diese bezogen zu werden, postuliert BERGEAT noch einen älteren, basaltischen Vulkan im Westen der Insel.

Die Fossa Felci ist jedoch nur der höchste und besterhaltene einer Reihe gleichartiger basaltandesitischer Vulkane im westlichen Teil der Insel. Daß die westlichsten, ausgesetztesten Teile dieser Fossa Felci-Gruppe am stärksten zerstört sind, zwingt nicht zu BERGEATS Hypothese. Die Fossa Felci-Gruppe

ist von Monastir- und Tyrrhenspiegelständen terrassiert. Beispiele sind für das +25-m-Niveau der Scoglio Gialfante und für das +40-m-Niveau die Konglomeratlage unmittelbar westlich des Tales der Sciarra, das in südwestlicher Richtung vom Fossagipfel herabzieht. Die Fossa Felci-Gruppe ist somit mit den Timponi Liparis und mit den mindelzeitlichen Vulkanen auf Salina zu parallelisieren, mit denen sie auch petrochemisch übereinstimmt.

Der Terrione-Guardia-Vulkan ist jünger als die Fossa Felci, jedoch am Fili di Sciacca bei Porto und zwischen Pecorini und Filo di Lorani terrassiert. Das höchste bisher aufgefundene Niveau gehört zum 25—30-m-Stand. Das 40—45-m-Niveau ist bisher für den Terrione nicht belegt, jedoch auch nicht die Auflagerung auf der höheren Tyrrhenterrasse. Da die Terrione-Gesteine auch in Höhenlagen von 0 bis 40 m über NN keine Spuren submariner Ablagerung zeigen, sollte man interglaziales Alter ausschließen dürfen und den Terrione in Analogie zu den Gesteinen der Fossa delle Felci/Salina an das Ende des Mindel-Zyklus stellen dürfen.

Für den staukuppenartig extrudierten Glimmer-Hornblende-Phänoandesit der Montagnola gibt schon BERGEAT (Fig. 26, S. 211) eine Auflagerung auf Abrasionskonglomeraten an. Es handelt sich an der Mündung des Valle Lepperasso bei der Costa dello Sciarato um Monastirkonglomerate. Auch auf Filicudi ist damit eine praetyrrhene und eine würmzeitliche Phase des Vulkanismus belegt. Wenn nach den Argumenten auf S. 45 der Titanit-Bimsstaub aus den Profilen von Salina und Lipari von der Montagnola abstammt, dann ist die Montagnola wohl im späteren Würm entstanden, nämlich nach S. Angelo und Porri und vor Pollarakrater und Guardia-Lipariten.

Erstaunlich ist der neue Befund, daß am Capo Graziano Abrasionskonglomerate bis in +30 m vorkommen (Südseite, Nordostseite). Damit gehört der Glimmer-Hornblende-Phänoandesit des Capo Graziano trotz der fast vollkommenen petrographischen Übereinstimmung zeitlich nicht zu den Montagnola-Gesteinen, sondern zum älteren Zyklus.

Einem bislang nicht bekannten Vulkan sind mächtige Tuffe zuzuordnen, die die Küstenwände des Zucco Grande bis Brigantini an der Nordostküste der Insel bilden. Auch das Tal Valle la Fossa unmittelbar nördlich Filicudi Porto zeigt eine Verfüllung durch diese Zucco Grande-Tuffe. Als Krater des Zucco Grande-Vulkans ist die durch Schuttmassen verfüllte, halbrunde Hohlform zu deuten, durch die die Talrinnen beim Valle Fontana an der Nordküste münden.

Eine Bimsprobe der Zucco Grande-Tuffe lieferte an Mineralien Hornblende, Hypersthen, Augit und Plagioklas, ist also als Hornblende-Pyroxen-Phänoandesit zu bezeichnen.

Nördlich Brigantini liegen die Zucco Grande-Tuffe jungen Abrasionskonglomeraten auf, sind also würmzeitlich. Sie werden bedeckt im Valle

Fontana vom weißen Titanit-Bimsstaub. Daraus ergibt sich die Anordnung der Tabelle 2.

#### 4. Alicudi

Von Alicudi sind bisher keine Abrasionskonglomerate bekannt. Der petrographische Charakter und Chemismus der beiden Baueinheiten Alicudis, des basaltischen Urkegels und der andesitischen Neubildung nach BERGEAT, stimmen jedoch so genau mit der praetyrrhenen Entwicklung von Fossa Felci zum Terrione auf der Nachbarinsel Filicudi überein, daß es schwerfiel, gegen diese Analogien für Alicudi allein nach dem Negativbefund fehlender Terrassen jungpleistozänes Alter zu postulieren. „Auf Alicudi ist von allen Inseln des Archipels die vulkanische Tätigkeit am frühesten erloschen.“ ist der Eindruck von BERGEAT. Dem sei sich hier angeschlossen, bis neue Befunde eine sicherere Einstufung ermöglichen.

#### 5. Panarea mit seinen Klippen

Panarea ist mit seinen Klippen die morphologisch am stärksten zerstörte Insel der Liparen. Vulkanologische Rekonstruktionen sind immer bezweifelbar geblieben. Sinnvoll ist eine Dreiteilung nach petrographischen Gesichtspunkten:

1. Hauptinsel — rhyodazitische Hornblende-Pyroxen-Phänoandesite
2. Dattilo-Lisca bianca-Lisca Nera-Bottaro — Glimmer-Hornblende-Phänoandesite
3. Basiluzzo — Biotit-führender Liparitobsidian

Panarea wird von HOFFMANN 1832 in seiner Theorie eines Äolischen Erhebungskraters als älteste der Äolischen Inseln bezeichnet. Dem widerspricht BERGEAT und bezeichnet Panarea als „Gebilde mittleren Alters“ Seltsamerweise beschreibt jedoch gerade BERGEAT auf Panarea neben hohen, nur morphologisch erkennbaren Terrassen das bisher höchste Niveau eines Abrasionskonglomerates „ an der Innenseite des Ditello gegen die Bergwände zu bezeichnen in einer Höhe von 70 bis 80 m gewaltige, gerundete Strandblöcke eine zweite Uferterrasse“ (BERGEAT, S. 55. Differenzen zwischen den Höhenangaben in BERGEATS Karte und in dem heutigen Blatt Panarea des Istituto Geografico Militare/Florenz lassen den von BERGEAT angegebenen Punkt auf ca. 60 m über NN fallen.) BERGEATS Befund scheint PICHLER unbekannt geblieben zu sein, denn er gibt für Panarea wie für die anderen Inseln eine Maximalhöhe mariner Konglomerate von + 30 m an.

Wie bereits referiert, sind auf Panarea neben Monastir und Tyrrhen-Konglomeraten Terrassen des Milazzo-Standes und der Sizil-Spiegelhöhen vorhanden. Als Punkte, wo diese Terrassen durch Abrasionskonglomerate bewiesen werden, seien angegeben:

60 bis 62 m über NN r 50645/h 427690

78 bis 80 m über NN r 50620/h 427715

ca. 105 m über NN r 50635/h 427725

Der aus der Morphologie abgeleitete Verdacht auf ein Calabriano-Niveau in ca. 160 m über NN ist bisher nicht durch Konglomerate bewiesen.

Die Hauptinsel von Panarea ist damit zur mit Abstand ältesten der bekannten Vulkanbildungen der Äolischen Inseln geworden. Die Vermutung HOFFMANNs ist bestätigt. Abgesehen von der altimetrischen Position bezeugt der eindeutig höhere Verwitterungsgrad der Milazzo- und Sizilkonglomerate, verglichen mit solchen des Tyrrhen und Monastir, ein höheres Alter. Die feinkörnige Matrix der höheren Konglomerate ist hochgradig zersetzt, und die Konglomeratblöcke besitzen durchweg eine dicke (teilweise über 5 mm) limonitische Verwitterungskruste.

Es wurde einleitend dargelegt, daß die bisher vorliegenden Beweise für miozän-pliozänen Beginn des Äolischen Vulkanismus nicht stichhaltig sind. Nachdem Panarea eindeutig praesizil entstanden ist, erhebt sich die Frage, ob eventuell doch pliozänes oder gar miozänes Alter eingeräumt werden muß.

Bei CORTESE & SABATINI (1892, S. 64) findet sich ein Argument für pliozänes Alter des Äolischen Vulkanismus, das von der abgelehnten Terrassengliederung dieser Autoren unabhängig ist: In oberpliozänen Sedimenten der gegenüberliegenden sizilianischen Küste finden sich eingeschwemmte Bimsbröckchen, die auf die Äolischen Inseln bezogen werden. Der Befund ist seither nie mehr bestätigt, aber auch nicht widerlegt worden. Da aber mit Oberpliozän die später zum Quartär geschlagene Kalabrische Stufe gemeint ist, könnten diese Bimse — mineralogische Angaben sind keine gemacht — von Panarea stammen. Alter als ältestquartär läßt sich aber Panarea damit auch nicht datieren.

Auf Salina wurden als Auswürflinge des Pollarakraters Globigerinen-führende pelagische Mergelkalke und Tonmergel in großer Zahl gefunden, wie sie auch schon PICHLER 1964 bekannt waren. Die Gesteine zeigen keinerlei detritische Komponenten vulkanogener Herkunft. Man sollte daraus ablesen können, daß die Vulkaninseln zur Ablagerungszeit der Sedimente noch nicht vorhanden waren. Eine paläontologische Datierung durch die Herren Prof. HILTERMANN und Dr. GRAMANN (Hannover) ergab: Nach *Orbulina cf. universa* und *Globigerinoides cf. trilobus* (REUSS) dürfte das Gestein nicht älter als Miozän sein.

Nach miozänen Konglomeraten mit Granit- und Metamorphitkomponenten in Unteritalien (DEECKE 1891) ist die Tyrrhenis damals Liefergebiet von Kristallingeröllen und somit als Hochgebiet nicht Entstehungsort pelagischer Sedimente. Die Zugehörigkeit des Untergrundes der Äolischen Inseln zum ehemaligen Tyrrhenischen Land ist durch Kristallinauswürflinge bewiesen. Nachdem schon Funde von HOFFMANN 1892, BERGEAT 1899 und PICHLER 1964 angeführt werden, liegt nun reichhaltiges Material an

plutonischen und metamorphen Auswürflingen des Untergrundes — auch abgesehen von den kontaktmetamorphen Einschlüssen des Granat-Cordierit-Phänoandesits/Lipari und des Capo Graziano/Filicudi — von Lipari, Salina, Filicudi und Stromboli vor. Es muß an dieser Stelle vermerkt werden, daß die in letzter Zeit mehrfach diskutierten Kristallin- und Sedimentgerölle der Küsten der Äolischen Inseln nach der Diskussion bei KELLER (1966, S. 124 f.) als vom Menschen eingeschlepptes Material unbedingt aus geologischen Überlegungen ausscheiden müssen.

Das tyrrhenische Hochgebiet existierte nach BEHRMANN noch im Torton, erst im Sarmat setzte dessen Verfall ein. Erst die pliozänen Transgressionen lassen im tyrrhenischen Raum pelagische Faziesverhältnisse entstehen. Wenn man also die Auswürflinge als Sedimente ansieht, die vor dem ersten Vulkanismus entstanden sind, dann kann dieser erst im Verlauf des Pliozän eingesetzt haben. Die Entstehung von Panarea ist praesizil anzusetzen. Calabrium ist ein Minimalalter, Pliozän — vor allem höheres Pliozän — kann nicht ausgeschlossen werden, dagegen ist Miozän auszuschließen.

Ein genauer altimetrischer Vergleich der höheren Terrassen von Panarea mit dem Altpleistozän postuliert natürlich, daß der Untergrund, die Tyrrhenische Masse, seit dem Altquartär stabil geblieben ist, vor allem keine nach dem Schwerebild eventuell zu erwartende (B. J. HOFMAN 1952, S. 303) Absenkung mehr erfahren hat. Dieser Befund ist unerwartet, keinesfalls jedoch ein Gegenargument gegen die glazialeustatische Einstufung der Terrassen. Der offensichtliche Zustand isostatischer Ausgeglichenheit der Tyrrhenis sollte in Überlegungen zu deren Entstehungsgeschichte beachtet werden.

Der Liparitobsidian des Basiluzzo wird von allen Autoren als jüngste Bildung der Panarea-Gruppe angesehen. Diese Annahme wird gestützt durch BERGEATS Befund, daß auf den Terrassen von Panarea Tuffe liegen, die zum Basiluzzo bezogen werden können. Auch wo auf den anderen Inseln Liparite auftreten, gehören diese jeweils zu den jüngsten Gliedern der Abfolge. Neolithische Obsidanklingen finden sich (BERGEAT, S. 62) auf der Insel Basiluzzo (wie auch auf der Lisca bianca).

Die Glimmer-Hornblende-Phänoandesite der Klippen um Panarea, den „Dattilovulkan“, stellt BERGEAT zeitlich neben die Hauptinsel. Schwermineeraluntersuchungen an Bimstufen der Terrassenbedeckung bei Ditella, Drauto, und S. Pietro ergaben jeweils eine Biotit-Hornblende-Hypersthen-Augit-Fraktion. Dieser Mineralbestand stimmt mit dem der Biotit-Hornblende-Phänoandesite der Klippen überein, unterscheidet sich jedoch von Basiluzzo-Proben. Der Liparit des Basiluzzo zeigt viel Biotit und daneben ganz zurücktretend Klinopyroxen. Gerade der hohe Hypersthengehalt der untersuchten Bimstufte läßt nicht zu, diese zum Basiluzzo zu beziehen.

Damit gehört auch der Dattilovulkan zum jungpleistozänen Zyklus des Äolischen Vulkanismus. Genauer wird er dadurch datiert, daß die Biotit-Hornblende-Hypersthen-Bimse von Drauto über der auch hier auf Panarea als Einschaltung im Tufflöß nachgewiesenen Titanit-Bimsstaublage von Filicudi liegen. Unter der Bimsstaublage ist auch der Graue Porrituff in einer 10 cm mächtigen Feinlapillilage vorhanden.

## 6. Stromboli und Vulcano/Vulcanello

Die beiden rezent aktiven Krater der Äolischen Inseln liegen jeweils im Bereich älterer Vulkanbauten. Diese „Urkegel“ von Stromboli und Vulcano weisen keine Abrasionserscheinungen durch höhere Meeresspiegelstände auf, sind demnach zum jungen Zyklus des Äolischen Vulkanismus zu stellen. BERGEAT ordnete die Urkegel jedoch, wie in Tabelle 1 ersichtlich, nach petrographischen Analogien recht alt ein. Wie aber im anschließenden Kapitel belegt wird, reichen gleiche Kieselsäurewerte hier nicht aus, um petrologische Analogieschlüsse zu ziehen. Vielmehr bilden Stromboli und Vulcano (das nicht-rhyolithische Altvulcano und Vulcanello) bei Betrachtung des petrologischen Gesamtcharakters eine eigene Gruppe (Abb. 6), in der es keine als „alt“ ausgewiesenen, d. h. sicher dem mindelzeitlichen Zyklus angehörenden, Glieder gibt. Die bei Betrachtung des  $\text{SiO}_2$ -Gehaltes allein vielleicht bestehende Analogie zwischen Gesteinen von Altvulcano und Stromboli einerseits und den Basaltandesiten von Salina, Filicudi usw. andererseits entfällt. Danach ist das Fehlen von Konglomeraten das einzige Altersargument und beide Inseln seien zur Würm-Holozän-Phase des Äolischen Vulkanismus gestellt. Die Frage bleibt im Grunde noch offen, möglicherweise liegen aber Stromboli und Vulcano im Bereich der Datierungsmöglichkeiten der  $\text{C}^{14}$ -Methode, so daß eine Antwort gegeben werden kann, sobald geeignete Holzkohlenproben vorliegen.

Für Vulcano sei noch angeführt, daß in den dafür geeigneten Anschnitten der Süd- bis Südwestküste nirgendwo „Wasserstandsmarken“ wie auf Salina (Abb. 3) für ehemals höhere Spiegelstände sprechen. Auch werden die Lentia-Liparite sinnvollerweise in zeitlichem Zusammenhang mit den jungpleistozänen Bildungen der Guardia-Gruppe von Südlipari gesehen. Wenn nun wirklich, wie von DE FIORE (1922) und BALDANZA (1961) angegeben, die Lentia zeitgleich oder älter als Altvulcano ist, dann wäre auch durch diese Argumentation „junges“ Alter für ganz Vulcano annehmbar.

Vulcanello entstand nach DE FIORES Interpretation antiker Quellen (LIVIVS, PLINIUS, STRABO, DIODORUS SICULUS, JULIUS OBSEQUENS, PAULUS OROSIVS u. a.) im Jahre 183 v. Chr. und hatte weitere Eruptionen 126 und 91 v. Chr. Die Daten können durchaus einen Zeitraum angeben, in dem Eruptionen des Vulcanello stattgefunden haben. Sie geben nicht an, ob schon früher an gleicher oder ähnlicher Stelle Ausbrüche vorgekommen

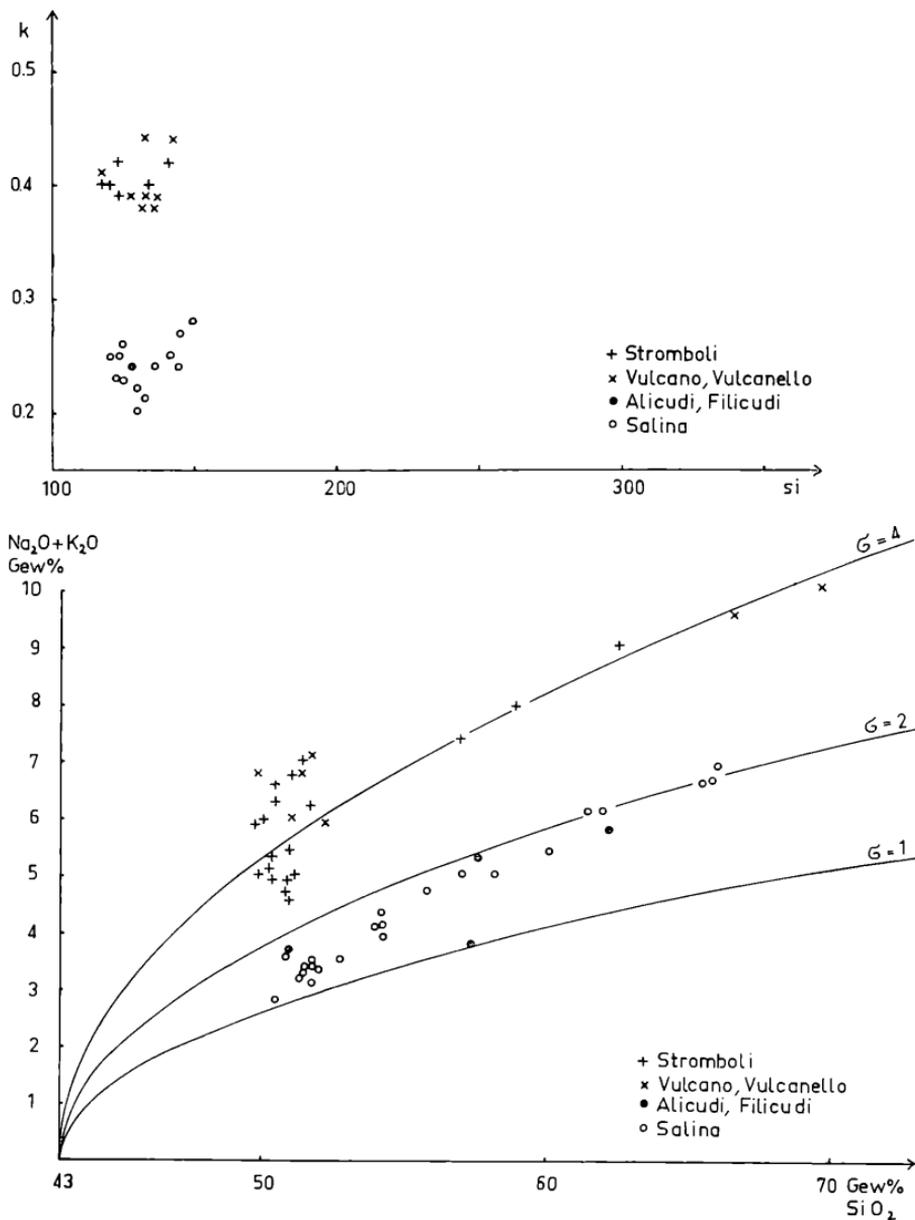


Abb. 6. Aufteilung der Äolischen Inseln in zwei petrochemische Subprovinzen. — a)  $k/si$ -Diagramm (NIGGLI-Werte) von Vulkaniten der Äolischen Inseln zeigt die Unterteilung in eine K-reiche Gruppe (Stromboli, Vulcano) und eine K-arme Gruppe (Salina, Filicudi). — b) Alkalien/ $SiO_2$ -Diagramm zeigt ebenfalls diese petrologische Unterscheidung nach der geographischen Provenienz. RITTMANN-Sippenindex  $\sigma < 4$  entspricht pazifisch,  $\sigma = 1.8-1.0$  entspricht stark pazifischen Gesteinen.

waren, ob die drei Krater des Vulcanello zu den drei Daten gehören und ob der Vulcanello nicht möglicherweise noch später in Tätigkeit war.

Für Stromboli ist noch anzuführen, daß die nächstältere Einheit vor der heute aktiven Sciarra, die Leucitbasanite und Basalte, die den Vancori-„Urkegel“ überfluteten und die ganze Westhälfte der Insel von der Punta Labronzo bis S.Vincenzo bedecken, praeneolithisch sind. Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Prof. RITTMANN hat dieser etwa 1929 bei Ginostra Obsidianklingen über diesen Gesteinen gefunden, und der Verfasser hat 1966 bei der alten Marinefunkstation über S.Vincenzo/S.Bartolo einen Häufungspunkt solcher Artefakte angetroffen.

## VI. Die Zeittabelle der Äolischen Inseln

Aus allen angeführten Einzelargumenten ergibt sich für die zeitliche Aufeinanderfolge der vulkanischen Ereignisse auf den Äolischen Inseln die Anordnung der Tabelle 2. Die wesentlichen Befunde, die zu der jeweiligen Einstufung führten, sind schematisch in die Tabelle aufgenommen. Ebenso wurde Wert darauf gelegt, erkennen zu lassen, in welchen Bereichen Altersbeziehungen weniger abgesichert sind und bei Neubearbeitungen der einzelnen Inseln eventuell verfeinert werden können (senkrechte Striche neben Vulkannamen; fehlende Terrassenlinien).

## VII. Der Verlauf der petrochemischen Entwicklung mit der Zeit

Mehrfach wurden petrographische Analogien als Zusatzargumente für die vorgelegte Zeitgliederung verwendet. In erster Annäherung kann die Aussage gelten, daß die petrochemische Entwicklung von basisch nach sauer verläuft. Das ist bei Salina, Lipari, Filicudi und Alicudi verwirklicht. Diese Inseln bilden eine petrologische Einheit, die nach allen Kriterien provinzieller Aufgliederungen (PEACOCK-Index, RITTMANN-Sippenindex, NIGGLI-sches Variationsdiagramm) als deutlich bis stark pazifisch bzw. der Kalkalkali-Reihe angehörend ausgewiesen ist (BURRI 1966, KELLER 1966). Als zweite petrochemische Subprovinz der Äolischen Inseln stehen diesen Kalkalkali-Gesteinen die leicht mediterranen Gesteinstypen von Stromboli und Vulcano (JAKOB 1958) gegenüber (Abb. 6). Petrochemische Analogievergleiche können jeweils nur innerhalb einer der beiden petrologischen Gruppen Gültigkeit haben.

Auf den Inseln mit Kalkalkali-Gesteinen — auf Salina ist diese Reihe am ausgeprägtesten entwickelt, auf Lipari ist sie noch ungenügend durch Analysen belegt — beginnt die Tätigkeit mit basischen Gesteinen, welche bei  $\text{SiO}_2$ -Gehalten von ca. 50 bis 53% und einem Mineralbestand von Olivin, Augit, Pigeonit,  $\pm$ Hypersthen und basischem Plagioklas zumeist als Labradorit-Andesite anzusprechen sind. Da jedoch die normativen Farb-

Tabelle 2: Zeitliche Gliederung des Äolischen Vulkanismus

	TERRASSEN	PANAREA	SALINA	LIPARI	FILICUDI	ALICUDI	STROMBOLI	VULCANO
Holozän	NEOLITHIKUM (ca. 2000 v. Chr.)			Rocche Rosse Forgia Vecchia Ob. Pelatobimse 730 ± 100 n. Chr			Sciarra	Fossa, Vulca- Nello
		Basiluzzo Dattilovulkan	Pollarakrater (12920 ± 180 a)	Unt. Pelato- liparite Südlipari (Guardia-Gr.)			„Leucit- Basanite“ Vancori- „Urkegel“	Lentia- Altvulcano
Jungpleistozän	WÜRM  + 4 m } + 6—8 m } „Epimonastir“ + 12—15 m }	Titanitbimsstau Porrituffe.....	Titanitbimsstau Monte dei Porri	Titanitbimsstau Porrituffe.....  Monte s. Angelo Monte Rosa	Montagnola  Zucco Grande			
Mittelpleistozän	RISS  + 25—30 m } + 40—45 m } „TYRRHEN“							
Mittelpleistozän	MINDEL  + 60 m } „MILAZZO“		Fossa delle Felci M. Rivi-Capo- Corrovulkan	Timponi in Westlipari	C. Graz.-Terrione Fossa Felci- Gruppe	Ost-Alicudi West- Alicudi		
Altpleistozän	GÜNZ?  + 80 m } + 105 m } „SIZIL“							
		Panarea- Hauptinsel						

zahlen dieser Gesteine recht hoch sind und in kontinuierlicher Variation bis ins Basaltfeld ( $FZ > 40$ ) reichen, werden die Gesteine der Gruppe als *Basaltandesite* zusammengefaßt. Der petrologische Typus dieser Gesteine ist posttyrrhen nicht mehr aufgetreten.

So wie die Basaltandesite ausschließlich im mindelzeitlichen Zyklus auftreten, sind Liparite auf den Würm-Holozän-Zyklus beschränkt. Dagegen ist die Feststellung von einiger Wichtigkeit, daß schon in unmittelbarem Anschluß an die Basaltandesite mindelzeitlich dazitisch-rhyodazitische Gesteine gefördert wurden (Capo Graziano/Filicudi und Fossa delle Felci/Salina) und daß auch noch würmzeitlich basischere Gesteine aufgetreten sind (Porri/Salina). Die würmzeitlichen Rekurrenzen nach basischerem Chemismus ergeben allerdings nicht mehr die niederen  $SiO_2$ -Werte und hohen Farbzahlen der Basaltandesite.

Für die besprochenen Inseln pazifischer Sippenzugehörigkeit ist die petrochemische Entwicklung durch ein Kieselsäure-Chronodiagramm skizziert (Abb. 7).

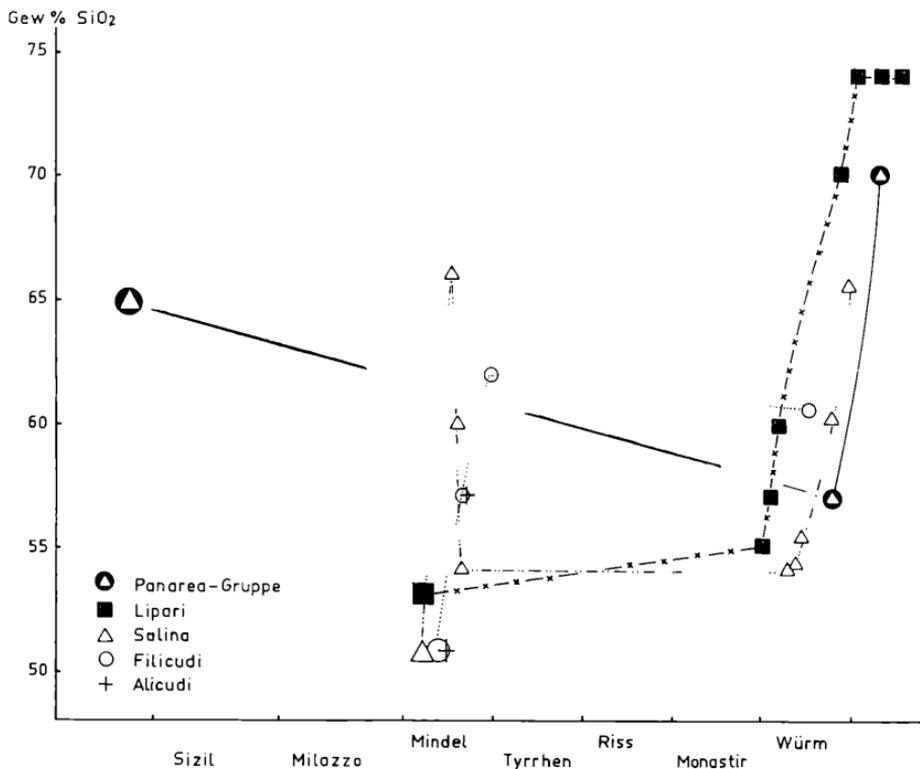


Abb. 7 Chrono-Diagramm der petrochemischen Entwicklung der Äolischen Inseln.

Der phänoandesitische Hornblende-Rhyodazit von Panarea steht sowohl zeitlich als auch nach seinem Chemismus ziemlich isoliert. An dem stark zerstörten Vulkanbau sind noch keine Untersuchungen angestellt, ob etwa aus Auswürflingen basischere Vorstadien zu ermitteln sind.

Gegenüber den Basaltandesiten und Labradorit-Andesiten zeichnen sich auf Stromboli und Vulcano/Vulcanello auch die basischen Gesteinstypen durch hohe Alkalien und hohe Kali-Werte aus (Abb. 6), so daß schon bei  $\text{SiO}_2$ -Gehalten von um 50% höhere normative (und auch modal nachweisbare) Alkalifeldspatgehalte bzw. sogar Leucit auftreten (JAKOB 1958). So ergeben sich Trachybasalte, Trachyandesite\* und deren leicht untersättigte, basanitische Subtypen. Die Differentiationstendenz von Stromboli, Vulcano und Vulcanello wird als „Trachy-Tendenz“ der stark pazifischen der westlichen Inseln gegenübergestellt. Die Trachy-Gesteine wurden bisher als repräsentativ für alle basischeren Gesteine der Äolischen Inseln angesehen und diese als Gesamtprovinz von mediterranem Einschlag charakterisiert (JAKOB). Die Trennung in zwei Subprovinzen geht jedoch aus Abb. 6 deutlich hervor.

Es sei vermerkt, daß eine scheinbare Vermischung der beiden Subprovinzen dadurch zustande kommt, daß PICHLER 1964 die alten, basischen Vulkanite von Salina „Labradoritandesite und Trachyandesite“ nennt. Die von PICHLER angeführte Analyse ergibt eindeutig einen Labradoritandesit. Es ist nicht ersichtlich, auf welche Argumente sich die Aussage stützt, es gäbe Trachyandesite, nachdem nun unter 25 Analysen vulkanischer Gesteine von Salina und bei eingehender Musterung der vorhandenen petrographischen Typen keine Affinitäten zu den Trachy-Gesteinen von Vulcano und Stromboli gefunden wurden, d. h. zu petrologischen Typen, bei denen aufgrund des hohen K-Gehaltes schon ohne starke  $\text{SiO}_2$ -Übersättigung hohe normative und auch modale Kalifeldspatgehalte auftreten. Auch für die basischen Gesteine der Timponi Liparis scheint die Übertragung der Verhältnisse von Stromboli und Vulcano zur Bezeichnung „Trachybasalte und Trachyandesite“ zu führen (PICHLER zitiert nach MEDWENITSCH 1963). Ebenso wenig wie für Salina ist die Trachy-Tendenz für Lipari belegt.

Zu den Trachy-Gesteinen von Vulcano/Vulcanello und Stromboli gehören einige der jüngsten Vulkanite der Äolischen Inseln: z. B. Sciarra/Stromboli (= rezenter Eruptionsapparat) und Vulcanello. Andererseits ist für keinen der zur Trachy-Tendenz gehörenden Vulkane auch nur mit einiger Sicherheit höheres Alter als jüngerer Jungpleistozän zu postulieren. Die Annahme, daß dieser petrologische Typ auf den Äolischen Inseln zur Zeit des mindelzeitlichen Eruptionszyklus noch nicht verwirklicht war, erscheint also berechtigt.

Wenn man mit BURRI 1966 die Trachy-Gesteine als zum finalen und die stark pazifische Reihe als zum subsequenten Vulkanismus gehörend klassi-

fiziert, so wird das störende zeitliche Zusammenfallen der beiden Typen gemildert: Final und subsequent überschneiden sich zwar noch immer, aber der Beginn des finalen Vulkanismus liegt doch wesentlich später als der Beginn des subsequenten.

Durch diese Trennung kann man verständlich machen, daß unter den jüngsten Vulkaniten der Äolischen Inseln je nach Zugehörigkeit zum Differentiationstrend von Alkalimagmen oder von Kalkalkalimagmen die basischsten (Vulcanello, Sciarra des Stromboli) oder die sauersten (Monte Pelato, Fossa di Vulcano) Gesteine der Provinz vertreten sind.

### VIII. Dank

Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. ALFRED RITTMANN möchte ich danken für seine großzügige Aufnahme während eines einjährigen Aufenthaltes am „Institut Internationale de Recherches Volcanologiques“ in Catania und für die Förderung, die meine vulkanologischen Arbeiten durch ihn erfuhren. Herr Prof. Dr. Dr. h. c. MAX PFANNENSTIEL gab mir die Möglichkeit, in engem wissenschaftlichem Kontakt mit den Quartärproblemen des Mittelmeergebietes und der geologischen Geschichte der Tyrrhenis vertraut zu werden.

$C^{14}$ -Datierungen verdanke ich der Freundlichkeit von Herrn Dipl.-Phys. Dr. M. GEYH, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Salina 14C<sub>1</sub>, 36 000 a), und Herrn Prof. Dr. O. HAXEL und Herrn Phys.-Ing. D. BERDAU, Zweites Physikalisches Institut der Universität Heidelberg (Salina 14C<sub>2</sub>, 12 970 a; Lipari 14C<sub>3</sub>, 1220 a; Bearbeitungs-Nr. 2573 - 1954 und 2574 - 1955).

Herrn Prof. Dr. H. HILTERMANN und Herrn Dr. F. GRAMANN, Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover, bin ich für die mikropaläontologische Datierung von Sedimentauswürflingen dankbar.

Mannigfache Anregung und Hilfe verdanke ich meinen Freunden Dipl.-Geol. HANSJÖRG STREIF sowie Dipl.-Geol. JOACHIM LEIBER, der mich auch auf einer Reise nach den Liparen begleitete.

Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) ermöglichte mir durch ein Studienstipendium im Jahre 1963/64 einen einjährigen Aufenthalt in Catania und auf den Äolischen Inseln.

### Angeführte Schriften

- BALDANZA, B.: Guide for the excursion to Vulcano. — AIV Symposium on „Ignimbrites and Hyaloclastites“, Catania September 1961. — 12 S. Catania 1961.
- BEHRMANN, R. B.: Die geotektonische Entwicklung des Apennin-Systems. — Geotekt. Forsch. 12, 1—99, Stuttgart 1958.
- BERGEAT, A.: Die äolischen Inseln (Stromboli, Panaria, Salina, Lipari, Vulcano, Filicudi und Alicudi) geologisch beschrieben. — Abh. math.-phys. Kl. kgl. bayer. Akad. Wiss., 20, I. Abt., 1—274, München 1899.

- BLANC, A. C.: Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva nel Mediterraneo centrale durante l'Era glaciale. — *Geol. d. Meere u. Binnengew.* 5, 137—219, Berlin 1942.
- BONIFAY, E.: Quaternaire e préhistoire des régions méditerranéennes françaises. — *Quaternaria* 6, 343—370, Rom 1962.
- BREA, L. B.: Alt-Sizilien. — 278 S., Dumont Schauberg, Köln 1958.
- BURRI, C.: Problemi petrochimici del vulcanismo italiano. — *Mem. Accad. Patavina SS. LL. AA. Cl. Sci. Mat. e Nat.* 78, 109—133, Padua 1966.
- CASTANY, G., & OTTMAN, F.: Le quaternaire marin de la Méditerranée occidentale. — *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dynam.* (2) I, 46—55, Paris 1957.
- CHUBERT, G.: Réflexion sur les parallélismes probables des formations quaternaires atlantiques du Maroc avec celles de la Méditerranée. — *Quaternaria* 6, 137—175, Rom 1962.
- CORTESE, E., & SABATINI, V.: Descrizione geologico-petrografica delle Isole Eolie. — *Mem. descritt. Carta geol. d'Italia* 7, 131 S., Rom 1892.
- DEECKE, W.: Zur Geologie von Unteritalien. — *N.Jb. Min. etc.* 39—61, 1891, Bd. II.
- DE FIORE, O.: Vulcano (Isole Eolie). — *Z. Vulk. Erg.* Bd. III, 380 S., Berlin 1922.
- DOLOMIEU, D. DE: Reise nach den Liparischen Inseln. — Aus dem Französischen übersetzt von L. CHR. LICHTENBERG. — 210 S., Leipzig 1783.
- FAIRBRIDGE, R. W.: Eustatic changes in sea level. — *Phys. and Chem. of the Earth* 4, 99—185, 1961.
- FRENZEL, B.: Zur Pollenanalyse von Lössen. — *Eiszeitalter und Gegenwart* 15, 5—39, Öhringen 1964.
- GIGNOUX, M.: Les formations pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile. — 693 S., Lyon/Paris 1913.
- GIGOUT, M.: Sur le Tyrrhénien de la Méditerranée occidentale. — *Quaternaria* 6, 209—228, Rom 1962.
- GROSS, H.: Die Bedeutung des Göttweiger Interstadials im Ablauf der Würm-Eiszeit. — *E. u. G.* 11, 99—106, Öhringen 1960.
- Das Mittelwürm in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten. — *E. u. G.* 15, 187—198, Öhringen 1964.
- HOFFMANN, F.: Über die geognostische Beschaffenheit der Liparischen Inseln. — *Ann. Phys. u. Chem.* 26, 1—88, 1832.
- HOFMAN, B. J.: The gravity field of the West-mediterranean area. — *Geol. en Mijnbouw* 8, 297—306, 1952.
- JAKOB, RUTH: Zur Petrographie von Vulcano, Vulcanello und Stromboli (Äolische Inseln). — *Publ. Vulkaninst. Friedländer* 7, 117 S., Zürich 1958.
- KELLER, J.: Die Geologie der Insel Salina (Äolische Inseln). — *Masch.-schriftl. Diss. Geolog. Inst. Freiburg i. Br.*, 183 S., 1966.
- MEDWENITSCH, W.: Liparische Inseln - Ostsizilien - Vesuv. Exkursionsbericht. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 56, 739—743, 1963.
- MERCALLI, G.: Contribuzioni alla Geologia delle Isole Lipari. — *Atti Soc. Ital. Scienze Nat.* XXII, 1879.

- MÜLLER-BECK, H.: Paleohunters in America: Origins and Diffusion. — *Science* **152**, No. 3726, 1191—1210, 1966.
- NICKEL, E.: Führer durch die Äolischen Inseln (Isole Eolie). — 13. Sonderheft d. Ztschr. „Der Aufschluß“, 118 S., Heidelberg 1964.
- PFANNENSTIEL, M.: Quartäre Schwankungen des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres. — *Vierteljahresschr. Nat. Forsch. Ges. Zürich* **96**, 81—102, Zürich 1951.
- PICHLER, H.: Beiträge zur Geologie der Insel Salina (Äolischer Archipel, Sizilien). — *Geol. Rdsch.* **53** (1963), 800—821, Stuttgart 1964.
- RITTMANN, A.: Nomenclature of Volcanic Rocks. — *Bull. Volcanol. Sér. 2*, **12**, 75—102, Neapel 1952.
- *Vulkane und ihre Tätigkeit.* — 336 S., Enke, Stuttgart 1960.
- SEGUENZA, G.: Le formazioni terziarie nella provincia di Reggio (Calabria). — *Atti d. R. Accad. dei Lincei, Ser. 3*, **6**, 446 S., Rom 1879/80.
- SELLI, R.: Le Quaternaire marin du versant Adriatique Ionien de la péninsule italienne. — *Quaternaria* **6**, 391—413, Rom 1962.
- STEARNS, CH. E., & THURBER, D. L.: Th 230 — U 234 dates of late Pleistocene marine fossils from the Mediterranean and Moroccan littorals. — *Quaternaria* **7**, 29—42, Rom 1965.
- STRECKEISEN, A.: Die Klassifikation der Eruptivgesteine. — *Geol. Rdsch.* **55**, 478—491, 1966.
- STURIALE, C.: Pillows and hyaloclastites on the island of Ustica (Sicily). — *Bull. Volcanol. Sér. 2*, **25**, 259—262, Neapel 1963.
- WOLDSTEDT, P.: Das Eiszeitalter, Bd. 2: Europa, Vorderasien und Nordafrika im Eiszeitalter. — 438 S., Enke, Stuttgart 1958.
- ZAGAMI, L.: Lipari ed i suoi cinque Millenni di Storia. — 292 S., D'Amico, Messina 1960.
- ZEUNER, F.: The three „Monastirian“ sea-levels. — *Actes Congr. Int. Quat. Rom—Pisa*, **4**, 7 S., 1953.
- *The Pleistocene Period.* — 447 S., Hutchinson, London 1959.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Keller Jörg

Artikel/Article: [Alter und Abfolge der vulkanischen Ereignisse auf den Äolischen Inseln/Sizilien 33-67](#)