

Über die Ursachen der Vertikalabstände der Talgenerationen am Mittelrhein

Von Klaus Heine, Bonn

Mit 2 Abbildungen im Text

(Eingegangen am 23. 10. 1970)

Kurzfassung

Die Vorstellung, daß die vertikalen Terrassenabstände am Mittelrhein Aussagen über die Hebungsgeschwindigkeit, bzw. über verschiedene Hebungsphasen des Rheinischen Schiefergebirges während des Plio- und Pleistozäns zulassen, wird widerlegt. Vielmehr wird vermutet, daß die Heraushebung des Schiefergebirges und/oder die Absenkung des Meeresspiegels und die klimatisch-geomorphologisch, bzw. glazial-klimatisch gesteuerte Tiefenerosion des Mittelrheins in einem komplizierten Zusammenspiel das heutige Relief schufen.

Abstract

The assumption that the vertical distances of the terraces of the Middle Rhine give precise information about the speed of the uplift or about different phases of the upheaval of the „Rheinisches Schiefergebirge“ during the Pliocene and Pleistocene respectively is disapproved. The author demonstrates that the recent landforms were produced by several factors, the most important of which were the rise of the „Schiefergebirge“ and/or the lowering of sea level and the vertical cutting of the Rhine river controlled by climatic-geomorphological or glacio-climatical processes respectively.

Im Talquerprofil kommt der Gesamtmechanismus der Abtragung, nämlich die Zusammenarbeit von Hangdenudation und Flußerosion, zum Ausdruck (BÜDEL 1960, S. 76 ff.). Diese Faktoren haben sich in Raum und Zeit mannigfach geändert. „Die Folge davon ist, daß überall auf der Erde eine ganze Generationenfolge von Vorzeitformen vorhanden ist, die früheren, längst vergangenen Klimaperioden ihr Dasein verdanken und heute als fossile Relikte in allen möglichen Zuständen besserer oder schlechterer Erhaltung in die Gegenwart hineinragen“ (BÜDEL 1961, S. 316). BÜDEL und mit ihm viele andere Autoren führen die Ausbildung der Talgenerationen in Mitteleuropa auf den Einfluß wechselnder klimatischer Faktoren zurück; vorausgesetzt wird eine Hebung der zertalten Gebiete.

Überlegungen über die Anlage verschiedener Talgenerationen, bzw. über die Ursachen von Erosion und Akkumulation, wurden seit langem für das Rheinstromgebiet angestellt. Dabei spielt die (glazial-)klimatische Terrassenauffassung — die Terrassen dokumentieren die Talgenerationen — seit WUNSTORF & FLIEGEL (1910) eine besondere Rolle; sie erklärt die Ursache für Erosion einerseits und Akkumulation bzw. Lateralerosion andererseits mit dem rhythmischen Wechsel des Klimas. Daneben hat allerdings im Zeitraum zwischen 1910 und 1950 die tektonische Auffassung der

rheinischen Terrassen, die sich auf eine periodische Heraushebung des Rheinischen Schiefergebirges stützt, Bedeutung erlangt. Während GURLITT (1949) nur noch die Bildung der mittleren Mittelterrasse auf tektonische Ursachen zurückführt, sprechen alle nachfolgenden Bearbeiter von einer Rheinterrassenbildung in direkter Abhängigkeit vom Klimagang. Eine dritte Auffassung, die sog. thalassostatische Bildung der Terrassen, die in den eustatischen Meeresspiegelschwankungen die Impulse für den Wechsel von Erosion und Akkumulation sieht, wurde zuerst von GRAHMANN (1944) vertreten. In jüngster Zeit greift ROHDENBURG (1968) diesen Gedanken wieder auf; in der quartären Meeresspiegelabsenkung sieht er den entscheidenden Anstoß für den überall in Mitteleuropa festzustellenden Zertalungsprozeß, der in seiner Ausformung nur aus den besonderen Bedingungen des quartären Klimaganges erklärt werden kann und der in seinem Ausmaß durch die im Quartär weiter wirkende Regionaltektonik gebietsweise unterschiedlich stark ist (ROHDENBURG 1968, S. 302).

Die Bildung von Schotterterrassen i. e. S., wie man sie am Mittelrhein findet, ist nur möglich, wenn Erosion und Akkumulation einander abwechseln. Zumindest im Gebiet des Rheinischen Schiefergebirges ist die Aufschotterung eine klimatische, im Pleistozän eine glazialklimatische; tektonische und/oder thalassostatische Aufschotterung ist am Mittelrhein nicht nachzuweisen. Doch die verschiedenen Terrassen und damit die verschiedenen Talgenerationen in ihrer morphologischen Ausbildung (Hochtalhangterrassen — Hochtalbodenterrassen — Engtalhangterrassen — Engtalbodenterrassen) und mit ihren voneinander differierenden vertikalen Terrassenabständen geben auch heute noch Anlaß zu unterschiedlichen Folgerungen.

Bei einer genetischen Deutung der Formen müssen die Zeiträume, die Geschwindigkeiten von Vorgängen und die Intensitäten unbedingt berücksichtigt werden. Der Faktor Zeit kann bisher nicht richtig erfaßt werden. So kann z. B. die Erosion infolge längerer Zeiträume tiefer hinabreichen, ohne daß eine intensivere Erosion vorliegt. Andererseits werden die Geschwindigkeiten der Vorgänge und die Intensitäten indirekt ermittelt; so sieht u. a. QUITZOW (1959, S. 395) in dem wechselnden Ausmaß der Eintiefung des Rheintals in den einzelnen Zeitabschnitten seit dem Oberpliozän einen differenzierten Ablauf der Hebung des Rheinischen Schiefergebirges und kommt so zu der Erkenntnis, daß die Aufwölbung „nur ganz langsam einsetzte und in der vermutlich sehr langen Zeit bis zur Aufschotterung der Kieseloolith-Terrasse eine im Vergleich zur Talbreite geringe Eintiefung erzielte. In dem anschließenden kürzeren Zeitraum bis zur Bildung der Hauptterrasse erfolgte eine etwas kräftigere Eintiefung bei abnehmender Seitenerosion, d. h. das Gebirge wurde beschleunigt gehoben. Noch weit stärker ist das während der Engtalbildung der Fall, die dem Zeitabschnitt der Mindel-Eiszeit und des Mindel/Riß-Interglazials entspricht. In diesem vergleichsweise recht kurzen Zeitraum hat sich das Rheintal um rd. 130 m vertieft, wobei im Gegensatz zu früheren Abschnitten der Talbildung die Seitenerosion sehr zurücktrat. Seit dem Mindel/Riß-Interglazial verlangsamte sich dann das Tempo des Gebirgsaufstiegs offensichtlich wieder stark, wie die nur noch geringe Tieferlegung der Niederterrasse zeigt.“

Die nicht nur von QUITZOW (1959) angenommene relativ starke Hebung des Rheinischen Schiefergebirges während bestimmter Abschnitte des Quartärs wird anhand der absoluten Terrassenabstände erklärt; die unterschiedlichen Terrassenabstände, d. h. die unterschiedlich starke Talcintiefung wiederum findet ihre Erklärung in der differenzierten Heraushebung des Rheinischen Schiefergebirges; letztgenannte aber ist nicht bewiesen, denn als einziges Argument dafür dienen die

Terrassenabstände, also das zu Erklärende selbst. Jüngst hat ROHDENBURG (1968, S. 300) darauf aufmerksam gemacht, daß diese Vorstellungen wissenschaftsgeschichtlich zu verstehen sind, denn bis vor kurzem wurden vermutete Hebungsphasen zur Erklärung vieler Reliefphänomene herangezogen, so z. B. der Flußterrassen und Rumpftreppen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Auswertung der vertikalen Terrassenabstände der Mittellahn bei Marburg im Vergleich zu den Verhältnissen am Mittelrhein. Im Marburger Raum ist die pliozäne Trogterrasse um etwa 40 m in eine ältere Rumpffläche eingetieft worden, wobei die pliozäne Talanlage die typische weitgespannte, wannenartige Ausformung zeigt. Nach der Ausbildung dieses Trogterrassenniveaus ist ein verstärktes Einschneiden der Flüsse in allen Tälern festzustellen. Die Taleintiefung der Mittellahn reicht in dem Abschnitt vom Pliozän bis zur Günzeiszeit bis 40 m über die heutige Talsohle, d. h. im Alt-Quartär allein nagte sich der Fluß gut 60 m in das pliozäne Tal ein. Die Zerschneidung im Bereich der größeren Nebenflüsse erzielt ähnlich hohe Beträge. Die so geschaffenen Täler werden in der Günzeiszeit um mehrere Meter wieder aufgeschottert; sie sind analoge Bildungen zu den flächenhaften Verebnungen (Hochtalbodenterrassen) des Mittelrheintales, die die Hauptterrassensedimente tragen. Bei einem Vergleich mit dem Rhein fallen die recht engen und tief erodierten Täler im Marburger Raum auf. Würde man allein von der Tatsache ausgehen, daß ein besonders rasches und tiefes Einschneiden der Flüsse eine verstärkte Hebung dokumentiert, so müßten im Alt-Quartär die tektonischen Bewegungen in der Marburger Landschaft bereits stark gewesen sein, während ähnliche Hebungen am Mittelrhein und an der unteren Lahn und der mittleren und unteren Mosel erst in postgünzglazialer Zeit auftraten¹⁾. Findet jedoch der Faktor „Zeit“ Berücksichtigung, so wird deutlich, daß sowohl an der Mittellahn wie auch am Mittelrhein die Erosionsprozesse grundsätzlich den gleichen Gesetzmäßigkeiten gehorchten. In Abb. 1 sind die Zeit und die Erosionsbeträge in ein Koordinatensystem eingetragen worden, um die geringen Erosionsbeträge — gemessen an der Zeitdauer — im Pliozän und Alt-Quartär gegenüber den hohen Taleintiefungsbeträgen im Mittel- und Jung-Quartär anschaulich zu machen. Gleichzeitig ist eine schematische Klimakurve dargestellt. Auf Grund der graphischen Darstellung dürfte es höchst unwahrscheinlich sein, daß die Erosion direkt von den tektonischen Vorgängen beeinflußt wird. Die äußerst rasche Taleintiefung während geologisch recht kurzer Zeitabschnitte im Quartär, die dazu noch mit den ausgeprägtesten Eiszeiten zusammenfällt, spricht gegen eine unmittelbare Beziehung zwischen Hebung und Taleintiefung. Wollte man das Ausmaß der Hebung allein aus den vertikalen Terrassenabständen ermitteln, so würden Werte erzielt, die ein schnelles Emporsteigen des Rheinischen Schiefergebirges in der Zeit Günz bis Riß anzeigen; im Gegensatz dazu wäre die Hebung vor der Bildung der jüngeren Hauptterrasse und nach Entstehen der unteren Mittelterrasse relativ langsam erfolgt; ähnliche tektonische Vorgänge müßten auf Grund der Untersuchungen von H. KÖRBER (1962) das gesamte Maingebiet zwischen Aschaffenburg und Schweinfurt erfaßt haben. Das ist jedoch höchst unwahrscheinlich und übertrifft bei weitem das, was von mitteleuropäischer pleistozäner Tektonik bekannt ist.

Ist die Hebung des Rheinischen Schiefergebirges demnach nicht primäre Ursache für die unterschiedlichen vertikalen Terrassenabstände, so verbleiben noch zwei Ur-

¹⁾ Vgl. auch D. RICHTER (1962) für die Rur.

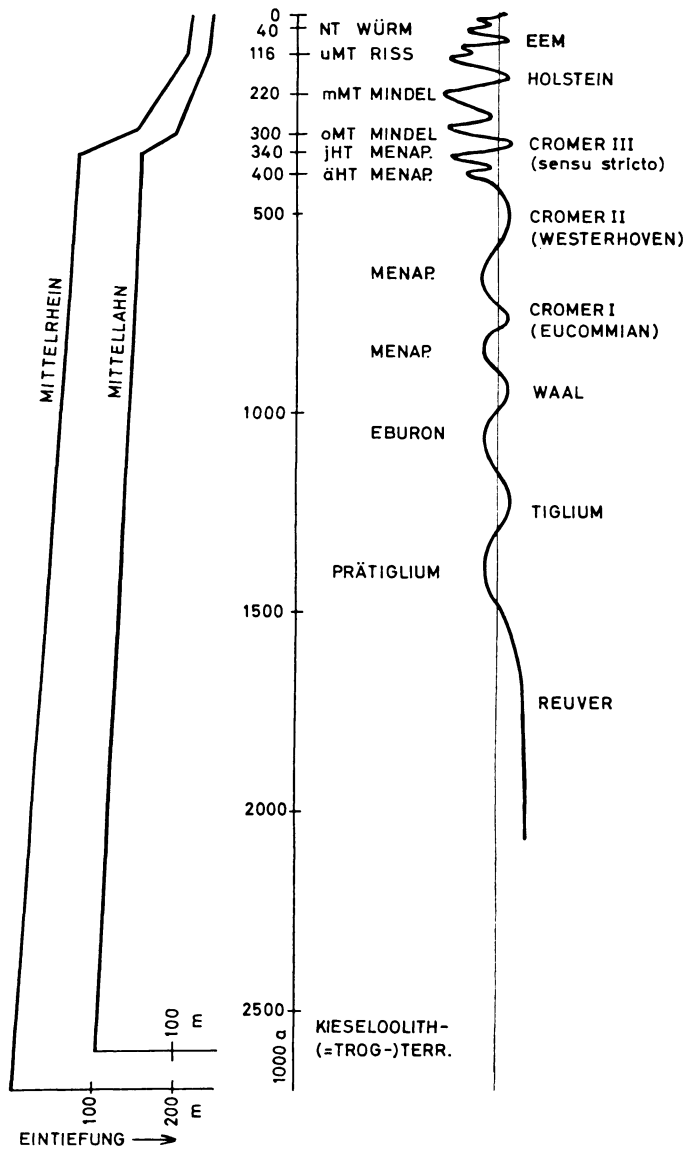


Abbildung 1. Die Eintiefung von Mittelrhein und Mittellahn im Plio- und Pleistozän. — Die Höhenterrassen bleiben in der Darstellung unberücksichtigt, da ihr Alter nicht feststeht. An der Aussage der Abbildung ändert sich dadurch jedoch nichts. — Die Kurve des Eiszeitalters ist schematisch und hat vor dem Cromer II — „Interstadial“ rein hypothetischen Charakter; das gilt auch für die absoluten Zeitangaben im Altpleistozän und Pliozän.

Absolute Zeitangaben z. T. nach HEIDE (1967) und FRECHEN & LIPPOLT (1965). Schematische Kurve für den Ablauf des Eiszeitalters z. T. nach WOLDSTEDT (1966) und ZAGWIJN (frdl. mdl. Mitt. am 30. 1. 1970).

Menap. = Menapien = Günz; Eburon = Donau; Prätiglium = Brüggem.

Das Alt-Quartär beginnt mit dem Prätiglium, das Mittel-Quartär mit dem der jHT zugeordneten Menapien und das Jung-Quartär mit dem Riss.

sachenkomplexe, nämlich eine allgemeine Tieferschaltung der Erosionsbasis, m. a. W. eine Absenkung des Meeresspiegels, und bedeutendere klimatische Veränderungen.

Bereits zitiert wurde ROHDENBURG (1968), der in der quartären Meeresspiegelabsenkung den entscheidenden Impuls für die intensive Zertalung sieht. Es ist zu prüfen, ob diese Anschauung auch für das Mittelrheintal zutrifft. Nach ROHDENBURG (1968, S. 299) ist ein wichtiger Beleg für diese Auffassung die Übereinstimmung von Ausmaß (100–200 m), Einsetzen und Ablauf der Meeresspiegelabsenkung und der Taleintiefung. Das mag — für das gesamte Quartär gesehen — zutreffen, doch werden kürzere Zeitabschnitte herausgegriffen, so bereitet die unterschiedlich intensive Taleintiefung im Rheinischen Schiefergebirge bereits größere Schwierigkeiten bei der Erklärung der Zertalung infolge einer allgemeinen Meeresspiegelabsenkung. Bei einer Tieferlegung der allgemeinen Erosionsbasis durch eine Meeresregression müßten sich die Zertalungsbeträge gleichmäßiger über das gesamte Quartär verteilen, denn eine derart differenzierte Absenkung des Meeresspiegels, wie sie aus Abb. 1 abgeleitet werden könnte, ist ebenso unerklärlich — und damit unwahrscheinlich — wie eine stark unterschiedliche tektonische Heraushebung. Allerdings — und das muß hier betont werden — läßt sich nicht feststellen, ob die Heraushebung oder die Meeresspiegelabsenkung — für beides gibt es Beweise — für die Vergrößerung der Basisdistanz verantwortlich ist. Möglicherweise wirkten beide Vorgänge zusammen und schufen so die Voraussetzungen für die quartäre Taleintiefung.

Als Beweis gegen eine allgemeine en-bloc-Heraushebung der deutschen Mittelgebirge mit einer nachfolgenden Taleintiefung durch klimatisch bedingte Veränderungen des Abtragungssystems wird u. a. das Längsprofil der pliozänen Flußläufe genannt (vgl. ROHDENBURG 1968, S. 301). Wenn nämlich die Tiefenerosion der auf einer gehobenen Scholle verlaufenden pliozänen Flüsse gering, die der pleistozänen jedoch stark gewesen sein soll, so müßten die Terrassenlängsprofile der Pliozän-Flüsse steiler gewesen sein als bei den quartären und rezenten Flüssen. Das ist aber in der Regel nicht der Fall, wenn man die Ergebnisse der einschlägigen morphologischen Literatur betrachtet. Die Ursache hierfür liegt wohl darin begründet, daß in den meisten Fällen nur regional sehr eng umgrenzte Gebiete bearbeitet werden, aus deren Verhältnissen sich keine überregionalen Erkenntnisse ableiten lassen (vgl. Arbeiten von ANDRES 1967, KREMER 1954, LAFRENZ 1933 u. a.). Erst wenn man Terrassenprofile von der Nordsee bzw. dem Norddeutschen Tiefland bis weit in den Bereich der Mittelgebirge hinein verfolgt, lassen sich allgemeine Tendenzen erkennen und auch interpretieren. Hierbei spielt der Rhein eine besondere Rolle, denn sein geologischer und morphologischer Werdegang ist recht gut erforscht; zudem quert sein Lauf auf dem Weg von der Nordsee zu den Alpen den Bereich der Mittelgebirge. Wegen der tektonischen Absenkung des Oberrheintalgrabens ist es günstiger, nicht den Rheinlauf mit seinen Terrassen vom südlichen Schiefergebirgsrand weiter nach Süden zu verfolgen, sondern die Terrassenlandschaften der großen Nebenflüsse Lahn und Mosel.

Sowohl die Lahn als auch die Mosel fließen vom Rand des Schiefergebirges in den zentralen Teil desselben. An beiden Flüssen läßt sich somit ein Terrassenlängsprofil vom Rand des Schiefergebirges bis zum Rhein verfolgen. Leider ist die Mosel aber nur in ihrem mittleren Abschnitt geomorphologisch von KREMER bearbeitet worden, so daß kein vollständiges Längsprofil der Terrassen vorliegt. Bei der Lahn jedoch sind die Terrassen von der Mündung in den Rhein bis in den Marburger Raum untersucht worden: 1916 der Abschnitt Gießen — Niederlahnstein durch AHLBURG,

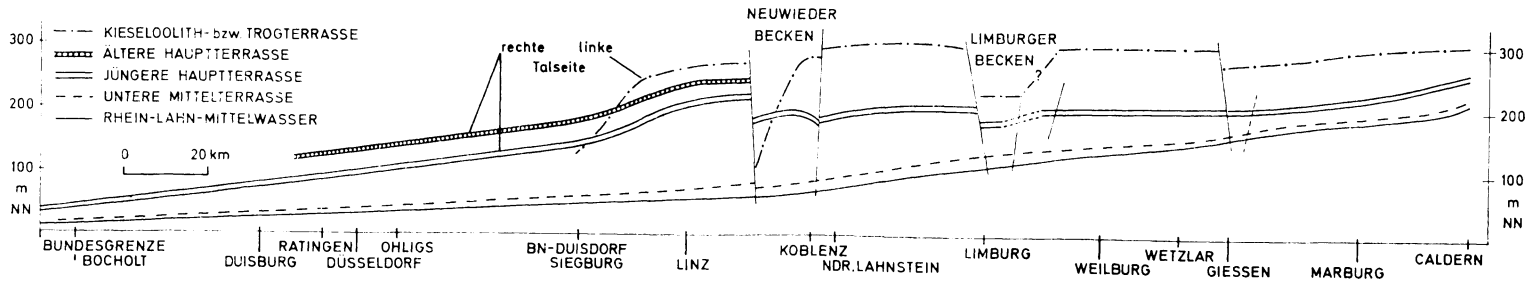


Abbildung 2. Schematisches Terrassenlängsprofil (Rhein und Lahn). Vgl. H. W. QUITZOW (1969, S. 394).

1967 das Limburger Becken durch ANDRES und 1970 das Mittellahntal bei Marburg durch HEINE. Fügt man die Ergebnisse der Rhein- und Lahnterrassenforschung zu einem schematischen Terrassenlängsprofil zusammen, so ergibt sich folgendes Bild (Abb. 2): Das pliozäne Terrassenniveau befindet sich am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges an der Lahn in rd. 300 m Höhe und damit etwa 100 m über der rezenten Talaue. Das Niveau dieser Talgeneration läßt sich lahnabwärts bis zum Mittelrhein verfolgen. Auffällig ist, daß sich bei der pliozänen Talgeneration keine Abdachungsrichtung feststellen läßt; lediglich im Gebiet starker pleistozäner tektonischer Verstellungen, wie im Neuwieder und Limburger Becken, aber auch in der Umgebung von Gießen, scheint dieses Terrassenniveau teilweise abgesenkt zu sein. Erst am unteren Mittelrhein senkt sich das pliozäne Terrassenniveau von ca. 300 bis 270 m Höhe auf 200 m am nördlichen Rand des Schiefergebirges, um dann nördlich von Bonn unter die pleistozänen Terrassen unterzutauchen. Ähnlich verhält sich auch das Längsprofil der jüngeren Hauptterrasse, welche an der Mittellahn ein geringes Gefälle aufweist, dann aber — beim Eintritt der Lahn in das Schiefergebirge — sogar lahnabwärts um einige Meter wieder ansteigt, um mit annähernd gleichbleibender Höhe (ca. 200 m) den gesamten Lahnlauf von Gießen bis zum Rhein zu begleiten. Hier vereinigt sich das Niveau mit dem der rheinischen jüngeren Hauptterrasse. Erst im Bereich des unteren Mittelrheins ist ein deutliches Gefälle dieser Talgeneration festzustellen. Wie die pliozänen Terrassen zeigen auch die pleistozänen jüngeren Hauptterrassen im Bereich tektonisch angelegter Becken und Senken zum Teil recht erhebliche Abweichungen vom allgemeinen Niveau. Anders dagegen verhält sich die untere Mittelterrasse. Sie zeigt ein fast gleichbleibendes Gefälle sowohl im Flußabschnitt der Lahn als auch im Bereich des Mittelrheins. Nur im Neuwieder Becken ist auf Grund tektonischer Bewegungen das Längsprofil durch einen Sprung unterbrochen²⁾).

Betrachtet man die Längsprofile der Rhein- und Lahnterrassen von den Niederlanden bis in den Raum Marburg, so fällt das Konvergieren der Terrassen im Oberlauf der Lahn und im Unterlauf des Rheins auf. Den größten vertikalen Abstand haben die Terrassen im zentralen Teil des Rheinischen Schiefergebirges; das steilste Gefälle besitzen die Terrassen — abgesehen von tektonisch verbogenen Abschnitten — im unteren Mittelrheintal kurz vor dem Austritt aus dem Schiefergebirge. Am steilsten sind die ältesten Terrassen geneigt, die jüngeren Terrassen verlaufen in diesem Gebiet mit fast gleichem Gefälle wie auch in anderen Talabschnitten.

Es stellt sich nun die Frage, ob die Anordnung der verschiedenen Talgenerationen mit ihren unterschiedlichen Neigungsverhältnissen und den voneinander differierenden vertikalen Abständen eine direkte Folge verschiedener Hebungsphasen des Rheinischen Schiefergebirges ist, oder aber ob die Ursachen hierfür zum größten Teil von klimatischen Faktoren oder/und eustatischen Meeresspiegelveränderungen gesteuert wurden.

Die weiter oben gemachten Ausführungen haben gezeigt, daß eine Auswertung der vertikalen Terrassenabstände für verschiedene Talabschnitte von Lahn und Rhein hinsichtlich des zeitlichen Ablaufs der Hebungsintensitäten zu unwahrscheinlichen Ergebnissen führen würde. Auch eine allgemeine eustatische Absenkung des Meeresspiegels seit dem Tertiär hätte andere Auswirkungen auf Anordnung und vertikalen

²⁾ Vgl. LAFRENZ (1933), KREMER (1954) und KÖRBER (1962). An Ahr, Mosel und Main bestehen die gleichen Verhältnisse.

Abstand der Terrassen in Raum und Zeit hervorgerufen. So ist beispielsweise schwer zu erklären, warum trotz einer Meeresspiegelsenkung die Terrassen im Bereich des Niederrheins konvergieren. Obgleich für die Niederrheinische Bucht eine Meeresspiegelabsenkung und eine tektonische Landsenkung von ungefähr gleichem Ausmaß angenommen werden kann (nach ROHDENBURG 1968, S. 299) und somit zumindest für das unmittelbare Senkungsgebiet eine Erklärung für das Konvergieren der Terrassen gefunden wird, bleibt dennoch die Beobachtung bestehen, daß ein Konvergieren der Terrassen vom zentralen Schiefergebirge bis zum Niederrhein besteht, also auch in Gebieten, die nicht von einer Senkung, sondern von einer Hebung betroffen worden sind.

Für die Deutung der Talgenerationen ist die Wirkung der morphologischen Vorgänge, die klimatisch außerordentlich stark beeinflußt wird, entscheidend. Über das Klima des Eiszeitalters sagt WOLDSTEDT (1966, S. 157): „Die Kurve zeigt ein langsames Ansteigen der Intensität des Ausschlages, d. h. eine Zunahme der Kälte der ‚Eiszeiten‘. Erst sind es nur Unterschiede in der Pluvialität, ohne daß es zu ausgeprägten Eiszeiten käme. Solche treten erst im Mittel- und Jung-Quartär auf. Das Maximum scheint in den Mindel- und Rißeiszeiten vorhanden zu sein. Die Würmeiszeit scheint schon wieder etwas geringer zu sein. Es ist möglich, daß wir im ganzen Eiszeitalter das Maximum überschritten haben, daß aber noch mehrere Eiszeiten mit abnehmender Intensität folgen werden.“

Wird die Morphologie des Mittelrheintales diesem skizzierten Ablauf des Klimas zugeordnet, so würde die Ausbildung der Terrassen — ein gehobenes Gebirge vorausgesetzt — allein auf Grund der klimamorphologischen Prozesse ein ähnliches Bild annehmen, wie es nach QUITZOW (1959) nur infolge der unterschiedlichen tektonischen Bewegungen möglich ist. Den geringen „Intensitäten“ des klimatischen Ausschlages — den Pluvialzeiten des Alt-Quartärs — entsprächen die Höhenterrassen mit geringer Tiefen-, jedoch großer Seitenerosion; in den Hauptterrassen spiegelte sich demnach der Übergang von den „Pluvialzeiten“ zu den „Eiszeiten“ wider, da die Lateralerosion schon bedeutend abgenommen hat; die „ausgeprägten Eiszeiten“, nämlich Mindel und Riß, schufen das Engtal, während die Würmeiszeit infolge „abnehmender Intensität“ nur noch eine geringe Tieferlegung der Niederterrasse zeigte. Außerdem kann die durch das Einschneiden verursachte Abnahme des Gefälles die Tiefenerosion nach und nach verlangsamen.

Diese theoretischen Überlegungen zu einer rein klimatisch-geomorphologischen Ausgestaltung des Mittelrheintales veranschaulichen, daß die vertikalen Terrassenabstände nicht direkt von tektonischen Bewegungen oder eustatischen Meeresspiegeländerungen abhängig sein müssen. Ein schneller Aufstieg des Schiefergebirges, resp. ein rasches Absinken des Meeresspiegels, muß nicht unbedingt eine intensive Zertalung zur Folge haben, denn eine Erhöhung der vertikalen Basisdistanz wirkt sich unterschiedlich auf die Abtragungsprozesse aus, je nach den gerade herrschenden klimatischen Verhältnissen. Diese Gedanken finden sich bereits bei LOUIS (1961, S. 205 f.): „Nachdem damit gerechnet werden muß, daß tiefgreifende Zertalung eines Krustenstücks durchaus nicht allein von seiner Emporhebung ausgelöst werden kann, sondern daß hierzu bestimmte Klimabedingungen notwendig sind, muß die bisherige Lehre aufgegeben werden, welche aus dem Zertalungszustand eines größeren Krustenteils ohne weiteres auf den Charakter der reliefschaffenden Krustenbewegungen, aus dem Alter und der näheren Gestaltung der Täler auf Alter und Phasenablauf der Hebungsbewegung schließt“ (vgl. auch LOUIS 1969).

So kann die Hebung des Schiefergebirges im Tertiär eingesetzt haben, ohne daß unter den gerade herrschenden Klimabedingungen eine Zertalung des Gebirges stattfand. Die tertiären Phasen der Taleintiefung und der nachfolgenden Verschüttung eben dieser Talanlagen (vgl. LOUIS 1953, BIRKENHAUER 1965) sind sicherlich nicht auf tektonische Bewegungen zurückzuführen, sondern auf nachhaltige Klimaschwankungen thermischer, besonders aber hygrischer Art, wie sie von verschiedenen Seiten belegt worden sind (u. a. VAN DER HAMMEN 1965, BAKKER & LEVELT 1964). Aus der heutigen Höhenlage tertiärer Flächenreste und tertiärer Talböden im Rheinischen Schiefergebirge ergibt sich eine äußerst langsame Hebungsbewegung, die sich möglicherweise zum Pliozän hin allmählich, jedoch im ganzen kontinuierlich steigerte. Unter einem semiariden Pliozänklima vermochten die Abtragungsprozesse zwar charakteristische Talbodenpedimente (Fußflächen) auszubilden, deren Reste uns heute in den Trogterrassen entgegentreten, doch konnten sich diese Vorgänge schon auf einem verhältnismäßig stark gehobenen Gebirge abspielen. Pliozäne Talverschüttungsphasen (Kieseloolithschotter) mögen ihre Ursachen in Klimaänderungen gehabt haben.

Die weitere Zunahme der Hebungintensität bzw. der Meeresspiegelabsenkung fällt mit den Klimaschwankungen des Alt-Quartärs zusammen, in denen die Taleintiefung des Mittelrheins schneller voranschreitet. Auch in dieser Zeit dürfte die absolute Höhenlage des Gebirges bzw. der altpleistozänen Talgenerationen noch einen relativ geringen Einfluß auf die Tiefenerosion ausüben. Erst im Mittel-Quartär gewinnt die Tiefenerosion gegenüber der Lateralerosion derart an Bedeutung, daß es in dem schon gehobenen und verstärkt emporsteigenden Rheinischen Schiefergebirge zur Ausbildung der Engtalabschnitte kommt. Das ist möglich, weil mit der Günzzeit Mitteleuropa in den Bereich des periglazialen Klimas gelangt. Damit kann der „Eisrinden-Effekt“ (BÜDEL 1969) als Motor einer extrem raschen Tiefenerosion voll wirksam werden. Er verschafft den Flußläufen die Fähigkeit zur gleichzeitigen Tieferlegung der Talsohlen auf ihrer ganzen Länge. Im Mittel- und Jung-Quartär gleicht die Taleintiefung, die nun die Geschwindigkeit des Gebirgsaufstiegs und/oder der Meeresspiegelabsenkung bei weitem übertrifft, die Höhendifferenz der vertikalen Basisdistanz aus, die im Jungtertiär und Altpleistozän geschaffen, von den talbildenden Vorgängen aber nicht kompensiert werden konnte.

Wird die Morphogenese des Rheinischen Schiefergebirges derart mit den Zeiträumen, den Geschwindigkeiten der Vorgänge (von Hebung und/oder Meeresspiegelabsenkung und Taleintiefung) und den Intensitäten in Beziehung gebracht, so ergeben sich eine Zunahme der Hebungsgeschwindigkeiten bzw. der Meeresspiegelabsenkung vom Tertiär bis heute und eine Zertalung, die — durch klimatisch-morphologische Prozesse differenziert — der Hebung und/oder Meeresspiegelabsenkung zuerst nacheilt, um sie dann im Mittel- und Jung-Quartär auszugleichen, d. h. in ihrer Wirkung zu übertreffen. Sowohl für die vertikale Abfolge der Terrassen, als auch für die Anlage der Trog- und Rumpfflächen in verschiedenen Niveaus erübrigt sich demzufolge eine Annahme phasenhafter tektonischer Hebungsbewegungen resp. Meeresspiegeländerungen.

Daß die Talgenerationen im Schiefergebirge in ihrer unterschiedlichen Ausbildung und Höhenlage nur im Zusammenspiel klimatisch-geomorphologischer, tektonischer und eustatischer Vorgänge zu erklären sind, versteht sich nach diesen Ausführungen fast von selbst. Doch sind zwei weitere Faktoren zu berücksichtigen, nämlich die Entfernung des jeweils betrachteten Talabschnittes von der Erosionsbasis und die

Größe des Flusses i. w. S., d. h. Wasserführung, Einzugsgebiet, Talquerschnitt und Tallängsprofil bzw. Gefällsverhältnisse etc. Es zeigt sich, daß die Hauptterrassen der Flüsse in die Engtalstrecken eingearbeitet sind, je weiter man sich von der (lokalen) Erosionsbasis entfernt und je kleiner die Flußläufe sind. Diese Erscheinung ist bei vielen Nebenflüssen des Mittelrheins zu beobachten. Da im Pliozän das Rheinische Schiefergebirge bereits merklich in Hebung begriffen war, die Nebenflüsse des Rheins sich aber nicht wesentlich eintieften, konnte die Zerschneidung im folgenden Alt-Quartär um so schneller und wirkungsvoller einsetzen. Während das pliozäne Mittelrheintal rund 100 m in die Unterstufe der Rumpffläche eingesenkt ist, das alt-quartäre weitere 80 m, sind die Beträge der Lahn im Marburger Raum Beweise einer ähnlichen, jedoch differenzierten Entwicklung. Das pliozäne Mittellahntal ist nur etwa 40–50 m in die tertiäre Rumpffläche eingelassen, da die Erosionsbasis des Rheins fern liegt und die Abtragungsprozesse unter semiariden Klimaverhältnissen nicht imstande waren, den durch die tiefer liegende pliozäne Rheintalung entstandenen Gefällsunterschied auszugleichen; möglicherweise fehlte auch ganz einfach die Zeit dazu. Mit dem Übergang von vorwiegend denudativer zu vorwiegend erosiver Abtragung während der Wende Plio-/Pleistozän wird der Lahn in einem humiden Klima ermöglicht, diese seit dem Jungtertiär bestehende Gefällsdifferenz rasch auszugleichen. Daher ist die pliozäne Talung der Mittellahn wenig, die alt-quartäre verhältnismäßig stark eingetieft. Eine weitere Differenzierung der Beträge der Tiefenerosion für Mittelrhein einerseits und Mittellahn andererseits bringt das Mittel- und Jung-Quartär mit sich; die glazial-klimatisch gesteuerten Abtragungsprozesse (Eisrinden-Effekt) haben eine verstärkte Tiefenerosion am Mittelrhein (größere Wasserführung) gegenüber den Nebenflüssen zur Folge. Erst im Jung-Quartär kann die intensive Tiefenerosion nicht mehr voll wirksam werden, da das Längsprofil der Flüsse durch die starke Erniedrigung der Basisdistanz während der vorangegangenen Eiszeiten selbst unter glazial-klimatischen Abtragungsverhältnissen kaum Angriff für eine rasche Tiefenerosion läßt. Das Ergebnis ist ein geringer vertikaler Terrassenabstand zwischen der rißzeitlichen unteren Mittelterrasse und den wärmzeitlichen Niederterrassen am Mittelrhein.

Zu erklären bleibt noch die annähernd gleiche Höhenlage der pliozänen Terrasse und der jüngeren Hauptterrasse der Lahn sowie das stärkere Einfallen dieser Terrassen des Rheins am Nordrand des Schiefergebirges.

Daß die aus den Terrassenresten rekonstruierten Flußläufe der Lahn für das Pliozän und die Hauptterrassenzeit heute kein den rezenten Flußläufen entsprechendes Gefälle zeigen, ist zweifellos auf eine tektonische Emporwölbung des Rheinischen Schiefergebirges zurückzuführen, die jedoch in ihren Ausmaßen nur wenige Zehnermeter seit der Hauptterrassenzeit betragen haben kann, und dieses auch nur in den zentralen Gebieten des Schiefergebirges. Randlich dagegen scheint die Heraushebung im Quartär gering gewesen zu sein, denn das Lahnterrassenlängsprofil zeigt nur im pliozänen Terrassenverlauf einen Sprung, der auf eine etwas stärkere Hebung des Schiefergebirges gegenüber dem Gießener Raum hindeutet; die Hauptterrasse dagegen ist nur auf der rechten Talseite, d. h. im unmittelbaren Einflußbereich des Schiefergebirges, gegenüber den Terrassen der linken Talseite um einige Meter herausgehoben; mit dem Eintritt der Lahn in das Schiefergebirge bei Gießen schließlich ist das ursprüngliche Gefälle infolge einer von den randlichen Gebieten zum zentralen Teil hin zunehmenden Hebung ausgeglichen worden, so daß heute die Hauptterrasse annähernd horizontal verläuft. Dabei kann durchaus die

hauptterrassenzeitliche Lahn ein geringeres Längsgefälle gehabt haben als die rezente Lahn, was bedeutet, daß die Hebung des Schiefergebirges in ihrem Ausmaß nicht unmittelbar aus der Differenz zwischen dem horizontalen Verlauf der Hauptterrassen und einem konstruierten hauptterrassenzeitlichen Fluß abgeleitet werden kann.

Das stärkere Einfallen der rheinischen Pliozän- und Hauptterrassen am Nordrand des Schiefergebirges ist ebenfalls nur im Zusammenhang mit einer — wenn auch geringen — quartären tektonischen Emporwölbung des Schiefergebirges zu verstehen. Doch auch hier muß der vertikale Terrassenverlauf nicht allein von der Tektonik bestimmt worden sein. Es ist durchaus möglich, daß das pliozäne Längsprofil des Rheins bereits am Schiefergebirgsrand ein stärkeres Gefälle aufwies, in der Weise etwa, wie es heute bei vielen tropischen und subtropischen Flüssen in gehobenen und/oder sich hebenden Gebieten beobachtet werden kann. Das größere Gefälle im Längsprofil der Hauptterrasse dagegen ist wohl ein unmittelbarer Ausdruck der vertikalen Schollenverstellungen zwischen der Köln-Bonner Bucht und dem Rheinischen Schiefergebirge seit der Anlage der Hauptterrassen.

LITERATUR

- Ahlburg, J. (1916): Über das Tertiär und das Diluvium im Flußgebiet der Lahn. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst., Berlin. 36, X, 269—373.
- Andres, W. (1967): Morphologische Untersuchungen im Limburger Becken und in der Idsteiner Senke. — Rhein-Mainische Forsch., Frankfurt/M. 61, 88 S.
- Bakker, J. P. & Levelt, T. W. M. (1964): An inquiry into the probability of a polyclimatic development of peneplains and pediments (etchplain) in Europe during the Senonian and Tertiary period. — Publ. Service géol. Luxembourg, Luxembourg. 14, 27—75.
- Birkenhauer, J. (1965): Zur älteren Talentwicklung beiderseits des Rheins zwischen Andernach und Bonn. — Erdkde., Bonn, 19, 58—66.
- Büdel, J. (1960): Die Frostschuttlzone Südost-Spitzbergens. — Coll. Geogr., Bonn, 6, 105 S.
- (1961): Morphogenese des Festlandes in Abhängigkeit von den Klimazonen. — Naturw. Berlin. 48, 313—318.
- (1969): Der Eistrindeneffekt als Motor der Tiefenerosion in der exzessiven Talbildungszone. — Würzburger geogr. Arb., Würzburg. 25, 41 S.
- Fränzele, O. (1969): Geomorphologie der Umgebung von Bonn. — Arb. rhein. Landeskd., Bonn. 29, 58 S.
- Frechen, J. & Lippolt, H. J. (1965): Kalium-Argon-Daten zum Alter des Laacher Vulkanismus, der Rheinterrassen und der Eiszeiten. — Eiszeitalter u. Gegenwart, Öhringen. 16, 5—30.
- Grahmann, R. (1944): Zur Gliederung des Quartärs an Mittel- und Niederrhein. — Z. dtsh. geol. Ges., Hannover. 96, 149—155.
- Gurlitt, D. (1949): Das Mittelrheintal, Formen und Gestalt. — Forsch. dt. Landeskd., Stuttgart. 46, 159 S.
- van der Hammen, T. (1965): Paläoklima, Stratigraphie und Evolution. — Geol. Rdsch., Stuttgart. 54, 428—441.
- Heide, H. (1967): Tephrochronologische Untersuchung der pleistozänen Terrassenschotter im Mittelrheingebiet. — Diss. math.-naturw. Fak. Univ. Bonn. 141 S.
- Heine, K. (1970): Fluß- und Talgeschichte im Raum Marburg. — Bonner geogr. Abh., Bonn. 42, 195 S.
- Körber, H. (1962): Die Entwicklung des Maintals. — Würzburger geogr. Arb., Würzburg. 10, 172 S.
- Krömer, E. (1954): Die Terrassenlandschaft der mittleren Mosel als Beitrag zur Quartärgeschichte. — Arb. rhein. Landeskd., Bonn. 6, 100 S.
- Lafrenz, G. (1933): Das Ahrtal und seine Terrassen. — Bonn. 76 S.
- Louis, H. (1953): Über die ältere Formenentwicklung im Rheinischen Schiefergebirge, insbesondere im Moselgebiet. — Münchener geogr. H., München. 2, 97 S.

- (1961): Über Weiterentwicklung in den Grundvorstellungen der Geomorphologie. — Z. Geomorphol., Berlin. N. F. 5, 194—210.
- (1969): Singular and general features of valley-deepening as resulting from tectonic or from climatic causes. — Z. Geomorphol., Berlin. N. F. 13, 472—480.
- Quit zow, H. W. (1959): Hebung und Senkung an Mittel- und Niederrhein während des Jungtertiärs und Quartärs. — Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., Krefeld. 4, 389—400.
- Richter, D. (1962): Die Hochflächentreppe der Nordeifel und ihre Beziehung zum Tertiär und Quartär der Niederrheinischen Bucht. — Geol. Rdsch., Stuttgart. 52, 376—404.
- Rohdenburg, H. (1968): Zur Deutung der quartären Taleintiefung in Mitteleuropa. — Die Erde, Berlin. 99, 297—304.
- Wagner, W. (1927): Die Terrassen des Nahetals von Bad Münster am Stein bis zur Mündung in den Rhein und die Beziehungen der Nahe zum Rheindurchbruch bei Bingen. — Notizbl. Ver. Erdkde u. d. Geol. L.-Anst. Darmstadt für 1926, Darmstadt. V. F., 9, 49—78.
- Woldstedt, P. (1966): Der Ablauf des Eiszeitalters. — Eiszeitalter u. Gegenwart, Öhringen. 17, 153—158.
- Wunstorff, W. & Fliegel, G. (1910): Die Geologie des Niederrheinischen Tieflandes. — Abh. preuß. geol. L.-Anst., Berlin. N. F. 67, 172 S.

Anschrift des Verfassers: Dr. Klaus Heine, Geographisches Institut der Universität, D-5300 Bonn, Franziskanerstraße 2.