

EINE KATASTROPHE MIT GLOBALEN FOLGEN*

Als sich der Krakatau – eine in der Sundastraße zwischen Java und Sumatra gelegene Vulkaninsel – 1883 in einer gigantischen Eruption selbst vernichtete, war dies die erste Naturkatastrophe, die weltweit wahrgenommen wurde. Der heute als Indonesien bekannte Archipel war zu jener Zeit niederländische Kolonie und nachrichtentechnisch bereits mit Europa und Nordamerika verbunden: Die elektrische Telegraphie war erfunden und Unterseekabel verlegt. Ihre Verlegung war ironischerweise erst durch einen nur auf Java, Sumatra und Borneo wachsenden Baum namens Ismandra-gutta möglich geworden. Aus seiner Rinde sickert eine gummiartige, formbare und wasserdichte Substanz, die stranggepresst dazu geeignet war, Kupferdrähte zu ummanteln um sie so vollkommen wasserdicht zu versiegeln. Kabel aus reinem Kupfer neigen nämlich dazu, am Meeresgrund zu brechen.

1. Wissenschaftsgeschichtlicher Hintergrund

1.1. Die Theorie der Kontinental-Verschiebung

Es war dies auch ein Zeitalter großer Euphorie für die Wissenschaften: Viele Wissenschaftler hielten sich im Archipel auf, um seine Besonderheiten zu erforschen. Darunter auch Alfred Russell WALLACE, der neben DARWIN zweite Pionier der Evolutionstheorie. 1854 brach er in den – wie er ihn nannte – Malaiischen Archipel auf, um sich acht Jahre lang intensiv mit dessen Flora und Fauna zu beschäftigen.

Seit den großen Entdeckungen wusste man um die Bedeutung der Geographie für Biologie und Zoologie: Flora und Fauna divergieren - auch bei gleicher Klimazone - beträchtlich zwischen den Kontinenten. WALLACE belegte nun aber mittels akribischer Studien, dass auch die Flora und Fauna zwischen den östlichen und den westlichen Sundainseln divergieren, und zwar so stark, wie sonst nur zwischen Kontinenten. Tatsächlich weisen die westlichen Inseln bis einschließlich Bali eine Flora und Fauna auf, die derjenigen Asiens entspricht, während die Tiere und Pflanzen der östlichen Sundainseln an Australien gemahnen. Die nach ihm benannte Linie, die sogenannte **Wallace Line**, entspringt südlich von Mindanao, schlängelt sich nördlich an Sulawesi vorbei, durchquert die Straße von Makassar und verläuft schließlich zwischen den – nur durch eine 24 km schmale, aber sehr tiefe Meeresstraße getrennten – Inseln Bali und Lombok.

Er erkannte bereits klar, dass die unterschiedliche Ausprägung dieser beiden so nah beieinander liegenden biologischen Zonen allein auf die Geologie zurückzuführen ist: "Fakten wie diese erklären sich nur durch die kühne Annahme gewaltiger Veränderungen der Erdoberfläche." (70) Von welcher Art diese gewaltigen Veränderungen sein könnten, hatte er allerdings keinerlei Vorstellung.

Diese lieferte erstmals Alfred WEGENER mit seiner **Theorie der Kontinentalverschiebung**. WEGENER war ausgebildeter Astronom und Professor für Meteorologie an der Universität Graz. Wie vielen andern auch, fiel auch ihm auf, dass die Küstenlinien Afrikas und Südamerikas genau zusammenpassen, und er fragte sich, ob sie nicht einst verbunden und im Laufe der Zeit erst auseinander gedriftet waren. Er suchte nach Belegen für seine Theorie der "Verschiebung der Kontinente" und prüfte zu diesem Zweck sorgfältig die Beobachtungen und Erkenntnisse anderer Disziplinen, darunter der Geologie, Paläontologie, Paläoklimatologie, Zoo- und Biogeographie.

*) Besprechungsaufsatz zu: Simon WINCHESTER, Krakatau. Der Tag, an dem die Welt zerbrach. 27. August 1883, Verlag Albert Knaus, München 2003, 368 Seiten.

"Die stichhaltigsten Indizien lieferten die Gebirgsketten, Kohleablagerungen und Fossilvorkommen an den gegenüberliegenden Rändern der Ozeane, direkt entlang der augenfälligen 'Passformen'. Legte man die Karten der Kontinente zusammen, dass sie genau aneinander passten, so passten auch die Gebirgszüge, das Zutagetreten abbaubarer Mineralien und die Konturen von Ammoniten und Trilobiten sowie die Stränge graptolithischer Schiefer perfekt zusammen, wie die Teile eines gigantischen Puzzles." (75)

Um Kontinentalverschiebungen zu erklären, die nicht solch offensichtliche Passformen ergaben, aber häufiger zu vermuten waren, zeichnete er Karten der Erdoberfläche, wie diese seiner Meinung nach früher ausgesehen haben könnte, und suchte dann nach geologischen, klimatologischen oder biologischen Hinweisen. Er stützte sich dabei auf Vorstellungen früherer Theoretiker. Danach hat es einen Süd- und einen Nordkontinent – Godwanaland und Laurasia – gegeben, die durch ein großes Meer getrennt waren, das aber diesen Theoretikern zufolge durch Absinken – und nicht durch Verschieben – der Kontinente entstanden war. In diese Karten zeichnete er nun die fossilen Zeugnisse einiger bekannter und leicht identifizierbarer Ereignisse der Vorgeschichte wie z.B. die Eiszeit ein; und es zeigte sich, dass sich die fossilen Spuren erstaunlicherweise nahtlos zusammenfügten, wenn man die Kontinente auf dem Reißbrett zu einer kompakten Landmasse zusammenschob.

Zahlreiche Belege späterer Versteinerungen ermöglichten es WEGENER, den Fährten zu folgen, auf denen die kontinentalen Krusten über die Oberfläche der Erde zu ihren derzeitigen Positionen gewandert sein mussten. So konnte man beispielsweise sehen, dass sich Godwanaland in die großen Landmassen entwickelten, die später Afrika, die Antarktis, Südamerika und Australien bildeten. WEGENER konnte graphisch darstellen, wie sich die Teile bewegten, wann sie gewandert und wo sie zu bestimmten Zeiten in der geologischen Vergangenheit positioniert waren. Datierungen, die sich später als korrekt erweisen sollten.

Auch Laurasia war zerborsten; es zerbrach in bewegliche Teile, die annähernd dem Erscheinungsbild von Nordamerika, Grönland, Europa und dem nördlich des heutigen Himalaya liegenden Teil Asiens entsprachen. WEGENER konnte auch den Verlauf der diversen interkontinentalen Streifzüge dieser Erdteile darlegen und deren heutige Form und Anordnung erklären. Schließlich schien es ihm nur logisch, dass auch Godwana und Laurasia einmal einen einzigen Kontinent - später Pangäa genannt – bildeten.

Als er 1915 sein Buch: "Die Entwicklung der Kontinente und Ozeane", das auch ins Englische übersetzt wurde, veröffentlichte, stieß er im Fachkreis der Geologen auf Skepsis, teilweise sogar auf heftige Ablehnung. Dies nicht zuletzt deshalb, weil er keinerlei Vorstellung über den der Verschiebung der Kontinente zugrundeliegenden Mechanismus entwickelte.

Ab 1960 lieferten zahlreiche Untersuchungen definitive **Beweise** für das Auftreten von Kontinentalverschiebungen. So die gleichzeitig auf Grönland, Spitzbergen, Norwegen und den Färöern durchgeführten Expeditionen zur Messung der Magnetausrichtung der im Basalt eingeschlossenen Eisenspäne: "Erkaltete Basalte enthalten kleine Kristalle aus Eisenoxidverbindungen ..., die ausgesprochen magnetisch sind. Solange diese Kristalle in ihrer Erkaltungsphase noch teilweise flüssig und formbar sind, verhalten sie sich wie kleine Kompasser, pendeln in der zähflüssigen Masse hin und her und reagieren dabei äußerst empfindlich auf die Magnetlinien zwischen Nord- und Südpol. Ist das Magma einmal abgekühlt und erstarrt, so ist auch die Ausrichtung der kleinen Magnetkompasser endgültig festgelegt. Jeder Magnetit ist dann danach ausgerichtet, wo sich die Pole befanden, als das Gestein erstarrte." (85-86)

Die Richtung, in der diese im Basalt eingeschlossenen Magnete zeigten, wich deutlich von der Position der heutigen Pole ab; im Falle Grönlands waren sie auf einen Punkt ausgerichtet, der etwa fünfzehn Grad östlich des heutigen Pols liegt. Dafür gab es nur zwei mögliche Erklärungen: entweder wandert der Pol, oder es wandert das Gestein – sprich die Kontinente – relativ zum Pol. Dass es nicht der Pol war, der wanderte, belegten die Gesteinsproben aus Spitzbergen, Norwegen und den Färöern, die aus der gleichen Zeit stammten: Denn die Polpositionen, die sich anhand der Spinelle in diesen Gesteinsarten errechnen ließen, wiesen so ungeheuer breite Schwankungen auf, dass es nicht so aussah, als würden die Pole wandern, sondern dass unzählige Nordpole gleichzeitig existierten.

Damit war zwar der Beweis für die Richtigkeit der These von der Verschiebung der Kontinente erbracht; der ihr zugrundeliegende Mechanismus war aber noch immer unklar. Eine Reihe von

Zufallsentdeckungen sollte die Spur weisen; und die erste dieser Entdeckungen wurde noch zu Lebzeiten WEGENERs ausgerechnet im indonesischen Archipel gemacht.

1.2. Die Theorie der Plattentektonik

Der holländische Wissenschaftler Felix Vening MEINESZ von der Technischen Universität Delft führte in den Jahren 1923-27 Gravitationsmessungen durch, und machte zu diesem Zweck einige Tauchfahrten in geringer Tiefe vor der Küste Javas. Zu seiner Überraschung stellte er fest, dass etwa hundertneunzig Meilen vor der Südküste Javas und Sumatras ein dramatischer Rückgang in der Stärke des örtlichen Schwerefeldes zu verzeichnen war.

Die enorme Anomalie der Schwere deckte sich exakt mit dem Java-Sumatra-Graben, eines sehr tiefen und langen Grabens im Meeresboden. Auf dem Breitengrad der Christmas Islands (Indischer Ozean) beginnt in einer Tiefe von dreitausend Meter der Meeresboden plötzlich abzufallen bis er eine Tiefe von über siebentausend Meter erreicht, um dann abrupt wieder in einer einzigen, fast senkrechten Wand zum Festlandsockel, auf dem Java und Sumatra liegen, anzusteigen. Diese Anomalie im Gravitationsfeld ließ sich auch über den Tiefseegräben in der Karibik feststellen.

Wie war dies zu erklären? MEINESZ und einige Geologen aus Princeton, mit denen er zusammenarbeitete, spekulierten, "dass eine rätselhafte Kraft das Gestein des Meeresbodens nach unten ziehe und damit gleichsam auch die Erdschwere" (90). Auch von Konvektionsströmen ist bereits die Rede. Tatsächlich hatte man damit – ohne es zu wissen und sie so zu benennen – die **Subduktionszonen** entdeckt. Der Begriff kam erst in den 1970er Jahren auf.

Eine weitere bedeutsame Zufallsentdeckung gelang dem englischen Geophysiker Ron MASON, als er sich 1955 einem Projekt der US-Marine zur Untersuchung des Unterwassermagnetismus anschloss, das diese vor der Westküste der USA durchführte. Der Papierstreifen, den das Messgerät ausdrückte, zeigte ein unverkennbares Muster paralleler und geradliniger Streifen, wie man sie vom Fell eines Zebras kennt. Die Streifen verliefen nicht nur parallel, sondern fast ausschließlich entlang der Längsachse des Ozeans, in dem sie entdeckt wurden, und zwar egal wie das Boot fuhr. Die Streifen zeigten Anomalien an, die von den zeitweise auftretenden Umpolungen des Magnetfeldes der Erde herrührten. Die besondere Ausgestaltung des Streifenmusters auf der einen Seite des Ozeans war beinahe identisch mit der Form des Streifenmusters auf der anderen Seite, und in der Mitte des Meeres gab es eine Achse, an der diese Symmetrie aufgehängt schien.

Die Ausrichtung der magnetischen Streifen entlang der Längsachse des Ozeans deutete darauf hin, dass sich das Gestein darunter von dieser zentralen Achse nach beiden Seiten wegbewegte. An dieser Achse inmitten des Ozeans entstanden auf irgendeine Weise ganze Striche brandneuen Meeresbodens. An diesem mittelozeanischen Rücken quoll die Erde aus sich selbst hervor und ergoss sich über den Meeresboden, wurde fortgetragen und schuf somit noch mehr Raum für weitere Entladungen. Und es war diese Entdeckung der Meeresboden-Spreizung (seafloor spreading), die eine Datierung der Kontinentalverschiebung ermöglichte, die jene WEGENERs bestätigten sollte.

Die Inselkette von Hawaii ist vulkanischen Ursprungs, wobei die nordwestlichen Inseln weit älter wirken als die südöstlichen. Die Hawaiianer erklärten sich dieses Phänomen damit, dass die Meeressgöttin Namakaokahai ihre Schwester, die Feuergöttin Pele von einer Insel zur anderen – und zwar von Nordwest nach Südost – vertreibt. Der kanadische Geologe Tuzo WILSON stellte nun die These auf, dass sich an dieser speziellen Stelle im Erdmantel ein tiefer, ortsfester **Hot Spot** befindet, der das darüber liegende Gestein des äußeren Erdmantels teilweise schmelzen lässt; das dabei entstehende Magma durchbricht den Rest des Mantels und entlädt sich durch die Kruste; da aber die Kruste über diesen Hot Spot wandert, entstehen immer neue Vulkane und alte sterben ab. Gesteinsdatierungen von verschiedenen Hawaii-Inseln betätigten seine Theorie.

Der zweite Durchbruch gelang WILSON mit seinem Konzept der **Transform-Störung**. Seine Leistung bestand darin aufzuzeigen, was geschieht, wenn ein geologischer Prozess dafür sorgt, dass eine Störung – bei der eine Platte aufbricht und die Teile aneinander entlang gleiten – quer zu einem mittelozeanischen Rücken entsteht, der sich aus irgendeinem Grund spreizt. Diese Frage stellte sich, weil neue Tiefseemessungen und Lotungen der Meere zur allgemeinen Überraschung gezeigt hatten, dass die großen Rücken, die sich mitten durch den Atlantik und den Pazifik zogen, von Dutzenden tiefer Risse durchschnitten waren.

All diese Erkenntnisse fügte WILSON 1965 zur **Theorie der Plattentektonik** zusammen. Danach besteht der äußere Erdmantel (Lithosphäre) aus einer Reihe tektonischer Platten; ihre genaue Zahl ist allerdings unbekannt - man weiß vor allem nicht, was im Inneren Chinas vor sich geht. Als gesichert kann jedoch die Existenz von rund einem Dutzend größerer Platten gelten. Man kennt auch gut den Verlauf ihrer Grenzen, an denen die Mechanik des Erdaufbaus am besten sichtbar ist.

Die Plattentektonik steht in enger Beziehung zu der Art und Weise, wie die Erde ihren eigenen Hitzeverlust bewältigt. Eine ungeheure Menge Hitze akkumulierte während der Entstehung der Erde vor etwas mehr als 4,5 Milliarden Jahren. Diese Hitze nimmt jedoch allmählich ab; die Wärmeübertragung vom Erdinneren an die Oberfläche geschieht mittels Konvektionsströme. Das Tempo dieser Konvektionsströme ist extrem langsam, meist nur wenige Millimeter pro Jahr. Ströme aus Material aus dem Erdinneren steigen aus der rot glühenden Zone in ungefähr fünfzehnhundert Kilometern Tiefe auf, dringen durch die Fließzone des oberen Erdmantels, die sogenannte Asthenosphäre, kommen dann in einer Tiefe von etwa sechs bis dreißig Kilometern zum Stillstand und tauchen dann in der klassischen Form des Konvektionsstromes wieder nach unten ab.

Die Ströme aus weichem, formbarem Material drehen auf ihrem Weg nach oben wieder um, weil sie auf den äußeren Teil des Erdmantels – die Lithosphäre - stoßen. Und in eben dieser Lithosphäre manifestieren sich die tektonischen Platten. Unter den Ozeanen ist die Lithosphäre dünn (ca sechs Kilometer) und jung; unter den Kontinenten jedoch bis zu dreißig Kilometer dick und viel älter. Aus diesen beiden Arten von Lithosphäre bestehen die tektonischen Platten; der Konvektionsprozess, der sich darunter abspielt, bringt sie dazu, auf der Erdoberfläche zu wandern.

Was sich an den Grenzen zwischen zwei Platten abspielt hängt von einer Reihe von Faktoren ab:

- Stoßen zwei Kontinentalplatten zusammen, dann kommt es zu einer Auffaltung (Beispiel: Himalaya und Kaukasus).
- Prallen hingegen zwei ozeanische Platten aufeinander, dann kommt es zur Subduktion, wobei sich gewissermaßen willkürlich entscheidet, welche Platte sich unter welche Platte schiebt; es bilden sich Bögen kleiner Vulkaninseln (Beispiel: die Inselkette entlang der internationalen Datumsgrenze südlich von Tonga).
- Stoßt hingegen eine ozeanische Platte auf eine Kontinentalplatte, dann schiebt sich die schwerere ozeanische unter die leichtere Kontinentalplatte (Beispiel: Ring of Fire und Java-Sumatra-Graben).
- Es ist aber auch möglich, dass zwei Platten nicht frontal aufeinander stoßen, sondern seitlich aneinander entlang gleiten und sich aneinander reiben (Beispiel: San-Andreas-Graben in Kalifornien).

1.3. Subduktionsvulkanismus

Während in den Spreizungen neuer Meeresboden entsteht, wird in den Subduktionszonen alter Meeresboden vernichtet. Dort wo eine ozeanische auf eine Kontinentalplatte trifft, taucht die schwerere basalthaltige ozeanische Platte unter die Kontinentalplatte ab; sie zieht dabei Teile der kontinentalen Platte mit nach unten und verursacht dabei einen tiefen Graben im Meeresboden. Die abtauchende, subduzierende Platte dringt in die Hitze hinab und reißt dabei Abermilliarden Tonnen zusätzliches Material, vor allem Wasser mit. Sobald dieses wassergesättigte Material eine kritische Tiefe erreicht, beginnt es zu schmelzen, weil sich durch den Zusatz von Wasser die Schmelztemperatur dieser Mischung verringert. Die Masse sinkt in den heißen Mantel ab und wird dabei zähflüssig. Ihre flüssigen Bestandteile beginnen zu brodeln und – weil leichter – aufzusteigen und in den starren Mantel einzudringen, sodass dieser ebenfalls zu schmelzen beginnt und sich an den Rändern der Subduktionszone Vulkane bilden.

Am deutlichsten erkennbar sind die Subduktionszonen, die den Pazifischen Ozean säumen. Sie bilden eine Kette großer Vulkane, den sogenannten Ring of Fire, der von der Südspitze Lateinamerikas bis nach Alaska reicht, und auf asiatischer Seite auf den Aleuten, Kamtschatka, Japan und den Philippinen seine Fortsetzung findet. Eine noch größere Zahl von Vulkanen gibt es entlang der großen Subduktionszone, die sich auf einer Länge von fast fünftausend Kilometern von der

Nordspitze Sumatras bis zur nordwestlichen Spitze der Insel Neuguinea erstreckt. Der Indonesische Archipel gilt als vulkanreichster Teil der Erde.

Subduktionszonen "sind sehr lang und schmal; aneinander gereiht, wären sie ungefähr neunzehntausend Meilen lang und selten mehr als sechzig Meilen breit. Die Gesamtfläche aller Subduktionszonen der Erde beläuft sich auf etwa zweieinhalb Millionen Quadratkilometer, das entspricht ungefähr der Größe Grönlands oder Argentiniens." (271 ff.) Dennoch sind Subduktionszonen für 94% der Land-Vulkane der Erde verantwortlich.

2. Ausbruch und Wiedererstehen

Der Krakatau war eine 39 Quadratkilometer große Vulkaninsel mit drei Kegeln. Dies waren – von Nord nach Süd – der Perbowatan, Danan und Rakata. Die Insel befand sich ungefähr in der Mitte der viel befahrenen Sundastraße, war dichtbewaldet und unbewohnt. Sie erhob sich aus einer Caldera, einem vulkanischen Einbruchskessel, was auf die Existenz eines Ur-Krakatau schließen lässt. Die Ränder der Caldera waren teilweise - in Form zweier, den Krakatau umklammernden Inseln – über Wasser sichtbar. In geschichtlicher Zeit scheint es einige Ausbrüche gegeben zu haben; ihre genaue Zahl ist unbekannt: Überlieferung und naturwissenschaftliche Analyse widersprechen sich diesbezüglich. Gesichert ist nur der Ausbruch von 1683.

2.1. Die Ankündigung

Am 10. Mai 1883 "spürte der Leuchtturmwärter am sogenannten First Point – dem südlicheren von zwei Leuchttürmen auf der felsigen Landzunge an der südöstlichen Einfahrt zur Sundastraße – ein eindeutiges Zittern in der Luft. Der Leuchtturm schien sich plötzlich in seinen Fundamenten zu verschieben. Das Meer draußen wurde ganz weiß, schien vorübergehend zu gefrieren ..., wurde glatt wie ein Spiegel, erschauerte leicht und fiel dann wieder in seine übliche Dünung zurück." (147) Am 15. Mai wiederholte sich das Ganze; nur stärker und länger; und war nun auch in Sumatra zu spüren.

Am 20. Mai beobachtete der Kapitän der deutschen Korvette Elisabeth, dass "von der Insel rasch eine weiße Kumuluswolke aufstieg. Sie stieg beinahe senkrecht auf, bis sie nach etwa einer halben Stunde eine Höhe von 11.000 km erreicht hatte. Hier fing sie an, sich wie ein Schirm zu spreizen." (149) In Batavia bebte die Erde und die Gebäude wankten, doch waren die Vibrationen nicht so sehr mit den Füßen als vielmehr in der Luft zu spüren. Ein Rütteln dieser Art kennzeichnet einen ausbrechenden Vulkan. Zudem hielten diese Vibrationen über lange Zeiträume an, ohne nachzulassen, während Vibrationen aufgrund von Erdbeben lediglich Sekunden, höchstens ein paar Minuten dauern, gefolgt von Ruhepausen und Nachbeben.

Bis August sollte die Insel nicht mehr zur Ruhe kommen. Im Verlauf des Juni war ein zweiter Krater ausgebrochen, und zwar am Fuße des Danan in der Mitte der Insel. Und als am 11. August der holländische Hauptmann Ferzenaar zu Vorbereitung topographischer Vermessungen auf der Insel landete, entdeckte er eine Vielzahl von Anzeichen dafür, dass die Insel dabei war sich auf etwas Spektakuläres vorzubereiten: Zu jener Zeit spukte es aus mindestens drei Kratern; einer, der besonders mächtig aussah, erhob sich an der Südseite des Danan in der Inselmitte. Insgesamt zählte er vierzehn Fumarolen; die Mehrzahl an der äußerst instabil wirkenden Südflanke des Danan.

2.2. Die Katastrophe

Der Todeskampf des Krakatau begann am Sonntag, den 26. August 1883 um 13.06 Uhr mit einer explosionsartigen Detonation, die noch in Batavia zu hören war, und endete am Montag, den 27.8. um 10.02 Uhr mit einer noch gigantischeren Explosion und der fast völligen Vernichtung der Insel. Die sie begleitende Detonation war so gewaltig, dass sie nicht nur in ganz Südostasien, sondern von Zentralaustralien bis zur 4.700 km westlich vom Krakatau gelegenen Insel Rodriguez im Indischen Ozean zu hören war.

In diesen 20 Stunden und 56 Minuten wurden mehr als 16 Millionen Kubikmeter Gestein in die Luft geschleudert - zerborsten zu Asche, Bimsstein und Staubpartikel. Die Eruptionssäule erreichte bereits im Laufe des Sonntagnachmittags eine Höhe von 27 km und sollte beim Finale sogar 38 km hoch werden. Und als sich die Magmakammer geleert hatte, brach ihr Dach unter der Last der Insel ein, und die Insel verschwand beinahe zur Gänze in der neugebildeten Caldera: Stehen blieb nur noch der halbe Kegel des Rakata, der Länge nach von oben nach unten wie mit einem Tranchiermesser durchgeschnitten.

Die Eruption lässt sich in Phasen einteilen: Zunächst folgten vom frühen Nachmittag bis gegen 19 Uhr einige Explosionen und Eruptionen, die immer häufiger und heftiger wurden. Am frühen Abend setzten dann Aschenregen und Bimssteinhagel ein. Gegen 20 Uhr wurde das Wasser zum spürbarsten Übertragungsmittel der vulkanischen Energie; bei Einbruch der Nacht wurde die Sundastraße zum tobenden Ungeheuer. In den Städten Ketimbang und Telukbetung in Südsumatra, erreichten die Wellen bereits gegen 20 Uhr eine Höhe von mehr als dreißig Metern und richteten schon zu Beginn unglaublichen Schaden an.

Gegen 4 Uhr früh wurden die Detonationen seltener, dafür aber immer explosiver und gipfelten in vier gigantischen Explosionen, die jeweils gewaltige Flutwellen auslösten. Die erste ereignete sich um 5.30 Uhr; um 6.15 Uhr wurde die Stadt Ketimbang (Sumatra) und kurz darauf die Stadt Anyer (Westjava) durch eine gewaltige Flutwelle zerstört. Um 6.44 Uhr erfolgte die zweite, und um 8.20 Uhr die dritte Riesenexplosion. Das Finale kam dann um 10.02 Uhr: "Fast genau um 10 Uhr ging eine ungeheure Welle von Krakatau aus. Und dann, 2 Minuten später, erfolgte, die vierte und größte Detonation, die noch Tausende Meilen entfernt zu hören war und nach wie vor als die gewaltigste Explosion gilt, die der Mensch der Neuzeit je erlebte und dokumentierte. Man geht davon aus, dass die Wolke aus Gas und weiß glühendem Bimsstein, Feuer und Rauch bis in eine Höhe von achtunddreißigtausend Metern aufstieg – wie durch ein gigantisches Kanonenrohr emporgeschossen." (214) Charakteristisch für diese letzte Eruptionsphase war die Bildung pyroklastischer Ströme, sogenannter Glutwolken.¹

2.3. Auswirkungen und Folgen

Der Ausbruch forderte 36.417 Menschenleben und verletzte Abertausende. Durch die eigentliche Eruption, d.h. durch herausgeschleuderte Gesteinsbrocken und Klumpen erstarrter Lava sowie Glutwolken kamen vergleichsweise wenige Menschen ums Leben – nicht mehr als Tausend. All diese Opfer lebten in Südsumatra, in der vorherrschenden Windrichtung. Die heiße Asche, die sie bei lebendigem Leib verbrannte, war auf einer Welle von überhitztem Dampf von Krakatau nach Westen getragen worden.

Alle übrigen Menschenleben fielen den **Flutwellen** zum Opfer. Vor allem mit den vier gewaltigen Explosionen gingen jeweils gigantische Tsunamis einher, die die Südküste Sumatras und die Westküste Javas verwüsteten und 136 Dörfer und Städte zerstörten. Die letzte und größte Explosion, die mit dem Einsturz der Insel einherging, löste eine mehr als 40 m hohe Flutwelle aus; ihr fielen die meisten der insgesamt rund sechsdreißigtausend Menschenleben zum Opfer.

Wie ungeheuer die Zerstörungskraft der Flutwellen war, ließ sich noch Jahrzehnte später an der Position des holländischen Kanonenbootes Berouw und den Überresten des großen granitene Leuchtturms am einstigen Forth Point ersehen: Die Berouw ankerte vor Telukbetung (Südsumatra), als sie von der Boje losgerissen und mehr als 3 km weit ins Landesinnere geschleudert wurde, wo sie – wie eine Brücke - quer über dem Flussbett des Koeripan landete; knapp 20 Meter über der Meereshöhe und mitten im Dschungel. In Westjava wurde der große granitene Leuchtturm am Fourth Point etwas südlich von Anyer umgerissen, als die Killerwelle ein riesiges, an die sechshundert Tonnen schweres Stück Korallengestein mitriss und es gegen den Pfeiler schleuderte.

Die Flutwellen dehnten sich mit solcher Wucht aus und waren in so großer Tiefe wirksam, dass sie um die halbe Welt gingen und selbst in so fernen Gewässern wie dem Englischen Kanal noch wahrgenommen wurden. Alle Stationen, die Flutwellen registrierten, die sich eindeutig mit der

¹) Peter FRANCIS und Stephen SELF: Der Ausbruch des Krakatau. In: Vulkanismus, Spektrum der Wissenschaften: Verständliche Forschung, Heidelberg 1985, 59.

Eruption in Verbindung bringen ließen, lagen westlich der Vulkaninsel - mit der einzigen Ausnahme Batavia: Hier strömte das Wasser in das Kanalsystem und stieg dort mehrere Meter, sodass Hunderte um ihr Leben rennen mussten. Die Ausbreitung erfolgte nach Südwest, weil in dieser Richtung – abgesehen von einer kleinen Landzunge in Südsumatra – nichts als das offene Meer lag, während die Sundastraße im Norden eng wird und viele Sandbänke und Untiefen aufweist.

Es wurden kurze und lange Wellen beobachtet: Lange Wellen wurden in Perioden von ein bis zwei Stunden hin und her geworfen. Und es waren diese Wellen, die von den automatischen Tidenmessern rund um die Erde registriert wurden. Vor Indien wurden die langen Wellen rasch kleiner und in Nordwest-Europa waren sie – wenngleich noch immer wahrnehmbar – nur noch winzig. Kurze Wellen waren hingegen viel steiler und traten in weniger regelmäßigen, aber häufigeren Wiederholungen auf. Als erstes wahrgenommen wurden diese kurzen Wellen vor der Südspitze Ceylons. Sie erreichten hier eine Höhe von ca. dreieinhalb Metern und töteten eine Frau. Sie gilt als das fernste Opfer der Eruption.

Aber nicht nur Flut- sondern auch **Luftdruckwellen** wurden von jeder Explosion des Vulkans ausgelöst. Diese unsichtbaren und unhörbaren Schockwellen niedriger Frequenz verbreiteten sich mit einer Geschwindigkeit von über tausend Stundenkilometern. Der Druckmesser des Gaswerkes in Batavia zeichnete sie alle auf. Aber nicht nur dieser, sondern auch alle Barometer rund um die Welt. Und so dauerte es nicht lange, bis man anhand dieser weltweiten Barometeraufzeichnungen registrierte, dass die vom Ausbruch ausgelösten Luftdruckwellen insgesamt siebenmal die Erde umkreisten.

Und auch noch andere Phänomene ließen sich weltweit beobachten: Neben einem Temperaturabfall von rund einem halben Grad Celsius, vor allem so prächtige Erscheinungen wie spektakuläre Sonnenuntergänge, höchst ungewöhnliche Verfärbungen des Mondes, gelegentlich auch der Sonne und ganz selten anderer Planeten, weißliche Sonnenkoronen (Bischofsringe) und intensives Nachglühen. Diese **optischen Phänomene** waren zwei bis drei Jahre lang zu sehen.

2.4. Sein Wiedererstehen - der Anak Krakatau

Im Laufe der Zeit begann langsam neues Magma in die geleerte Magmakammer, deren Einsturz die Caldera verursacht hatte, zurückzuströmen. Offenkundig wurde dies, als sich am 26. Jänner 1928 aus der Caldera des eingestürzten Krakatau ein neuer Vulkankegel über der Wasseroberfläche erhob. Erodiert von den Meereswellen verschwand dieser Anak Krakatau (Kind des Krakatau) genannte Vulkankegel bald wieder; aber im vierten Anlauf erwies er sich als lebensfähig und wächst seither pro Woche um 12 cm.

2.5. Der Ausbruch des Krakatau im Vergleich

Die Stärke eines Vulkan-Ausbruchs wird anhand des VEI (Vulkanischen Explosivitätsindex) gemessen: es handelt sich dabei um eine achteilige Skala, die sich aus 5 Einzelkomponenten bestimmt: Volumen der Förderprodukte, Förderrate (Volumen pro Zeiteinheit), Reichweite der Eruption (ermittelt aus der Höhe der Eruptionssäule), Heftigkeit einzelner Explosionen sowie Zerstörungspotential.²

Für eine Reihe von Ausbrüchen wurden VEI-Werte errechnet. Mit einem VEI-Wert von 6,5 gilt der Ausbruch des Krakatau als einer der größten Vulkanausbrüche in **geschichtlicher Zeit**. Angeführt wird diese Liste vom Tambora mit einem VEI-Wert von 7. Bei seinem Ausbruch im Jahre 1815 wurde der Vulkankegel um mehr als tausend Meter gekürzt und an die neunzigtausend Menschen getötet, entweder direkt oder indirekt durch Hungersnöte. Die Temperatur sank weltweit so stark, dass 1816 auf der nördlichen Halbkugel als das Jahr ohne Sommer in die Geschichte einging. Auch dieser Vulkan liegt in Indonesien, und zwar auf der östlichen Sundainsel Sumbawa. An zweiter Stelle kommt der Ausbruch des Taupo (Neuseeland) 180 n.Chr.; gefolgt von der Eruption des Katmai auf den Aleuten 1912; und schließlich auf Rang vier der Ausbruch des Krakatau.

²) Rudolf SCHICK 1997: Erdbeben und Vulkane, H.C. Beck, München 1997, 93.

In **vorgeschichtlicher Zeit** hat es aber noch viel verheerendere Ausbrüche gegeben. Mit dem höchstmöglichen VEI-Wert von 8 gilt der Ausbruch des Toba (Nordsumatra) vor rund 75.000 Jahren als einer der gewaltigsten Vulkanausbrüche überhaupt. Er hinterließ die weltweit größte Caldera im Ausmaß von ca 100 km Länge und 25 km Breite, in der heute der Toba-See liegt. Der Boden dieser Riesencaldera war ursprünglich um schätzungsweise zweitausend Meter abgesunken, sodass sich ein tiefer See bilden konnte. Später aber wurde er – vermutlich durch langsames Einströmen neuen Magmas - wieder Hunderte von Metern emporgehoben, wodurch inmitten des Toba-Sees die 640 Quadratkilometer große Insel Samosir entstand.

Das Phänomen wiederaufsteigender Calderen wurde erstmals vom holländischen Geologen Dr. van BEMMELN erkannt, als er 1939 eben die Toba-Caldera erforschte. Anders als ein gewöhnlicher Vulkan besteht eine wiederaufsteigende Caldera also aus einer großen Senke mit einem Zentralmassiv.³

Riesencalderen wurden aber nicht nur entlang von Subduktionszonen entdeckt, sondern u.a. auch in den USA und Argentinien sowie in Bolivien, und zwar weit ab von den Anden. In den USA gibt es sogar eine ganze Reihe solcher Riesencalderen, drei davon sind das Ergebnis von Ausbrüchen während der vergangenen Million Jahre. Alle drei – darunter jene, in der der Yellowstone Nationalpark liegt -, sind wiederaufsteigende Calderen.⁴ Der Yellowstone scheint in Intervallen von rund 600.000 Jahren auszubrechen. Sein Ausbruch vor rund zwei Millionen Jahren gilt mit einem Fördervolumen von zweitausendfünfhundert Kubikkilometer als die größte bekannte explosive Eruption aller Zeiten.⁵

Der gewaltigen Eruption geht eine lokale Anhebung der Erdoberfläche - die Aufwölbung der sogenannten Prä-Caldera - voraus. Sie ist das äußere Anzeichen dafür, dass eine große Menge Magma in ein oberflächennahes Niveau der Kontinentalkruste eindringt und dort eine Magmakammer bildet, deren Dach vielleicht nur vier oder fünf Kilometer unter der Erdoberfläche liegt. Die Aufwölbung erzeugt ein lokales Zugspannungsfeld im Oberflächengestein, das zu einem ringförmigen Bruch an der Peripherie der Kammer führt, durch den das Magma an die Oberfläche entweichen kann. Der Ringbruch, der später den Caldera-Rand bildet, muss vertikal sein oder sich wie eine Glocke nach unten erweitern; denn nur so sind das Ausmaß der Eruption und das - der Bewegung eines Kolbens im Zylinder ähnliche - Absinken der Decke zu erklären.⁶

Bei Eruptionen, die solch Riesencalderen entstehen lassen, tritt ausschließlich dacitisches oder rhyolithisches – und damit sehr zähflüssiges – Magma aus.⁷ Je zähflüssiger nun aber das Magma, desto seltener und damit explosiver die Ausbrüche – weil der Druck immer weiter zunimmt. Zu den überraschendsten Merkmalen katastrophaler Eruptionen, die eine Riesencaldera entstehen lassen, gehört ihre kurze Dauer. Untersuchungen lassen darauf schließen, dass im Verlauf der Eruption, bei der die Toba-Caldera entstand, mehr als tausend Kubikkilometer Asche in nur neun Tagen abgelagert wurden.⁸

Die Folgen für das Weltklima waren verheerend: Die Erde verdunkelte sich sechs Jahre lang. Der folgende "Vulkanische Winter" hat die Vorfahren der heutigen Menschen genetischer Untersuchungen zufolge auf fünftausend bis zehntausend Überlebende dezimiert.⁹

Toba wie Yellowstone sind Beispiele für sogenannte Supervulkane - Vulkane mit riesigem Magma-Reservoir von tausenden Quadratkilometern Ausdehnung, die an der Oberfläche nur schwer auszumachen sind. Untersuchungen der Geological Society of London zufolge schlummern

³) Peter FRANCIS: Riesencalderen: Zeugen verheerender Vulkanausbrüche. In: Vulkanismus, Spektrum der Wissenschaften: Verständliche Forschung, Heidelberg 1985, 79-80.

⁴) FRANCIS 1985, 83.

⁵) Robert und Barbara DECKER: Die Urgewalt der Vulkane. Von Pompeji zum Pinatubo, Weyarn 1997, 229.

⁶) FRANCIS 1985, 85.

⁷) FRANCIS 1985, 84.

⁸) FRANCIS 1985, 88.

⁹) Die Süddeutsche Zeitung, 8.3.05.

Supervulkane unter allen Kontinenten. Auch in Europa soll es zwei geben: Unter den Phlegräischen Feldern bei Neapel und im östlichen Mittelmeer nahe der Insel Kos. Auch unter Neuseeland, Kamtschatka, den Philippinen, den Anden, Mittelamerika, Indonesien und Japan vermuten Experten die Naturgefahr.¹⁰

3. Wissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Ausbruch

Im Zeitalter der Wissenschaft, als das sich das 19. Jahrhundert verstand, war es nur natürlich, dass der Krakatau Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen wurde. Neben der Niederländischen Regierung als zuständige Kolonialmacht, organisierte auch die Royal Society of London ein großangelegtes Forschungsprojekt. Daneben gab es eine Vielzahl weiterer Initiativen, und selbst heute noch beschäftigen sich namhafte Universitäten und Forschungsinstitutionen mit dem Ausbruch und seinen Folgen. Die moderne Geologie ist überhaupt erst in unseren Tagen dabei die Hintergründe zu erhellen.¹¹

3.1. Vulkanologie

Die niederländische Regierung beauftragte unverzüglich den Geologen Dr. VERBEEK mit der Untersuchung des Vorfalls. Als er mit seinem Team noch im Oktober des gleichen Jahres am Ort des Geschehens eintraf, musste er feststellen, dass fast die gesamte Insel verschwunden war und sich nördlich der offenen Flanke des Rakata eine riesige neue Caldera gebildet hatte. Und er erkannte richtig, dass der Großteil der Insel nicht in die Luft geflogen, sondern in diese neugebildete Caldera gestürzt war. Als korrekt sollten sich auch das von ihm errechnete Volumen an ausgestoßenem Material¹² sowie seine Prognose vom Wiedererstehen des Krakatau erweisen. Die plinische Wucht der Explosion erklärt er damit, "dass sich plötzlich Meerwasser und Magma mischten, entzündeten, in überhitzten Dampf verwandelten und in einer unbändigen Explosion entluden" (278).

Bei aller Brillanz lieferte sein 1886 veröffentlichter Bericht dennoch nur eine Beschreibung, aber keine Erklärung des Geschehens. Diese sollte erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts mit Hilfe der Theorie der Plattentektonik möglich werden: Danach liegt der Krakatau nicht nur an einer Subduktionszone (dem Java-Sumatra-Graben), sondern auch im Angelpunkt, um den sich Java und Sumatra drehen; wobei sich Sumatra nach Nordost und Java nach Norden verschiebt - wie ein Buch das zugeklappt wird. Dazu kommen eine Vielzahl von Störungen, sodass die Sundastraße eine der geologisch empfindlichsten Regionen der Erde ist. Das also sind im einzelnen die geologischen Gegebenheiten, die zu Entstehung, Ausbruch sowie Wiedererstehen des Krakatau führten.

Warum allerdings der Ausbruch so vernichtend war, ist noch heute Gegenstand experimenteller Untersuchungen in verschiedenen Labors: Neuesten Erkenntnissen zufolge ist die Heftigkeit nicht - wie Dr. VERBEEK meinte - darauf zurückzuführen, dass beim Einsturz Wasser in die Magmakammer eindrang, sondern "dass ein Strom frischen Basalts aus dem tieferen Erdinneren schlagartig in den unteren Teil der Magmakammer eingespritzt worden sein könnte, dieser neue Strom das darüber liegende Magma erhitzte, und damit einen gewaltigen Konvektionsstrom und das plötzliche Aufschäumen von weiterem Gas auslöste - wodurch letztlich die Decke der Kammer einbrach. In jüngster Zeit hat sich die Auffassung durchgesetzt, dass das Mischen von Magma beteiligt gewesen sein dürfte, dass Prozesse, die viel tiefer in der Subduktionszone abliefen, zur Wucht der Krakatau-Explosion beigetragen haben könnten." (281)

¹⁰) Die Süddeutsche Zeitung, 8.3.05.

¹¹) FRANCIS et al 1985, 56.

¹²) "Die Schlüsse, die Verbeek aus den diversen Befunden zog, waren zumeist bemerkenswert scharfsinnig. So kam er, gestützt auf Echolotungen und Vermessungen des von Aschefall betroffenen Gebiets, auf einen Schätzwert für die Menge der vulkanischen Auswurfmasse, der bis heute nicht mehr wesentlich korrigiert werden musste. Und daraus, dass die von ihm gesammelten Gesteine Neubildungen magmatischen Ursprungs waren, schloss er zurecht, dass der alte Vulkankegel nicht in die Luft gesprengt worden, sondern ins Meer eingebrochen war, nachdem sich die darunter liegende Magmakammer entleert hatte." (58) In: Peter FRANCIS et al 1985, 56-68.

3.2. Meteorologie

Aufmerksam geworden durch die Aufzeichnungen unzähliger Barometer richtete die Royal Society of London ein Krakatau-Komitee ein, das auch die Allgemeinheit um Reaktionen ersuchte. Es erhielt Waggonladungen an Material aus aller Welt und registrierte und katalogisierte sorgfältig jede einzelne Schilderung atmosphärischer Erscheinungen. Zwei Drittel des 494-seitigen Abschlussberichtes, der nach fünf Jahren erschien, befassten sich denn auch mit optischen Phänomenen in der Atmosphäre im Zeitraum 1883-1886.

"Der umfangreiche Katalog von Beobachtungen ließ rasch ein bestimmtes Muster erkennen. Es bestand kein Zweifel, das sich die riesige Aschenwolke in der Stratosphäre in westlicher Richtung um den Erdball bewegte - was bei der östlichen Drehung der Erde zu erwarten war - und sich dabei nach Norden und Süden ausbreitete. D.h. die optischen Erscheinungen traten zunächst in den niedrigeren Breiten, um den Breitengrad des Vulkans auf. Den ganzen September über sah man sie nirgendwo nördlicher als Honolulu und nirgendwo südlicher als Santiago de Chile. Allmählich aber verbreitete sich die Wolke. Sechs Wochen nach der Eruption veränderten die Partikel in ganzen zweiundsechzig Breitengraden das Licht und hatten sich bereits um den halben Erdball ausgebreitet." (258)

Bis November ging das so, dann aber änderte die Wolke aus vulkanischen Aerosolen ihren Kurs und begann sich rückwärts zu bewegen und gleichzeitig weiter auszubreiten. Gegen Jahresende kamen die Eruptionspartikel zum Stillstand und begannen sich unendlich langsam auf die Erde herabzusinken: "Die Erscheinungen, die sie auslösten, waren zwar nicht mehr so atemberaubend wie in den ersten Monaten, doch sie begeisterten die Menschen ... noch in den folgenden zwei bis drei Jahren." (259)

Das aufmerksame Studium der stratosphärischen Bewegungen der Aerosole des Krakatau erwies sich als äußerst bedeutsam für die moderne Meteorologie und sollte vor allem die Praxis der Wettervorhersage revolutionieren.

3.3. Biologie

Biologen aus verschiedenen Ländern strömten zur Sundastraße, um – wie es einer von ihnen ausdrückte - "Schritt für Schritt dem Lauf der Entwicklung neuen Lebens auf dieser im Augenblick toten Insel zu folgen" (312). Sie gingen dabei äußerst vorsichtig zu Werk, um nicht die seltene posteruptive Reinheit der Insel zu kontaminieren.

Der belgische Biologe Edmond COTTEAU, Mitglied einer französischen Expedition, sollte im Mai 1884 die ersten Regungen von Leben entdecken: eine kleine Spinne. In der Folge kehrte das Leben sehr rasch auf die Insel zurück. Bereits im Juni 1886 zählte man fünfzehn Blütenpflanzen und Sträucher – größtenteils Standgewächse – sowie zwei Moose und elf Farne. Im folgenden Jahr traf man schon auf dichte Flächen von hohen Gräsern, darunter javanisches Alang-Alang und wildes Zuckerrohr; dazu kamen weitere Farnarten, etliche Arten sandbindender Kriechpflanzen, Hibiskus, Orchideen und Bäume wie der indische Mandelbaum, drei Arten von Feigenbäumen und die pinienartige Kasuarine. Bald bedeckten richtige Wälder den Berghang des Rakata. Und mit der geänderten Flora begann sich auch die Fauna zu ändern. Heute weist die Insel eine deutlich andere zoologische und botanische Ausstattung auf als Sumatra und Java.

Mit den ersten Lebewesen tauchte allerdings auch eine unangenehme, weil nicht mehr zu lösende Frage auf: War es denkbar, dass einige der Tiere und Pflanzen, die als erstes auftauchten, den Ausbruch überlebt hatten oder war das gesamte Leben durch die Explosion ausgelöscht worden? Zunächst ist man wie selbstverständlich davon ausgegangen, dass alles Leben vernichtet worden und die Neubesiedelung über das Meer erfolgt sei. Nun aber wurde diese Annahme begründet in Zweifel gezogen; doch ließ sich die Frage, ob der Krakatau nun neu- oder nur wiederbesiedelt worden ist, nicht mehr klären. Schon deshalb nicht, weil man nicht einmal genau wusste, welche Lebensformen vor der Eruption auf der Insel existiert hatten.

Beim **Anak Krakatau** stellte sich diese Frage erst gar nicht: Es gab nichts, das wieder erstehen hätte können. Die auch in diesem Fall unverzüglich herbeiströmenden Wissenschaftler entdeckten als

erstes Insekten, gefolgt von Pflanzen: "Fünfzehn Monate nachdem das vierte 'Kind des Krakatau' zur Welt gekommen war, wimmelte es an der Nordküste der Insel von angeschwemmten Baumstümpfen, Bambusstängeln, Wurzeln und verfaulenden Früchten. Man entdeckte achtzehn Samen, von denen zehn bereits Wurzeln geschlagen hatten. Bei einem späteren Besuch sichtete man weitere Pflanzenarten ... sowie Motten und einige Wandervögel. ... Es sah ganz nach einer Explosion von neuem Leben aus, bis plötzlich der Vulkan am Rand der Insel erneut unerwartet und heftig ausbrach und alles Leben zu ersticken schien. Dasselbe geschah noch dreimal." (322)

Auch nachdem 1953 auf der jungen Insel wieder eine gewisse vulkanische Stabilität eingekehrt war, sollte es noch ein ganzes Vierteljahrhundert dauern, bis Wissenschaftler in nennenswerter Zahl in die Region kamen. Erst seit den 1980er Jahren werden wieder ernsthafte wissenschaftliche Untersuchungen auf beiden Inseln durchgeführt.

Trotz neuerlicher Nachlässigkeit seitens der Wissenschaft ist die große Seinskette dennoch klar erkennbar: "Bakterien, Pflanzen, Insekten, Früchte, Pflanzenfresser, Fleischfresser. Dies ist die klassische Entwicklung von Leben – eine Entwicklung die auf dem alten Krakatau mit seinen früheren Lebensformen und möglichen Überlebenden vielleicht etwas komplexer ausfällt, aber in jeder anderen Hinsicht und auf Anak Krakatau ganz gewiss dem klassischen Muster entspricht." (325)

Die Population, die sich inzwischen am Anak Krakatau angesiedelt hat, unterscheidet sich nicht nur deutlich von Flora und Fauna auf Java und Sumatra, sondern auch von derjenigen auf den Überresten des alten Krakatau. An beiden Orten scheinen die Prozesse nur im Grundsätzlichen gleich, im Detail aber verschieden abgelaufen zu sein.