# Archäo-Metallurgie auf den Spuren Herodots: die Kykladenkultur und die Anfänge des Bronzezeitalters in neuem Licht

Autor(en): **Gerwin, Robert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 37

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74552

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Archäo-Metallurgie auf den Spuren Herodots

## Die Kykladenkultur und die Anfänge des Bronzezeitalters in neuem Licht

**Die Erforschung der antiken Gold- und Silberbergwerke mit Hilfe der für Mondgesteinsproben entwickelten Analysentechnik führt zu immer wieder neuen und überraschenden Ergebnissen: So entdeckten jetzt Prof. Günther Wagner und Dr. Ernst Pernicka vom Max-Planck-Institut in Heidelberg eine ausgedehnte Goldgrube unter der Akropolis von Thasos. Weiterhin gelang ihnen der Nachweis, dass auf dieser Insel in der nördlichen Ägäis bei der Suche nach Gold tatsächlich «ein grosser Berg umgewühlt» wurde, wie der griechische Geschichtsschreiber Herodot vor etwa zweieinhalb Jahrtausenden in seinen berühmten Reiseberichten geschrieben hatte. Ausserdem stiess die Heidelberger Archäometrie-Gruppe bei ihrer Suche nach alten Gold- und Silberbergwerken auf der Kykladeninsel Sifnos bis ins frühe dritte Jahrtausend vor Christi Geburt vor, bis zu den Anfängen des Bronzezeitalters, als in unseren Breiten noch «finstere» Steinzeit herrschte und der ägäische Raum durch die Kykladenkultur geprägt war.**

Nach ihren Erfolgen bei der Erforschung der Herkunft des Silbers in den archaischen Münzen des sogenannten *Asyut-Schatzes* (MPG-Presseinformation 18/77, MPG-Spiegel 5/77) kam die damals noch unter der Leitung von Prof. *Wolfgang Gentner,* dem kürzlich verstorbenen Direktor des Heidelberger Max-Planck-Instituts für Kernphysik, stehende *Archäometrie-Gruppe* im September 1979 zum erstenmal auch auf die Insel *Thasos* in der *nördlichen Ägäis.* Sie folgte dabei einer Spur, die auf eine 1929 verfasste Dissertation des deutschen Geologen *J. Speidel* zurückgeht. Er hatte bei der Suche nach Blei- und Zinkerz - Thasos ist dafür auch heute noch bekannt - wie er schrieb, «unzählige Galerien und Schächte» antiker Bergwerksstollen entdeckt und aufgrund des hohen Silbergehalts im anstehenden Erz auf antiken Silberabbau geschlossen.

### Hat sich Herodot geirrt?

Dazu passte die Beobachtung der Münzsammler, dass auf Thasos im späten 5. und 4. vorchristlichen Jahrhundert in grosser Zahl *Silbermünzen* geprägt wurden. Insbesondere eine berühmte archaische Silbermünze mit der Darstellung des Raubes einer Nymphe durch einen Satyr soll von der Insel Thasos stammen. Erstaunlicherweise berichtet jedoch keine historische Quelle von einer Silbergewinnung auf Thasos. Statt dessen schreibt der «Vater» der Geschichtsschreibung, Herodot von Halikarnassos, er habe auf der Insel Thasos alte, bereits von den Phöniziern - also schon etwa 500 Jahre zuvor - angelegte Goldbergwerke gesehen. Wörtlich fährt er fort: «Einen grossen Berg haben dort die Goldgräber umgewühlt.» - Sollte der sonst so zuverlässige Herodot hier etwas übersehen haben?

Zunächst unternahm die Heidelberger Gruppe gemeinsam mit der auf Thasos stationierten Aussenstelle des griechischen *Instituts für Geologie und Bergbau-Exploration* (IGME) unter *Georgius Gialoglou* eine Exkursion zu den von Speidel erwähnten alten Galerien und Schächten im Blei- und Zinkerz. Hier entdeckten sie eine ganze Reihe von antiken Bergwerksgängen mit gut erhaltenen Werkzeugspuren. Sie fanden *Holzkohlereste,* deren Alter sich mit Hilfe radioaktiver Methoden auf das 3. bis 4. Jahrhundert nach Christi Geburt datieren liess. Reste von *Ofenauskleidungen* wurden mit Hilfe der *Thermolumineszenzmethode* etwa auf das Jahr 300 nach Christi Geburt datiert, also die gleiche Epoche. Die chemische Analyse von *Schlacken* zeigte, dass hier in historischer Zeit auch Blei und Kupfer verhüttet worden waren.

Andererseits untersuchte man auch die gegossenen *Bleispangen,* mit denen die Griechen in klassischer Zeit - und später auch die Römer - die Fundamentplatten und Steinmauern ihrer Tempel und Befestigungsbauwerke verklammert haben. Im Museum von *Kawala,* der Thasos auf dem Festland gegenüberliegenden Hafenstadt, wo der Apostel Paulus zum erstenmal auf europäischem Boden predigte, durften die Heidelberger Archäometer aus solchen Klammern und anderen alten Bleigegenständen - zum Beispiel Bleiflickungen zerbrochener Tongefässe, Gewichte von Webstühlen und Fischernetzen - winzige Proben entnehmen, um an ihnen Analysen der *Isotopen-Zusammensetzung* vorzunehmen. Auch das *Nationalmuseum* in *Athen* erlaubte den Heidelberger Wissenschaftlern, sich aus den dort eingelagerten alten Bleigegenständen solche Proben herauszubohren.

Die Isotopen-Analysen selbst erfolgten jeweils in *Mainz* im dortigen *Max-Planck-Institut für Chemie.* Hier in der Abteilung für Kosmochemie wurden, ähnlich wie in Heidelberg, für Untersuchungen an Meteoriten, kosmischem Staub und Mondmaterie hochempfindliche Methoden zur massenspektrometrischen Isotopen- und Spurenanalyse entwickelt. So gelang es, für dieses Gebiet der Insel Thasos eine *Chronologie des Erzbergbaus* nachzuzeichnen: Schon in vorrömischer Zeit wurde das silberhaltige Blei abgebaut, vermutlich vorwiegend mit dem Ziel der Silbergewinnung. Allerdings scheint der Silbergehalt nicht in allen Bleierzen ausreichend hoch gewesen zu sein, damit sich der Aufwand der Entsilberung lohnte. Dies trifft besonders auf die hellenische und römische Abbauphase zu. Der Silbergehalt in Bleigegenständen aus dieser Zeit ist höher, als nach einer Entsilberung zu erwarten wäre, war aber damals offensichtlich nicht hoch genug, um wirtschaftlich interessant zu erscheinen. Und auch da zeigte sich bei den anschliessenden Laboruntersuchungen: Zumindest eine der im Tresor des Heidelberger Max-Planck-Instituts liegenden Bruchmünzen aus dem Schatz von Asyut dürfte aus dem Silbererz dieser Gruben erschmolzen worden sein. - Doch wie war das mit den von Herodot beschriebenen Goldbergwerken und dem «umgewühlten» Berg?

Herodot gibt dafür eine genaue geographische Beschreibung, nämlich des Bergrückens zwischen den Orten *Koinyra* und *Ainyra.* Der Name Koinyra blieb im heutigen Ortsnamen *Kinyra* erhalten, und eine vor einigen Jahren gefundene Schrifttafel verriet, dass aus Ainyra der heutige Ort *Potamia* wurde. Es war für die Heidelberger Wissenschaftler also klar, welchen Berg Herodot gemeint hatte. So begannen sie denn auch, an dieser Stelle zu suchen. Doch in dem dichten, von Schlangen bevölkerten Gestrüpp verloren sie immer wieder die Orientierung, und die erhofften Stolleneingänge waren nicht auszumachen. Nach tagelangem Suchen waren *Gentner* und seine Mitarbeiter drauf und dran, das Unternehmen aufzugeben. Zweifelten die Sprachforscher nicht ohnehin an der Echtheit von Herodots Berichten? Und wenn sie stimmten, hätten dann nicht schon viele andere aufgrund seines Berichts die alten Goldgruben wiederentdecken müssen? Seit Jahrhunderten gehen Schatzsucher - und auch die Geologen heute - bei der Suche nach Lagerstätten zunächst einmal historischen Berichten nach.

Da gelang es dem griechischen Geologie- und Bergbau-Institut (IGME), einen alten Mann zu finden, der in seiner

Jugend auf dem Bergrücken zwischen Kinyra und Potamia Ziegen gehütet hatte. Da die Hütejungen damals sehr aufpassen mussten, damit sich keins ihrer kostbaren Tiere verirrte, kannten sie jede Höhle. Mit traumwandlerischer Sicherheit führte der alte Grieche die Wissenschaftler in etwa 340 m Meereshöhe an eine enge Öffnung – den Zugang eines verzweigten Systems von Gängen und Stollen, das sich etwa 100 Meter tief in den Bergrücken hinein fortsetzte.

## 3000 Jahre alte Russspuren

Die Heidelberger Forscher waren begeistert: An den Wänden konnte man noch deutlich die verrussten Nischen erkennen, in denen die Bergleute vor rund 3000 Jahren ihre Öllämpchen abgestellt hatten, ausserdem sogenannte Gezähespuren, also Rillen und Einschläge im gewachsenen Gestein, die durch die Bearbeitung mit Hammer, Meissel oder Spitzhacke entstanden waren. Teilweise erinnerten die Gänge aber auch an eine prähistorische Tropfsteinhöhle: Im Verlauf der Jahrhunderte und Jahrtausende hatte das heruntertropfende Sickerwasser bizarre Schichten aus Kalkstein abgelagert, zum Teil bis zu 50 cm dick. Darunter fanden die Archäo-Naturwissenschaftler Holzkohlereste und Scherben alter Keramikgefässe.

Nur drei Stunden blieb *Wagner* und seinen Kollegen Zeit, Proben für die Untersuchungen im heimatlichen Labor zu sammeln, während der griechische Führer draussen wartete. Er traute sich nicht in die Höhle. Dann gebot die hereinbrechende Dunkelheit dringend die Rückkehr nach Kinyra. Auf dem Heimweg versuchten die Wissenschaftler, sich deutlich die Gegend einzuprägen, um so am nächsten Tag auch ohne Führer noch einmal den Weg zu dem wiederentdeckten alten Stollensystem zu finden. Doch vergeblich, wieder irrten sie hilflos durch das zähe Gestrüpp. Erst als die deutschen Wissenschaftler abgereist waren, stiess *Georgius Gialoglou* noch auf ein drei Meter tiefes senkrechtes Loch, das sich als Eingang zu einer grossen, zum Teil eingestürzten Höhle mit von Menschen angelegten Stollen entpuppte.

## Winzige Goldkörner

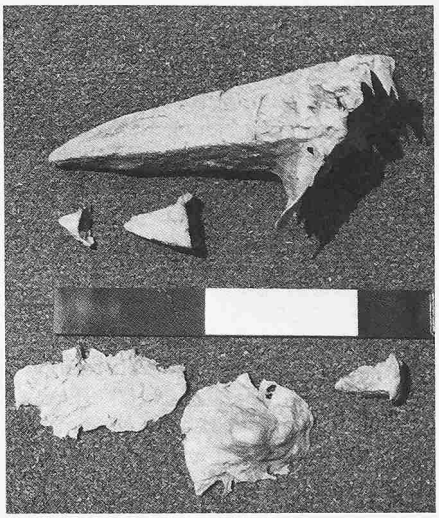
In Heidelberg bestätigten die Laboranalysen, dass man tatsächlich auf *zwei alte Goldgruben* gestossen war. Man entdeckte in den Erzproben sogar einzelne, wenn auch winzige Körner, teils aus reinem Gold, teils mit 5 bis 20 Prozent Silber vermischt. Ganz offensichtlich war Gold das einzige abbauwürdige Metall dieser Gruben gewesen. Und neben der angegebenen Lage entsprach auch das hohe Alter der Holzkohlereste und Keramikscherben den Beschreibungen Herodots. Man hatte die in ihrem Kern an die 2500 Jahre alten Goldgruben wiederentdeckt. – Doch sollte das alles sein?

Im Mai 1980 – Prof. Gentner konnte nicht mehr teilnehmen – unternahm die *archäometrische Forschungsgruppe* des Heidelberger Max-Planck-Instituts erneut eine Exkursion nach Thasos. Gemeinsam mit Kollegen des *Deutschen Bergbaumuseums* in *Bochum*, des *Archäologischen Instituts der Universität Heidelberg* und des IGME in Thasos begannen sie, das beim ersten Besuch nur flüchtig untersuchte Goldbergwerk exakt zu untersuchen, seinen geologischen Hintergrund auszuloten und seine bergbauliche Anlage zu vermessen. Aber auch noch weitere Bergwerksanlagen aus historischer Zeit und einige offene Abbaugruben wurden an anderen Stellen des Bergrückens ausgemacht und im Detail untersucht. Herodots Behauptung vom «Durchwühlen» eines ganzen Bergs erschien nun voll gerechtfertigt.

Dabei wurden neben den Überbleibseln aus klassischer Zeit auch einige nur etwa 800 Jahre alte Kohle- und Holzreste gefunden. Bei einer dieser Gruben entdeckte man eine byzantinische Münze aus dem Jahre 1203. Bergbautechnisch liessen sich gleichfalls verschiedene Abbauphasen deutlich ausmachen. Wie die Griechen den Spuren der Phönizier gefolgt waren, so hat man offenbar auch in byzantinischer Zeit die alten Lagerstätten erneut bearbeitet – und offenbar zuvor Herodot gelesen.

## Grüne Farbe in alten Gängen

Schon dieser Erfolg hätte Prof. Wagner und Dr. Pernicka gereicht. Doch obendrein waren sie von französischen Geologen eingeladen worden, sich ein weiträumiges Stollensystem unter dem alten *Akropolis-Hügel* von *Limenas*, der antiken Stadt Thasos auf der Insel Thasos, näher anzuschauen. Die Franzosen hatten Berichte deutscher Geologen studiert, die hier während der türkischen Zeit vor dem Ersten Weltkrieg auf abbauwürdige Erzlagerstätten prospektiert hatten. Aufgrund der grünen Farbe des Gesteins in den alten Gängen vermuteten die Franzosen, auf ein altes Kupfer- oder Eisenerz-Bergwerk gestossen zu sein, und hatten ihre Entdekkung auch mit diesem Ergebnis in Fachzeitschriften veröffentlicht.



*Noch heute kann man an den Wänden der alten Goldbergwerke bei Kinyra auf der Insel Thasos die Werkzeugspuren sehen. Sie wurden mit einer Kunststoffmasse ausgegossen und so nachgebildet. Die Streifen des Massstabs sind je 10 cm lang*

Wagner und Pernicka waren zunächst verblüfft von der Ausdehnung des unterirdischen Stollensystems. Es dauerte mehrere Stunden, bis sie alle Galerien begangen hatten. Ein am Fusse der Akropolis gefundenes Goldstück machte die beiden Deutschen hellhörig und die mitgenommenen Erzproben zeigten dann auch: In Wirklichkeit handelte es sich hier um ein Goldbergwerk. Weitere vom IGME besorgte Proben haben das unterdessen zweifelsfrei bestätigt.

So steht heute für die Archäometer des Heidelberger Max-Planck-Instituts für Kernphysik fest: Nicht nur der von Herodot genannte Bergrücken, die ganze Ostseite der Insel Thasos muss eine gewaltige Goldgrube gewesen sein. Wahrscheinlich hat Herodot aber nur die Anlagen auf dem Bergrücken bei Kinyra gesehen. Zumindest haben nur diese ihn so beeindruckt, dass er sie der Erwähnung wert fand. Das Goldbergwerk unter der Akropolis der alten Stadt Thasos wird in der historischen Literatur nirgends erwähnt.

## Schatzhaus in Delphi

Fast 400 km südlich von Thasos liegt innerhalb der Inselgruppe der Kykladen die Insel Sifnos. Auch ihre Bewohner waren in klassischer Zeit für ihren Reichtum berühmt. Dies fand seinen Ausdruck in ihrem *Schatzhaus in Delphi*. Auch auf Sifnos gelang es der seit 1974 mit Unterstützung der *Stiftung Volkswagenwerk* arbeitenden Heidelberger Archäometrie-Gruppe, eine ganze Reihe von Silbergruben und – in jüngster Zeit – auch einige der von He-

rodot erwähnten Goldgruben auszumachen. Die eigentliche Überraschung bildete jedoch die Entdeckung der *Silbergrube von Agios Sostis* im Nordosten der Insel Sifnos. Neben den Bergbau-Aktivitäten in archaischer Zeit, die aufgrund der Herodot-Texte zu erwarten waren, ergaben die Analysen der Proben hier noch wesentlich weiter zurückliegende Bergbauunternehmungen.

Auf der Sohle einer Galerie wurden unter einem stark von Kalkablagerungen überzogenen Versatz Holzkohlereste und zwei Fragmente von Keramikgefässen entdeckt, die auf ein Alter zwischen etwa 2600 bis 3000 Jahre vor Christi Geburt datiert wurden, also fast 5000 Jahre alt sind. Die Keramikfragmente liessen sich auch archäologisch datieren und mussten der frühen Bronzezeit zugeordnet werden, die im ägäischen Raum auf die erste Hälfte des 3. vorchristlichen Jahrtausends fällt. Bei anderen, in einer Abraumhalde gefundenen Scherben von Keramikgefässen ist auf dem Boden der Abdruck eines Mattenflechtwerks zu erkennen, ein typisches Merkmal der sogenannten frühkykladischen Zeit.

Damit wurde der *bisher älteste Blei- und Silber-Bergbau überhaupt entdeckt* und nachgewiesen, und die Kykladenkultur, die weit vor der archaisch-griechischen Zeit liegt, erscheint in neuem Licht. Nicht länger lässt sich die Auffassung halten, die hier gefundenen Silbergegenstände jener Epoche seien lediglich aus Kleinasien importiert worden. Es mag sein, dass die Technik der Edelmetallverhüttung – insbesondere die Technik der *Kuppelation,* bei der aus der Metallschmelze die unedlen Metalle wie Blei durch Aufblasen von Luft zur Oxidation und damit zur Abscheidung gebracht werden –, von aussen kam und nicht hier erfunden wurde. Doch jedenfalls gab es zu jener frühen Bronzezeit im bisher eher durch seine modern anmutenden *Marmorstatuetten berühmten Kulturkreis der Kykladen* bereits einen ausgedehnten Bergbau und dazugehörige Verhüttungsanlagen. Hier stehen wir vor den Anfängen der Blei- und Silber-Metallurgie schlechthin, zumindest in Europa. In unseren Breiten herrschte damals noch «finstere» Steinzeit.

*Robert Gerwin, München*

# Galaxien mit Düsenstrahlen

## Computersimulation von Jets in astronomischen Radioquellen

Ein besonderer Typ von «himmlischen» Radioquellen beschäftigt die Astrophysiker: Quellen, die aus zwei Komponenten bestehen und die ihre Entstehung einem Düsenstrom («Jet») verdanken, der von einer zentralen Galaxie aus in zwei entgegengesetzte Richtungen oft mit nahezu Lichtgeschwindigkeit ausgeschleudert wird, und zwar seit Jahrmillionen. Dem Verständnis des *Jetphänomens in Radiodoppelquellen,* aber auch in anderen astronomischen Systemen, ist man jetzt einen Schritt näher gekommen. Wissenschaftlern des *Max-Planck-Instituts für Astrophysik* in *Garching bei München* ist jetzt eine *Computersimulation* der Jets geglückt, die bis in Details die Beobachtungen der Radioastronomen wiedergibt. Darüber hinaus ist damit auch geklärt, wie es den Jets gelingt, ihre Düsenströmung über fast intergalaktische Entfernungen hinweg aufrechtzuerhalten.

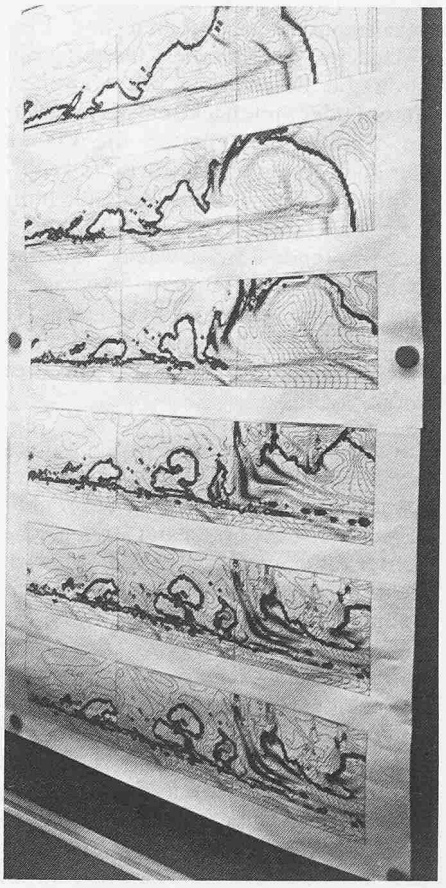
Die grösste bekannte Radiogalaxie dieser Art trägt den Namen *Cygnus A,* ein *Radiodoppelnebel in 560 Lichtjahren Entfernung im Sternbild des Schwans.* In Cygnus A haben die beiden Radiokomponenten einen Abstand, der den Durchmesser der Milchstrasse um das Zehnfache übertrifft.

Jets treten aber nicht nur in Radiogalaxien auf. Man beobachtet sie in *Doppelsternen,* kennt sie aber vor allem als *Kondensstreifen aus den Düsen der Flugzeuge;* auch der Wasserstrahl aus einem Gartenschlauch ist ein simpler Düsenstrom. Deshalb sind die von Dr. *Michael Norman* und Dr. *Karl-Heinz Winkler* in Zusammenarbeit mit Prof. *Larry Smarr* von der *Universität Illinois,* Urbana/USA, erzielten Ergebnisse über die Astrophysik hinaus für die Erforschung von Strömungen von allgemeiner Bedeutung.

Das Problem mit den Jets war bisher, dass man nicht wusste, warum sie in der im Weltraum vorgefundenen Grösse stabil sind oder nicht. Im Fall ihrer Instabilität sollten sie sich nämlich rasch wieder auflösen. Sobald das Zentrum einer galaktischen Sternansammlung einen Düsenstrom heissen Gases ausstösst, schiebt er sich zunächst ein Stück in das intergalaktische Gas hinein. Sehr rasch aber versucht dieses Gas den Jet durch seitliche Einbuchtungen abzuschnüren: Wie mit «Elefantenrüsseln» sollte es in den geordneten Düsenstrom eindringen und ihn in kleine Blasen auflösen. Dieser Auffassung widersprachen im Jahre 1974 erstmals die britischen Astrophysiker *Roger Blandford* und *Martin Rees:* «Wenn die zentrale Energieversorgung (der Jets) aufrechterhalten wird, ist es wahrscheinlicher, dass ein kontinuierlicher (Jet-)Strom entsteht als nur eine Reihe von Blasen.»

### Stosswellen im Doppelauspuff

Was statt dessen geschehen solle, so *Blandford* und *Rees,* sei der gleiche Effekt wie in einer sogenannten *Laval-Düse:* Ein Gas, das durch eine sich zunächst verengende, dann wieder erweiternde Düse strömt, beschleunigt sich dabei von Unterschall- auf Überschallgeschwindigkeit. Von Überschallgeschwindigkeiten ist aber bekannt, dass sie stabilisierend auf Strömungen wirken. Das passiere nun auch im Herzen der zentralen Galaxie. Ein nicht näher bekanntes Kraftwerk im Kern der Galaxie stosse mit grosser Geschwindigkeit heisses Gas aus. Dieses bahne sich



*Darstellungen des «Computerexperimentes» eines galaktischen Düsenstrahls*