

QUANTENSPRUNG

Madagaskar (Teil 1) - „La Grande Île“

„Salut vazaha“ - so werden Weiße Besucher auf der Insel Madagaskar, dem Land, wo der Pfeffer wächst, begrüßt. Eine Mischung aus Französisch und Madagassisch. Die viertgrößte Insel der Welt ist nicht nur das Land des Pfeffers, sondern auch der Meerkatzen - die keine Katzen, sondern Lemuren sind, ein früher Ast der Primaten. Die Insel beherbergt eine ganz eigene Fauna und Flora. Ein Paradies für Biologen.

Inseln sind biologisch immer interessant, denn sie sind oft evolutionäre Experimente, unabhängig von der Entwicklung auf den Kontinenten. Man kann durch ihr Studium sehen, ob und, wenn ja, wie sich die Evolution wiederholt. Arten, die es schaffen, Inseln zu besiedeln, haben oft viele neue Arten hervorgebracht und ökologische Nischen besetzt, die sonst von anderen Tiergruppen eingenommen werden. Dies macht Inseln einzigartig.



AXEL MEYER

Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz.

Ihre Abgelegenheit führt dazu, dass keine oder nur sehr selten Tier- oder Pflanzensiedler ankommen und sich erfolgreich fortpflanzen. Damit kommen auch keine neuen Gene an, und die Evolution muss mit dem arbeiten, was sie hat. So auch in Madagaskar.

Vor etwa 165 Millionen Jahren trennten sich Madagaskar und Indien von der riesigen Landmasse, die heute Afrika genannt wird. Vor 80 Millionen Jahren dann spaltete sich das heutige Indien von Madagaskar ab und raste über den Indischen Ozean auf Eurasien zu. Beim Zusammenprall warf es das Himalaja-Gebirge auf. Indien ließ „La Grande Île“ etwa 400 km östlich von Mozambique im Indischen Ozean zurück.

Zusammen mit den beiden Inseln wanderte die ursprüngliche Flora und Fauna seit dem Jura isoliert im Indischen Ozean umher. Deshalb finden sich so viele einzigartige Tiere nur auf Madagaskar und manchmal ihre nächsten Verwandten in Indien - statt in Afrika, obwohl dies sehr viel näher liegt. Dies trifft zumindest auf Süßwasserfische und einige andere Tiergruppen zu.

Eine der ungewöhnlichsten Säugetier-Gruppen des Tierreichs lebt nur auf Madagaskar: die Tenreks. Zu diesen gehören Arten, die unseren heimischen Igel und auch Spitzmäusen in Form und Ökologie, also ihren Wechselbeziehungen zur Umwelt, täuschend ähneln, aber verwandtschaftlich nichts mit ihnen zu tun haben. Die Evolution hat sich wiederholt - man nennt dies Konvergenz. Die nächsten Verwandten der Tenreks sind ein unglaublich scheinendes Gemisch: die „Afrotheria“, zu denen Erdferkel, Elefant, Seekuh und auch Klippschliefer zählen. Diese äußerlich völlig ungleiche Sippschaft ist vor etwa 50 Millionen Jahren entstanden und erst seit fünf Jahren durch vergleichende Genanalysen erkannt worden.

Wie schön, dass es immer noch so viel Neues zu entdecken gibt!

wissenschaft@handelsblatt.com

# Eisige Energiequelle

Methanhydrat vom Meeresboden gilt für Asien als Energie der Zukunft - Die deutsche Forschung will sich an den Projekten beteiligen

ONNO GROSS | HAMBURG

Zwei Drittel der Erde sind von Meeren bedeckt, und in ihnen tummeln sich sonderbare Geschöpfe wie der 1997 entdeckte Eiszurm, der mitten im Methanhydrat lebt. Der fünf Zentimeter große Wurm ist bekannt aus Frank Schätzing's Bestseller „Der Schwarm“, wo er durch Überbevölkerung seinen Lebensraum zerstört, was zum Abrutschen der untermeerischen Kontinentalhänge führt und ein Weltuntergangsszenario auslöst. Aber auch in der weniger katastrophalen Wirklichkeit ist das Methanhydrat auf dem Meeresboden ein beachtenswerter Stoff.

Untermeerisches Methan (CH<sub>4</sub>) entstammt der bakteriellen Zersetzung abgestorbener und auf den Meeresboden gesunkenen Planktons. Die eigentlich flüchtigen Gasmoleküle werden durch Kälte und hohen Druck in der Tiefsee in einer gitterförmigen Einschlussverbindung mit Wassermolekülen, dem „Clathrat“, festgehalten. Diese Mikrokäfige bilden meterhohe Lager aus festem Methanhydrat, auch „Methaneis“ genannt. Weltweit hat man Hydratfelder entdeckt, vor allem an den Kontinentalrändern, für deren Stabilität sie eine wichtige Rolle spielen.

Nach vorsichtigen Schätzungen der japanischen Experten von Tokyo Gas lagert allein in den japanischen Gewässern genug Methanhydrat, um die von Energieimporten abhängige Nation hundert Jahre zu versorgen.

Als 1997 das Forschungsschiff „Sonnen“ erstmals größere Mengen Gashydrate vor Kalifornien einsammelte, die wie Brausepulver schäum-

ten und dabei schmolzen, war die Sensation noch groß. Heute sind zig Wissenschaftler im Regierungsauftrag auf Explorationstour. Und die deutsche Expertise ist dabei gefragt. So wurde kürzlich ein Kooperationsvertrag mit Korea ausgehandelt, da das Land in den nächsten Jahren etwa 100 Millionen Dollar in die Prospektion der eigenen Tiefseevorkommen investieren will. „Südkorea holt sich zum internationalen Rat und prüft gerade unsere Vorschläge“, sagt Peter Linke vom Geomar-Institut in Kiel und Leiter der AG Gashydrate.

Um die Energiequelle der Zukunft zu finden, muss man mit hochauflösenden Side-Scan-Sonaren, die auf den deutschen Forschungsschiffen vorhanden sind, den Meeresboden abtasten. Denn die Gashydrate liegen nicht gleichmäßig verteilt in den Kontinentalhängen. Druck, geringe Temperaturen und ein hoher organischer Gehalt im Sediment müssen für die Bildung des Hydrats zusammenkommen. „Das aktive Verbreitungsfenster von stabilen Hydraten“, sagt Gerhard Bohrmann, Geologe vom Ozeanränderinstitut in Bremen, „liegt in etwa zwischen 500 und 1500 Meter Wassertiefe.“

Ist es zu warm, tritt das Gas aus den Sedimenten aus und steigt an die Meeresoberfläche. In größeren Tiefen und bei höherem Druck dagegen sind sowohl die biologische Aktivität als auch die Ablagerungsrate zu gering, um ausreichend Methan zu erzeugen. Deutlich höhere Konzentrationen bilden sich in Ablagerungen, deren Porosität und Durchlässigkeit erhöht sind. So wurde in der Nankai-Senke bei Japan, wo durch die Plattentektonik Ozeanbo-

den unter Ozeanboden geschoben wird, eine 16 Meter dicke Schicht mit bis zu 80 Prozent Hydrat gefunden.

Das Methaneis direkt vor der Haustür lässt die Japaner hoffen, eines Tages vom Erdgasimport unabhängig zu sein. Entsprechend eifrig wird an der Abbautechnik getüftelt. Zurzeit ist der Bau einer Probefabrik in Planung, die im Jahr 2007 fünf Tonnen Hydrat täglich auf See verarbeiten soll. Japanische und norwegische Wissenschaftler haben auch herausgefunden, wie es geht: „Man überführt“, erklärt Peter Linke, „schon am Meeresboden das Methan in so genannte Minipellets. Dieses synthetische Hydrat wird dann nach oben transportiert und kann per Schiff überall hin versandt werden.“

**„Zuerst muss klar werden, ob das Hydrat ohne Gefahr abgebaut werden kann.“**

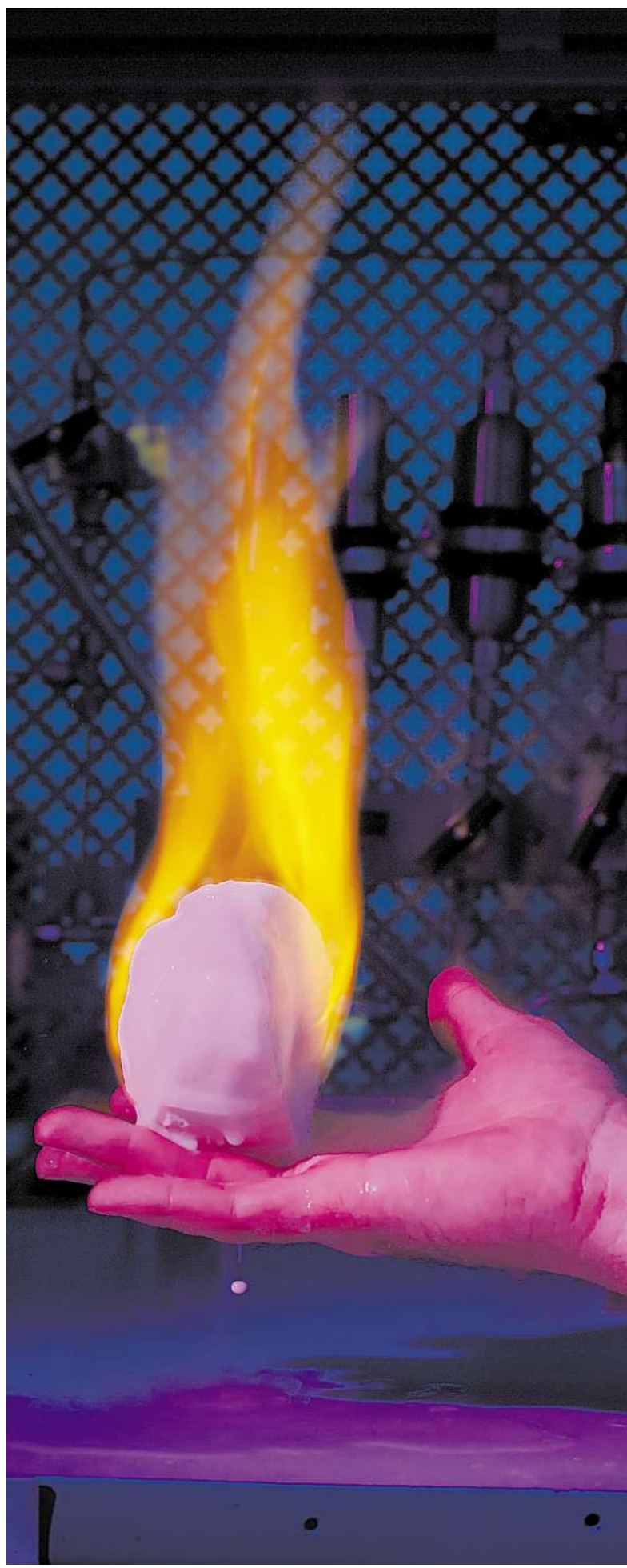
H. J. von Wirth, Unternehmer

Schon werden spezielle „NGH (Natural Gas Hydrate)-Carrier“ für die erdnussförmigen Pellets geplant. Im Gegensatz zu den Kühlschiffen für flüssiges Erdgas (-163 Grad Celsius) können die künstlichen Hydrat-Pellets bei nur 1 Atmosphäre Druck und -15 Grad transportiert werden. Das verringert die Baukosten der Schiffe gewaltig.

In Asien hoffen nun Firmen wie Tokyo Gas und Mitsui Engineering auf Kapitalgeber, die die ersten 100 Millionen Euro für eine großtechnische Anlage und den Probeabbau investieren. Der deutsche Meeresbergbau hat dazu einiges zu bieten. „Für die Wissenschaft haben wir beispielsweise schon ein Autoklav-Kolbenlot entwickelt“, sagt Hermann Josef von Wirth, Direktor der gleichnamigen Firma, die unter anderem Unterwasserbohrmaschinen für den Diamantabbau herstellt. Das Gerät kann Tiefseeproben an Bord der Forschungsschiffe befördern. „Wir sind sehr interessiert. Aber zuerst muss die Forschung einmal klären, ob das Hydrat ohne Gefahr abgebaut werden kann.“

Tatsächlich sind noch entscheidende Fragen offen. Unklar ist etwa die CO<sub>2</sub>-Bilanz im Rahmen der globalen Klimadiskussion. Die bei der Verbrennung von Methan entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind aber viel geringer als bei Kohle und Erdöl. Und natürlich darf auch das rund 20-mal stärkere Treibhausgas Methan selbst durch den Abbau nicht in die Atmosphäre entweichen. Das durch Landwirtschaft und Vulkanismus in die Atmosphäre gelangende Gas trägt ohnehin schon stark zum Treibhauseffekt bei.

Das größte Risiko aber liegt wohl in einer möglichen Destabilisierung der Kontinentalränder. „Das Gas hat eine gewisse Sprengkraft“, sagt dazu



Brennendes Eis: Bei Zimmertemperatur und üblichen Druckverhältnissen entweicht das Methangas aus dem Methaneis und kann entzündet werden.

der Geologe Bohrmann. Beim Übergang von festem Methanhydrat zu gasförmigem Methan kommt es wegen einer knapp 170fachen Volumenvergrößerung zu einer explosionsartigen Reaktion. Bohrmann zeigt dazu die seismischen Bilder eines Kontinentalrands, bei dem Verwerfungen in den Sedimenten Hinweise auf vergangene Rutschungen liefern. Genau an der Obergrenze der Hydratstabilität bei etwa 580 Meter Wassertiefe ist dort der Hang weggebrochen. Vor 8000 Jahren passierte genau das: Die „Storegga-Rutschung“ bei Norwegen erzeugte eine

20 Meter hohe Flutwelle bis nach Schottland. Die Gefahr wäre bei technisch falsch durchgeführten Bohrungen durchaus realistisch, meint Bohrmann.

Dennoch könnte Deutschland bei der Erforschung und Förderung der Energiequelle aus dem Meer künftig vorne mitspielen. Das Kompetenznetzwerk Meerestechnik, Geomar, die Gesellschaft für Maritime Technik und das Maritime Cluster Schleswig-Holstein haben beim Forschungsinstitut für Meereskunde ein Förderantrag gestellt. Die Eiszürmer bleiben wohl nicht mehr lange ungestört.

WAS IST METHANEIS, UND WARUM BRENNT ES?

**Methanhydrat**

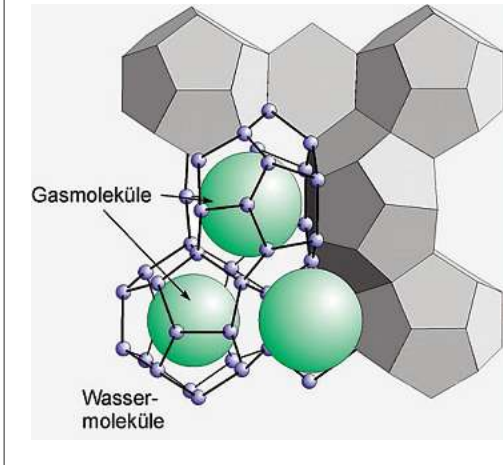
Wird auch Methaneis genannt, da es aus Methanmolekülen (CH<sub>4</sub>) besteht, die jeweils von Wassermolekülen umschlossen sind. In dieser Einlagerungsverbindung ist das Wasser kristallisiert, also gefroren. Methan ist ein farbloses und geruchloses, hochbrennbares Gas.

Es ist der Hauptbestandteil von Erdgas und eines der wichtigsten Treibhausgase. Wobei es 20- bis 30-mal wirkungsvoller ist, aber in kleineren Mengen in der Atmosphäre vorkommt. Methan wird zum Heizen verwendet und dient als Ausgangspunkt für viele organische Verbindun-

gen. Es wird bei biologischen und geologischen Prozessen ständig neu gebildet.

**Warum es brennt**

Methanhydrat bildet sich aus Wasser und Methangas bei einem Druck ab etwa 50 bar und Temperaturen von zwei bis vier Grad Celsius. Methanhydrat hat eine kugelförmige Kristallstruktur. Die Wassermoleküle bilden Eiskäfige, in denen jeweils ein Methanmolekül eingelagert ist - aber nur bei entsprechendem Druck und Kälte. Bei Zimmertemperatur entkommt das Methan aus den zusammenbrechenden Käfigen und kann entzündet werden. Daher der verblüffende Effekt des „brennenden Eises“.



GRÜNDERSZENE

**Solvent Innovation**

Sich täglich eine Injektion zu verpassen ist wahrlich kein Vergnügen. Bei manchen Medikamenten, die nicht in Tablettenform geschluckt werden können, da der Wirkstoff die Passage durch Magen und Darm ins Blut nicht übersteht, ist das aber leider oft notwendig. Abhilfe versucht die junge

Berliner Firma Alrise Biosystems zu schaffen. Geschäftsführer Celal Albayrak hat als ehemaliger Angestellter bei Schering ein Verfahren entwickelt, wie man aus Polymeren, also Kunststoff, Nano-Partikel macht, die einen Wirkstoff umhüllen und im Organismus langsam freisetzen. Seine Mitinhaber

Volker Rindler und Heiko Seemann haben erst vor wenigen Jahren in Verfahrenstechnik und Physikalischer Chemie promoviert. „Es kommt darauf an, den Wirkstoff nicht zu schädigen, wie es bisherige Lösungen taten“, sagt Rindler, „das ist das Entscheidende. Wir schaffen einen Wertzuwachs, indem

wir bereits zugelassene, nicht mehr patentgeschützte Wirkstoffe verkapseln und dadurch zu „Supergenerika“ machen.“ Manche Wirkstoffe können durch die Verkapselung überhaupt erst einsetzbar gemacht werden. Das ist ein großer Markt, weil 75 Prozent der neuen Anmeldungen bereits vorhandene

Wirkstoffe sind, die weiterentwickelt werden. Kunden sind Pharma-Firmen. Bis zur klinischen Phase entwickelt Alrise das Medikament, dann steigt der Pharmaproduzent in das Verfahren ein und übernimmt die Produktion. Nachdem seit wenigen Wochen die Finanzierung durch

Venture-Capital-Geber vorläufig sichergestellt ist, werden Albayrak und seine beiden Compagnons, die dadurch natürlich „nur kleinere Teilhaber“ geworden sind, ab April zusätzliches Personal einstellen. | Ferdinand Knauß

Nächste Woche: Evologics

# Interdisziplinär auf europäischer Ebene

Die Stiftung der europäischen Forschungsinstitute gründet ein eigenes Institut - nach amerikanischem Vorbild

**DÜSSELDORF.** Die erste europäische Forschungseinheit, ausgerichtet auf disziplinübergreifende Forschung, ist mit Unterstützung der Europäischen Wissenschaftsstiftung ESF gegründet worden. Das neue Institute Para Limes (IPL), mit Sitz in Doesburg in den Niederlanden, wird etablierte Wissenschaftler mit jüngeren Forschern zusammenbringen. Ziel ist es, „sich auf fundamentale Fragen zu konzentrieren“, wie es in einer Pressemitteilung heißt. Die Gründer von IPL versammeln sich ab heute in Straßburg, um die ersten Arbeitsgruppen einzurichten.

Die ESF ist ein Verbund nationaler Gesellschaften der europäischen Staaten. Aus Deutschland sind die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Max-Planck-Gesellschaft, die Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren und die Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften beteiligt.

Zu den durch das Institut initiierten Aktivitäten gehören nach Angaben des CEOs, Jan Vasbinder, neu entstehende Forschungsgebiete, die eine Zusammenarbeit über mehrere Disziplinen hinweg erfordern, und Themen von drängender Bedeutung für die Welt. „Wir werden sehr relevante Fragen für die Zukunft der Menschheit adressieren“, sagte er. Dazu gehören Energie, das Auffinden der besten Kombination aus erneuerbaren Quellen und Technologien für die Verringerung der Kohlenstoffemissionen durch fossile Brenn-

stoffe. Diese Forschung benötigt eine multidisziplinäre Konzentration. „Das IPL wird hierfür eine kombinatorische Wissenschaft entwickeln, die bei der Lösung helfen kann“, sagte Vasbinder.

**Relevante Fragen der Zukunft**

Das selbst gewählte Modell für IPL ist das Santa Fe Institut in New Mexico, USA. Vorbildhaft sei etwa dessen Tätigkeit in dem expandierenden Feld der computergestützten Biologie. Es habe dazu Mathematiker, Physiker und Informationswissenschaftler zusammengebracht. Vasbinder sieht für sein Institut Möglichkeiten bei der Zusammenarbeit der Sozialwissenschaften mit der neurologischen Forschung zur Erlangung ei-

# Wilde Gene schmecken gut

Gezielte Einkreuzung gesundheitsfördernder Eigenschaften in Tomaten wird möglich

**DÜSSELDORF.** Tomaten sind gesund, stärken das Immunsystem und können Herz- und Kreislauferkrankungen vorbeugen. Und mit Hilfe der Genforschung könnten sie bald noch gesünder werden. Forscher des Max-Planck-Instituts für molekulare Pflanzenphysiologie haben in Zusammenarbeit mit israelischen Wissenschaftlern bei Tomaten jene Abschnitte im Erbgut, also der DNA, identifiziert, die für die Bildung gesundheitsfördernder Inhaltsstoffe verantwortlich sind.

Durch jahrhundertlange Züchtung auf Form, Farbe und andere nützliche Eigenschaften besitzt unsere Kulturtomate - im Vergleich zu den Wildformen - nur noch eine sehr geringe genetische Vielfalt. Um Tomatenlinien mit spezifischen Eigenschaften zu züchten, muss die genetische Variabilität der Kulturtomaten erweitert werden. Dies kann durch das Einkreuzen von Wildtomaten erfolgen oder durch die gezielte Änderung des Erbguts mittels Gentechnik.

Die Forscher des Max-Planck-Instituts für molekulare Pflanzenphysiologie in Golm und ihre Kollegen von der Hebräer-Universität zu Jerusalem untersuchten Kreuzungen aus Kultur- und Wildtomaten, um deren biochemische Zusammensetzung zu identifizieren und herauszufinden, welche Faktoren diese steuern.

Alisdair Fernie vom Max-Planck-Institut fand heraus, dass bei der Kreuzung 880 Veränderungen der

Stoffzusammensetzung bei deren Nachkommen auftreten: „Einerseits haben wir höhere Gehalte an essenziellen Aminosäuren und Vitaminen gemessen, andererseits haben die Früchte eine veränderte Zusammensetzung verschiedener Zucker und organischer Säuren.“ Und genau diese Inhaltsstoffe beeinflussen den Geschmack der Tomaten.

Mit molekularbiologischen Methoden gelang es den Forschern, jene Regionen im Tomatengenom zu identifizieren, die für diese biochemischen Veränderungen verantwortlich sind. Diese Befunde könnten es künftig ermöglichen, gewünschte ernährungsrelevante und gesundheitsfördernde Eigenschaften aus Wildtomaten gezielt in Tomaten einzukreuzen. jfk

UNSERE THEMEN

MO ÖKONOMIE
DI ESSAY
MI GEISTESWISSENSCHAFTEN
DO NATURWISSENSCHAFTEN
FR LITERATUR