

Identität, Genealogie und Pharmakogenomik in Island: Die Sicht eines Anthropologen

Gisli Pálsson

Institut für Anthropologie,
Universität Island, Reykjavik

Zusammenfassung

Island wurde vor kurzem zum Schauplatz fortgeschrittener biotechnologischer Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Ein Unternehmen erregte weltweite Aufmerksamkeit mit einem Projekt zur Identifizierung von Genen für verbreitete Krankheiten und zum Aufbau einer zentralen medizinischen Datenbank. Ähnliche Vorhaben werden aktuell auch in mehreren anderen Zusammenhängen verfolgt. Während alle diese Projekte unterschiedliche Grössendimensionen und Herangehensweisen repräsentieren, stellen sie doch fundamental ähnliche Fragen. Dieser Beitrag skizziert den Fall Island und konzentriert sich dabei auf die Verwendung genealogischer Urkunden für die Suche nach Genmutationen sowie deren Implikationen für Vorstellungen über Identität und nationale Zugehörigkeit.

Schlüsselwörter

Identität; Pharmakogenomik; Island-Genealogie;

Summary

Iceland has recently become the site of complex biotechnological developments. deCode Genetics has burst on the local and global scenes with a project to locate the genes behind common diseases by means of a central medical database. Similar plans are under way in several other contexts. While these projects represent different scales and approaches, they all pose similar questions. This article briefly presents the Icelandic case, focusing on the use of genealogical records in the search for mutant genes and their implications for notions of identity and citizenship.

Keywords

identity; pharmacogenomics; Iceland genealogy;

Das isländische Biotech-Unternehmen deCode Genetics erregte vor nicht allzu langer Zeit grosses Aufsehen mit einem Projekt zur Genomanalyse der Bevölkerung und zum Aufbau einer landesweiten, zentralen medizinischen Datenbank. Ziel des Projekts ist die Identifizierung von Genen für Volkskrankheiten. Der vorliegende Beitrag skizziert kurz das Geschehen. Er konzentriert sich dabei auf die Darstellung der Verwendung genealogischer Urkunden bei der Suche nach Genmutationen. Darüber hinaus geht es um die Implikationen solcher Grossprojekte für Vorstellungen über Identität und über die nationale Zugehörigkeit („citizenship“).

Die genealogischen Daten werden in Island eingeschränkt und für die besonderen Zwecke mit zwei anderen Arten von Dokumenten verknüpft. Das sind medizinische Aufzeichnungen seit 1915 und genetische Informationen über Isländer aus jüngerer Zeit. Ähnliche Vorhaben werden derzeit an mehreren anderen Orten der Erde verfolgt. Dazu zählen England, Dänemark, Estland, Neufundland, Quebec in Kanada, Singapur, Schweden, Südafrika und der pazifische Inselstaat Tonga. Alle diese Projekte repräsentieren unterschiedliche Größendimensionen, Herangehensweisen und Formen der Zusammenarbeit zwischen staatlichen und privaten Sektoren. Darüber hinaus sind die Reaktionen auf diese Projekte von Kontext zu Kontext verschieden. Alle diese Vorhaben werfen jedoch fundamentale Fragen der Methode, Ethik, Biologie und Politik auf.

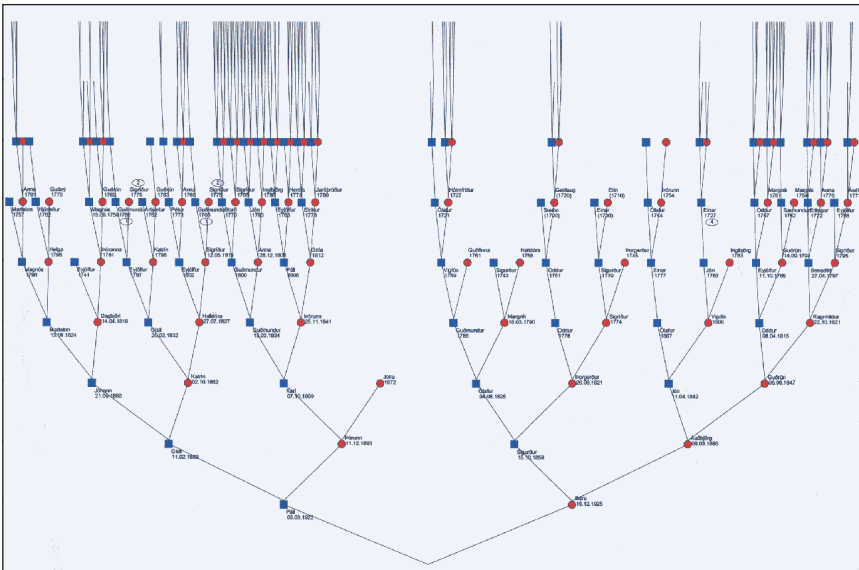


Abb 1 Isländischer Familien-Stammbaum, erstellt mit dem Computer-Programm „Buch der Isländer“

Warum Island?

Island wurde von Skandinavien und den britischen Inseln im 8. oder 9. Jahrhundert unserer Zeitrechnung besiedelt. Das isländische Humangenom ist ziemlich homogen. In der Folge von Bevölkerungsschwund wegen Pestepidemien und Vulkanausbrüchen ist es auf wenige familiäre Linien zurückzuführen. Einige Zweige des Familienstammbaums wurden sozusagen wiederholt beschnitten, so dass gewisse Linien ausstarben. Auf Grund der relativen geographischen Abgeschlossenheit der Insel im Nordatlantik gab es wenig Mechanismen, die eingeschränkte genetische Diversität der Bevölkerung zu verbreitern bzw. aufzufrischen. Angesichts dieser Merkmale und schon wegen der kleinen Bevölkerungszahl kann die Erforschung des isländischen Humangenoms gewisse Vorteile für die genetische und medizinische Forschung bringen.

Isländer sind jedoch keine genetischen Robinsone. Während der Ozean ein ernstzunehmendes geographisches Hindernis für die Kommunikation darstellt, schafft er doch auch Anreize für entfernte Gruppen, miteinander in Kontakt zu treten. Island wurde während seiner gesamten schriftlich dokumentierten Geschichte regelmäßig von Piraten, Fischern und Reisenden besucht. Umgekehrt fuhren die mittelalterlichen Wikinger ausgiebig nach Nordamerika, Grönland und Südeuropa. Manchmal kehrten sie mit Sklaven und Konkubinen in die Heimat zurück. In der Tat verweisen neuere Forschungsarbeiten in der bio-

logischen Anthropologie, die auf DNA-Analysen und demographischen Studien basieren, auf eine für eine kleine Inselbevölkerung überraschend grosse genetische Diversität. Dies ungeachtet des Umstands, dass Isländer hier homogener als andere europäische Populationen sind (vgl. Helgason 2001).

Ein weiterer wichtiger Umstand für das isländische Projekt zur Entschlüsselung des Genoms ist die Verfügbarkeit von detaillierten schriftlichen Aufzeichnungen zur Abstammung und Familiengeschichte. Um diese für die Genomanalyse voll auszuschöpfen, hat deCode Genetics mit Hilfe einer Computerfirma in Reykjavík eine genealogische Datenbank der gesamten isländischen Bevölkerung erstellt, das sogenannte „Buch der Isländer“ (Íslendingabók).

Das „Buch der Isländer“

Mehrere Arten historischer Aufzeichnungen über Familien und Genealogien sind in Island vorhanden: Das „Buch der Besiedlung“ (Landnámabók) geschrieben um 1125; die sogenannten Familiensagen oder Sagen der Isländer (Íslendingasögur); amtliche Aufzeichnungen, Volkszählungen, öffentlich zugängliche Register und nationale Datenbanken. Vier Jahre brauchte ein Team aus Forschern und Programmierern, diese Informationen in einer genealogischen Datenbank (mit Daten aus 12 Volkszählungen zwischen 1703 und 1930) zusammenzustellen und die erforderlichen Computerprogramme für die Darstellung und Analyse zu entwerfen. Etwa 650.000

Isländische Gründersage

Ingolfür Arnarson gilt als der erste Siedler Islands. Der Sage nach landete er auf der Insel nach Auseinandersetzungen mit dem norwegischen König. Ingolfür liess sich im Jahre 874 in Reykjavik, der heutigen Hauptstadt nieder. Gleichwohl kann es sein, dass irische Mönche zeitweilig Island besuchten.

Personen sind bereits in dieser Datenbank erfasst. Das sind weniger als die Hälfte derer, die seit der Besiedlung durch die Wikinger in Island geboren wurden.

Natürlich geht es letztlich darum, nicht allein Informationen über Personen aufzuzeichnen, sondern die Daten untereinander zu verknüpfen. Diese sogenannte „Konnektivitätsrate“, also der Anteil der dokumentierten Beziehungen zwischen einer Einzelperson und ihren Eltern geht gegen 85%. Offensichtlich gibt es auch weisse Flecken in den verfügbaren genealogischen Dokumenten, ebenso wie eine Menge von Fehlern. So verursachen beispielsweise Adaptionen oder auch falsche Zuschreibungen von Elternschaft den Forschern besondere Probleme. Manchmal haben Familien ihre Aufzeichnungen „frisirt“, möglicherweise um den Eindruck von Inzucht zu vermeiden. Jüngere Schätzungen deuten jedoch darauf hin, dass solche Zuordnungsprobleme mit einer Irrtumsrate von 0,7% bei mütterlichen Beziehungen (Sigurdardóttir et al. 2000) geringer sind, als in vielen anderen Zusammenhängen (einschliesslich England und Skandinavien). Die heute in Island verfügbaren Stammbäume sind tief gestaffelt und reichen in manchen Fällen mehr als 35 Generationen zurück. So bemerkte einer der befragten Wissenschaftler des Unternehmens: „Gegenwärtig können wir berechnen, wie die DNA unserer Vorfahren aussah, ... um n-Generationen zurück ... Theoretisch können wir die DNA bis zu Ingólfr, dem ersten Siedler, zurückrechnen!“

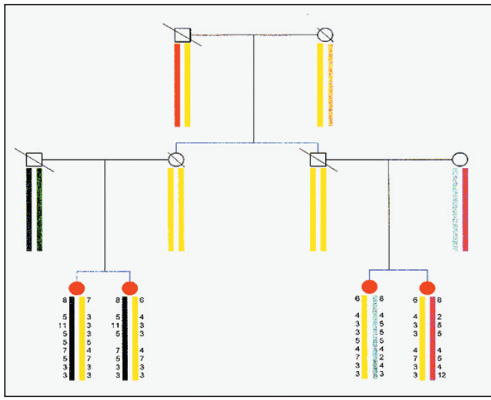


Abb 2 Verknüpfen genetischer mit genealogischen Daten im Osteoarthritis-Projekt

Stammbaum zweier Schwestern mit schweren Gelenkentzündungen in den Fingern. Die Zahlen zeigen Allele und Marker. Das Schwesterpaar links hat Allel 8 gemeinsam.

Das „Buch der Isländer“ wird nur in verschlüsselter Form für das Projekt der medizinischen Datenbank verfügbar sein, so dass Kombinationen unterschiedlicher Daten-Sets möglich sind. Eine andere Version, die Personennamen beinhaltet, wird jedoch für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Das Studium der eigenen Abstammung wurde in Island zu einer populären Freizeitbeschäftigung (Pálsson 2001). Ein Computerprogramm zur Verarbeitung genealogischer Informationen hat sich gut verkauft. Skúlason, der Urheber nimmt an, dass viele Exemplare seines Programms als Geburtstagsgeschenk erstanden werden. Die genealogische Datenbank wird wohl den gesellschaftlichen Umgang mit Stammbäumen wie die biomedizinische Forschung in Island revolutionieren.

Das Interesse an der Sage der Isländer reicht weit zurück. Traditionell wollten Isländer mehr über Persönlichkeiten, Familien und Stammbäume wissen. Die moderne isländische Bezeichnung für Anthropologie ist mannfræði. Dieser Begriff reicht zurück in das Sagenzeitalter. Er meint wörtlich „das Studium von Menschen“ und impliziert dabei das Verstehen für besondere Personen, Verwandte und Nachbarn. „Anthropologie“ in diesem traditionellen lokalen Verständnis, beinhaltet nicht allein die Kartierung der Position eines Individuums innerhalb eines Netzwerks biologischer und sozialer Beziehungen, sondern auch eine Beschreibung der Geschichte, des Charakters und der Erscheinung einer Person. So finden sich in kirchlichen

Aufzeichnungen und Registern aus früheren Jahrhunderten oft beiläufige, kurze Anmerkungen und Kommentare zu einzelnen Persönlichkeiten. Interessanterweise verknüpfen historische Dokumente manchmal genealogische und „medizinische“ Informationen, ohne diese wie moderne medizinische Daten zu verschlüsseln. Beispielsweise heisst es in einer Akte über einen 1619 geborenen Mann: „Er war ein grosser Dichter ..., der des öfteren an Depression oder Verrücktheit litt.“ Dabei legen die mittelalterlichen Aufzeichnungen eine Ethnotheorie über genetischen Determinismus nahe.

Decodieren von Osteoarthritis

Eine der grössten Arbeitsgruppen bei deCode Genetics befasst sich schwerpunktmässig mit Osteoarthritis, einer verbreiteten Erkrankung, die Finger-, Knie- und Hüftgelenke erfasst. Das Team besteht aus zehn festen Mitarbeitern – meist Biologen und technischen Assistenten – und arbeitet eng mit mehreren Statistikern sowie zwei Ärzten (vgl. Ingvarsson 2000) zusammen. Ziel ist die Identifizierung mutierter Gene für die familiäre Form der Osteoarthritis, um neue Medikamente zu entwickeln. „Wir verfolgen die Rekombination von DNA über jede Generation hinweg,“ erklärte Stefán Einar Stefánsson, Leiter des Osteoarthritis-Teams, „dabei verwenden wir die homologe Rekombination um den Ort genauer zu bestimmen.“ Während man bislang nachgewiesen hat, dass Geschwister ein höheres Risiko für Hüftersatz haben, und zu Beginn des Projekts wohl ein deutlicher Hinweis auf eine genetische Verbindung vor-

handen war, hat bislang noch niemand erfolgreich eine komplexe Erkrankung wie die Osteoarthritis „geknackt“. „Durch die Verwendung des ‚Buchs der Isländer‘“, meinte Stefánsson, „konnten wir zeigen, dass diese Krankheit vererbt ist, und zwar ausgehend von einem Gründereffekt.“

Die Jagd nach Osteoarthritis Genen ist mühselig. Osteoarthritis ist eine komplexe genetische Erkrankung. Zu den methodischen Problemen der Naturwissenschaften gesellen sich konzeptuelle Probleme. Die medizinischen Diagnosen in alten Aufzeichnungen entsprechen nicht dem heutigen Wissensstand und der heutigen Charakterisierung von Symptomen. Man kannte beispielsweise nicht den Unterschied zwischen einer rheumatischen Arthritis und einer Knochenentzündung. Hinzu kommen Fehler in den Stammbäumen.

Gulcher und Stefánsson(1998: 523), die Gründer von deCode Genetics, betonen in der Zusammenfassung ihrer Projektbeschreibung zur Kartierung des isländischen Humangenoms, dass „die isländische Bevölkerung sich hervorragend zum Studium der Genetik verbreiteter Krankheiten eignet, weil die Bevölkerung genetisch homogen ist, Gründereffekte für viele Merkmale aufweist und die Abstammung der gesamten Nation bis in die Gründerzeit gut dokumentiert ist.“ Es gibt keine ernstzunehmenden Zweifel am wissenschaftlichen Nutzen, die Kopplungsanalyse einzusetzen, auf der das Projekt beruht. Während die genetischen und medizinischen Ver-

sprechen wohl später irgendwann einmal erfüllt werden, könnte das Projekt einer medizinischen Datenbank schon heute die Verfestigung einer eingeschränkten Vorstellung von Staatsangehörigkeit erreicht haben im Einklang mit der übrigen Entwicklung des genetischen Diskurses in der westlichen Hemisphäre. Keller (2000) nennt einen solchen Diskurs „gene talk“ oder die „Rede von den Genen“ nennt.

Weitere medizinische Datenbanken

Die zentrale medizinische Datenbank von deCode Genetics ist nicht die erste ihrer Art, auch nicht in Island. Einer ihrer Vorläufer war eine Datenbank, die seit Anfang 1960 unter dem Dach des Genetik-Ausschusses der Universität Island erstellt wurde und weitgehend von der US-Atomenergiebehörde finanziert wurde. Die Arbeit des Ausschusses richtete sich hauptsächlich auf die Dokumentierung verschiedener genetischer Daten von Isländern sowie deren Verknüpfung mit den Daten des isländischen Statistikkamtes und jener der nationalen Archive.

Eine Reihe ähnlicher Datenbanken werden derzeit in anderen Zusammenhängen eingerichtet. In Schweden ist es die Medicinska Biobanken von Västerbotten, das im nördlichen Landesteil gelegen ist. 1999 unterzeichnete der Regionalrat von Västerbotten einen Vertrag mit der Universität von Umeå und einer neugegründeten Biotech-Firma namens UmanGenomics zur Nutzung und weiteren Entwicklung der Biobank. Gemäss der Vereinbarung besitzt UmanGenomics die Exklusivrechte zur kommerziellen Nutzung der genetischen Informationen aus Blutproben, die in Västerbotten in den vergangenen Jahren wie auch in der nahen Zukunft gesammelt wurden bzw. werden. Ähnlich ist es in England. Es gibt dort Pläne, die genetisch epidemiologische Forschung, nämlich die UK Population Biomedical Collection des Medical Research Council und des Wellcome Trust auszuweiten. Die isländischen, britischen und schwedischen Datenbankprojekte sind ziemlich ähnlich – trotz Unterschieden in der Finanzierung und in den Eigentumsrechten. Jane Kaye und Paul Martin (2000: 1146) führen in

ihrem neueren Rechtsvergleich der UK Population Biomedical Collection mit der Icelandic Central Medical Database aus, „die Parallelen sind stossend, die aufgeworfenen sozialen und ethischen Fragen fast identisch.“ Darüber hinaus begann die Einrichtung aller drei Datenbanken im selben Zeitraum 1998/99.

Island und Schweden haben Gesundheitssysteme, die alle Bürger umfassen. Deswegen unterscheiden sich wohl die Implikationen derartiger Genom-Projekte für Personen dieser Staaten von jenen Implikationen, die Projekte in England und insbesondere in den USA haben. Dort nämlich sind die Gesundheitsdienste mehr marktgetrieben, selektiv und fragmentiert. Angesichts der Familienähnlichkeit der britischen, isländischen und schwedischen Projekte würde man ähnliche soziale Befürchtungen und Debatten in allen drei Ländern erwarten. Dies ist nicht der Fall. Es gibt im öffentlichen Diskurs eine merkwürdige Faszination des Auslandes an Island. Während im Land selbst ähnliche Projekte in England und Schweden fast vollständig ignoriert werden. Es ist wichtig, dass man zu verstehen versucht, warum der ethische und sozialwissenschaftliche Blick auf einige Orte, Themen und Fragen gerichtet ist, während er gegenüber anderen blind ist. Nur wenn wir die Art und Weise verstehen, wie sich der moralische Diskurs in besonderen Kontexten situiert, können wir uns über sie hinweg gemeinsam verständigen, und ethnozentrisches, nationalistisches und partikulares Moralisieren vermeiden. Dies gilt auch für multinationale, ethische Gemeinschaften und die Welt der Medien mit ihren eigenen sorgfältig zu prüfenden Vorurteilen (vgl. Pálsson and Hardardóttir 2002).

Einige Fragen und Befürchtungen

Medizinische Datenbanken der Art, wie sie hier diskutiert werden, werfen eine Reihe von Fragen auf. Während die Molekularbiologie die Vorstellung verstärkt hat, dass die „Schablonen“ des Lebens in DNA Molekülen und Genomen kodiert sind, hängen sich Befürchtungen in der Öffentlichkeit zunehmend an eben dieser Vorstellung auf. Vielleicht ist für diese Be-

fürchtungen am charakteristischsten, dass unklar bleibt, was denn ein „Gen“ ist und was es „macht“ (Rheinberger 2000). Die Erneuerung der biologischen Form könnte nämlich nicht nur eine Eigenschaft von Entwicklungssystemen bzw. der Genome sein, sondern zusätzlich ihrer Umwelten (Ingold 2000: 385). Es gibt nicht nur Zweifel am wissenschaftlichen Sinn und dem Nutzen von Genomforschung und zentralisierten medizinischen Datenbanken, sondern ebenso Zweifel in der Gesellschaft (vgl. z. B. Rabinow 1999). Im Fall von Island gab es intensive Debatten über Einverständniserklärungen, Menschenrechte, Datenschutz und Eigentumsrechte, auch wenn die isländische Öffentlichkeit das Datenbank-Konzept stark unterstützte (vgl. Pálsson/Hardardóttir 2002).

Medizinische Datenbanken und ähnliche Vorhaben können Folgen für die Art und Weise haben, wie sich Individuen, Gruppen und Nationalitäten identifizieren, wie sie – in Finkler's Worten – „das signifikant Selbe“ (2000: 15) definieren. So könnte die Fokussierung auf Genmutationen eine genetische Vorstellung von Zugehörigkeit zu einem Staat unter jenen fördern, bei denen beispielsweise Osteoarthritis, Brustkrebs oder Parkinson diagnostiziert wurde. Der Bezug im deCode Genetics-Projekt auf das „Buch“ der Isländer und die Kontinuität mit der Wikinger-Vergangenheit könnte indirekt eine ziemlich engstirnige Vorstellung von „Isländertum“ nahelegen. Eine solche Vorstellung wäre nicht unähnlich jener, die im nationalistischen Diskurs des letzten Jahrhunderts vorgebracht wurde (Finnbogason 1971). Island und insbesondere die Hauptstadt ist dabei, heute eine multikulturelle Gemeinde mit einer wachsenden Zahl von Einwanderern aus verschiedenen Teilen der Welt zu werden. Eine eingeschränkte genetische Vorstellung von Staatsangehörigkeit konkurriert wahrscheinlich mit anderen Vorstellungen, die zunehmend Gewicht erhalten, und Menschenrechte sowie die Stärkung ethnischer Gruppen betonen, die in der Vergangenheit an den Rand der Gesellschaft gedrängt wurden.

Eine verwandtes Problem in den Diskussionen über medizinische Datenbanken ist die Frage des Eigentums, nämlich der Wettstreit zwischen kommerziell-privaten und öffentlich-kommunitaristischen Perspektiven und Anliegen. Man kann sich darüber streiten, dass viele der in der isländischen medizinischen Datenbank benutzten Quellen, insbesondere die Abstammungsdaten und medizinischen Aufzeichnungen, öffentliches Eigentum sind. In einigen Fällen wollen nationale und internationale Körperschaften jedoch nicht die finanziellen Risiken übernehmen, die mit der Verwendung genomischen Materials und entsprechender Information einhergehen. Island könnte in der Tat ein Paradebeispiel dafür sein. Ohne private Initiative, wird oft argumentiert, würde eine möglicherweise mächtige Ressource ungenutzt brachliegen, wie sie die Verknüpfung medizinischer, genetischer und genealogischer Daten darstellt. Das Hauptproblem in solchen Fällen ist, einer Biopiraterie vorzubeugen. Dabei sind zum einen kommerzielle und kollektive Unternehmungen gleichzeitig miteinander in Einklang zu bringen. Zum anderen geht es darum, den unterschiedlichen Zugang zu dieser Ressource durch eine Form von Lizenzierung, geteiltes Eigentum und öffentlicher Treuhand zu regeln. M.a.W. geht es darum, die öffentlichen Eigentumsrechte an der Ressource zu wahren und eine vernünftige Abgeltung für die Gemeinschaft zu verlangen. In jedem Fall ist die Lösung von ihrem Kontext abhängig – von Kultur, Politik und Geschichte.

Es ist von Bedeutung, dass die soziale und kulturelle Landkarte der Genom-Ära sowohl von den Massenmedien als auch von Fachzeitschriften gründlich wie angemessen dargestellt und analysiert wird. Diese Art der Berichterstattung ist bislang leider weitgehend ausgeblieben. Es existiert eine Lücke zwischen technischen Berichten über Biotechnologie bzw. deren Erfolgen einerseits und Diskussionen über Bioethik andererseits. Unbeantwortet bleibt auch die Frage, welche Kriterien der Akzeptanz zur Anwendung kommen sollten. Das Human Genome Diversity Project illustriert einige der Schwierigkeiten, die sich ergeben, wenn man daran scheitert, die

Kluft zwischen Ethik und Technik anzusprechen. Seit dem offiziellen Start vor über einem Jahrzehnt haben die Verantwortlichen darum gekämpft, mit einer Reihe von ethischen und juristischen Manövern die Agenda zu erhalten. Indem man aber die Diskurse, in denen das Projekt historisch eingebettet war – Debatten über kollektive Rechte und Identitäten, nicht zur Kenntnis nahm, kam das Human Genome Diversity Project in dem Moment ins Stocken, als es mit den Anliegen von Eingeborenen-Gruppen konfrontiert wurde. So lange biopolitische Fragen nicht ernsthaft angesprochen werden, werden solche Störungen immer wieder neu entstehen.

Übersetzung Wolf G. Kroner

Literatur

Finkler, K. 2000. *Experiencing the New Genetics: Family and Kinship on the New Medical Frontier*. University of Pennsylvania Press.

Finnbogason, G. 1971. *Íslendingar*. Almenna bókafélagid.

Gulcher, J. and K. Stefánsson 1998. *Population Genomics: Laying the Groundwork for Genetic Disease Modeling and Targeting*. *Clin Chem Lab Med* 36: 532-7.

Helgason, A. 2001. *The Ancestry and Genetic History of the Icelanders: An Analysis of MTDNA Sequences, Y Chromosome Haplotypes and Genealogy*. Doctoral dissertation. Institute of Biological Anthropology, University of Oxford.

Ingold, T. 2000. *The Perception of the Environment: Essays in Livelihood, Dwelling and Skill*. Routledge.

Ingvarsson, Th. 2000. *Prevalence of Inheritance of Hip Osteoarthritis in Iceland*. Doctoral dissertation. Lund University Hospital.

Kaye, Jane and Paul Martin 2000. *Safeguards for Research Using Large-Scale DNA Collections*. *British Medical Journal* 321(4): 1146-49.

Keller, E.F. 2000. *The Century of the Gene*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Pálsson, G. 2001. *The Social Life of Family Trees: Deep Genealogies in Iceland*. *Medical Anthropology*. (Under review).

Pálsson, G. and K.E. Hardardóttir 2002. *For Whom the Cells Toll: Debates About Biomedicine*. *Current Anthropology*. (In press).

Rabinow, P. 1999. *French DNA: Trouble in Purgatory*. University of Chicago Press.

Rheinberger, H.-J. 2000. *Gene Concepts*. In *The Concept of the Gene in Development and Evolution*. P. Beurton, R. Falk, and H.-J. Rheinberger, eds. Cambridge University Press.

Sigurdardóttir, S, A. Helgason A, J.R. Gulcher, K. Stefánsson, and P. Donnelly 2000. *The Mutation Rate in the Human mtDNA Control Region*. *American Journal of Human Genetics* 66: 1599-1609.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Gísli Pálsson
University of Iceland
Institute of Anthropology
101 Reykjavik, Island
Tel 00354 895 0558
Fax 00354 525 4253
gpals@hi.is