

## 27 Jahre mathematische Beratung für die Anthropologie

Vom Neugeborenenalter bis zum Greisenalter verändern Menschen ihre Körpermaße und Körperproportionen beträchtlich. Neben allgemeinen Trends, wie einander abwechselnden Längen- und Breitenwachstumsschüben im Kindes- und Jugendalter oder einer generellen Zunahme der Körpermasse im Verhältnis zur Körperhöhe im reiferen Erwachsenenalter ist eine starke interindividuelle Variabilität charakteristisch für die gesamte körperliche Entwicklung. Diese Variabilität ist einerseits genetisch fixiert - gesunde Kinder hochwüchsiger Eltern werden in ihrer Längenentwicklung in aller Regel über dem Durchschnitt liegen - andererseits wird sie durch unterschiedliche Umwelteinflüsse wie Ernährung, körperliche Belastung oder Erkrankungshäufigkeit noch vergrößert.

Eine wesentliche Aufgabe der physischen Anthropologie besteht in der Erfassung und Beurteilung von Normwerten und Variabilitätsbereichen der körperlichen Entwicklung bei der Gesamtbevölkerung und unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen. Im allgemeinen mündet diese Arbeit in die Schaffung von Normwerttabellen und Perzentilkurvenscharen zur Anwendung bei der Einschätzung von individuellen Wachstumsvorgängen vor dem Hintergrund der Gesamtbevölkerung. Wichtig sind aber auch Möglichkeiten zur Beurteilung des Körperbautyps, des Ernährungszustands und des Gesundheitszustands. Neben dieser Beschäftigung mit der körperlichen Entwicklung selbst gewinnt in unserem Zeitalter der industriellen Massenproduktion die sogenannte Industrieanthropologie mehr und mehr an Bedeutung. Sie erarbeitet Voraussetzungen für die Konstruktion und Gestaltung von Gebrauchsgegenständen und industriell gefertigten Bereichen der körpernahen Umwelt des Menschen entsprechend seinen physischen Bedürfnissen. Beispielsweise soll Konfektionskleidung eine gute Passform aufweisen, oder ein Arbeitsplatz soll metrisch so gestaltet sein, daß vorzeitige Ermüdungserscheinungen der Muskulatur und Schäden am Skelettsystem vermieden werden.

Die für die genannten Aufgaben herangezogenen anthropologischen Untersuchungsreihen müssen hinsichtlich ihrer erforderlichen Repräsentativität und Zusammensetzung gut geplant werden und sind ökonomisch außerordentlich aufwendig. Hinzu kommt eine unumgängliche Beeinflussung der Privatsphäre der Probanden, da alle Körpermessungen am nackten oder weitgehend unbedeckten Körper durchgeführt werden. Aus diesen Gründen empfiehlt sich eine Stichprobenplanung, die eine möglichst vielseitige und mehrfache Auswertung gestattet. Letztendlich kann nur eine umfassende und immer wieder zu aktualisierendes anthropometrisches Datenarchiv

allen gestellten Aufgaben gerecht werden. Am Rechenzentrum der Humboldt-Universität ist es in jahrzehntelanger effektiver Zusammenarbeit zwischen Anthropologen, Mathematikern und Programmierern gelungen, ein derartiges Datenarchiv aufzubauen. Dieses Archiv spiegelt gleichermaßen historische Aspekte anthropologischer Forschung und mathematisch-statistischer Methodenentwicklung im Zusammenhang mit der Entwicklung der elektronischen Datenverarbeitung wider.

Die Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Anthropologie und dem Rechenzentrum der Humboldt-Universität begann 1967. Damals wurden in sieben osteuropäischen Ländern von Anthropologen und Bekleidungsingenieuren gemeinsam standardisierte anthropometrische Untersuchungen an Erwachsenen durchgeführt mit dem Ziel, ein für diese Länder gültiges Konfektionsgrößensystem auf wissenschaftlicher Grundlage zu entwickeln. Der Gedanke, an einer ausreichend großen und in zweckmäßiger Weise nach Alter und Geschlecht geschichteten Stichprobe bekleidungstechnisch aussagekräftige Körpermaße zu bestimmen und darauf aufbauend ein mehrdimensionales Konfektionsgrößensystem zu entwickeln, war damals international relativ neu. In der Regel beruhten die Bekleidungsgrößen auf reiner Empirie und waren häufig von Herstellerfirma zu Herstellerfirma unterschiedlich. Der wirtschaftliche Nutzen eines einheitlichen Bekleidungsgrößensystems lag auf der Hand. In der damaligen DDR wurden an 3.000 Männern und Frauen jeweils 69 Körpermaße bestimmt. Es entstand ein Datenpool von 207.000 Körpermaßen und zahlreichen sozialen Daten. Im Rechenzentrum standen damals lediglich Sortiermaschinen für Hollerithkarten und als Rechenanlage ein Zeiss-Rechen-Automat 1 (ZRA 1) zur Verfügung. Wegen der langsamen Arbeitsweise dieses Automaten mußten Rechenzeiten sorgfältig und auf lange Sicht geplant werden. Um die Lochkarten an den Rechner anzupassen, wurde ein spezielles Programm entwickelt. Es erlaubte, nur etwa die Hälfte der 80 Lochkartenspalten mit Ziffern zu belegen. Eine Fehlersuche und Fehlerbereinigung des für damalige Verhältnisse umfangreichen Datenmaterials war allein mit Hilfe von Hollerithsortiergängen möglich. Der Lärm der Sortiermaschinen war nervtötend.

Zum Aufbau des Größensystems wurde innerhalb der fehlerbereinigten Stichprobe zunächst der Variabilitätsbereich der Körperhöhe äquidistant skaliert. Innerhalb jeder der entstehenden sieben Körperhöhengruppen wurde eine Gruppierung nach dem Brustumfang vorgenommen. Innerhalb der so entstehenden zweidimensionalen Gruppen wurde nochmals gruppiert nach dem Taillenumfang (bei Män-

nen) oder dem Hüftumfang (bei Frauen). Erst dann konnten die 66 weiteren Körpermaße jeder einzelnen Konfektionsgruppe zugeordnet werden. 1968 wurden, ebenfalls für die Bekleidungsindustrie, Körpermessungen an einer geschichteten Stichprobe von 4.500 Kindern im Alter zwischen 3 und 18 Jahren durchgeführt und die anfallenden Daten in ähnlicher Weise ausgewertet wie bei Erwachsenen. Beide Bekleidungsgrößensysteme wurden in den Folgejahren im Handel eingeführt.

Die Idee, die mühsam erarbeiteten anthropologischen Daten zur Grundlage eines Datenarchivs zu machen und auch für die Wachstumsforschung zu benutzen, kam uns bereits 1967. Erstes Ergebnis war eine 1972 verteidigte naturwissenschaftliche Dissertation zum Körperbau von Männern und Frauen. Neben den absoluten Körpermaßen wurden vor allem zahlreiche aus ihnen gebildete Proportionsmaße in die Auswertung einbezogen, und es wurden lineare Korrelationen berechnet, um die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Dimensionen und Proportionen des menschlichen Körpers festzustellen. Dies war ein erster Ansatz zur Körperbautypforschung.

1972 wurde im Rechenzentrum der ZRA 1 abgerissen und ein Rechner ES-1020 installiert. Jetzt war eine Hollerithlochung im IBM-Code möglich und alle 80 Lochkartenspalten konnten belegt werden. Die bereits vorhandenen Datenträger mußten mit dem Bull-Doppler umgestanzt werden. Die erste anthropologische Stichprobe, der die neue und schnellere Rechen-technik zugute kam, war eine Längsschnittstudie über körperliche Veränderungen während der Schwangerschaft. Hierzu wurde an denselben 144 Frauen von der Frühschwangerschaft bis zur Entbindung ein breites Spektrum an Körpermaßen bestimmt. Fehler-suche und Fehlerbereinigung waren nun mit Hilfe von Verteilungshistogrammen, Grenzwerttests und logischen Bedingungen möglich. Wegen der sehr großen biologischen Variabilität der Daten war die Fehlerbereinigung dennoch ausgesprochen aufwendig und konnte nur schrittweise geschehen. Neben den univariaten standen inzwischen vermehrt multivariate Verfahren zur Verfügung. Erstmals konnten bei dieser Studie der Körperbautyp und körperbautypspezifische körperliche Veränderungen während der Schwangerschaft objektiv bestimmt werden.

Die nächste anthropologische Großuntersuchung wurde in den Jahren 1982 bis 1984 wiederum an Erwachsenen durchgeführt. An einer nach Alter, Geschlecht, Wohnortgröße und Territorium geschichteten Stichprobe von reichlich 6.000 Männern und Frauen wurden jeweils 108 Körpermaße bestimmt. Als Rechenautomat stand ein von der Firma VEB Robotron vertriebener ES-1022 zur Verfügung. Dieser Typ war zu einem IBM-Rechner der Serie 360 kompatibel. Aufgrund der enorm verkürzten Rechen-

zeit waren multivariate Auswertungen der wiederum fehlerbereinigten Stichprobe kein Problem mehr. Kern der Berechnungen war die Entwicklung eines faktorenanalytisch begründeten Körperbautyps-systems. Nebenbei wurde das 1967 unter großer Mühe erstellte Bekleidungsgrößensystem für Erwachsene anhand der neuen Meßdaten aktualisiert. Es konnte festgestellt werden, daß die Bevölkerung seit der ersten Meßaktion im Durchschnitt hochwüchsiger und langbeiniger geworden war.

Ein Engpaß der mathematisch-statistischen Bearbeitung der Stichproben blieb in all den Jahren die Softwareentwicklung. Beispielsweise wurden in der entwicklungsanthropologischen und industrie-anthropologischen Forschung zur Beurteilung von Normwerten und Variabilitätsbereichen mehr und mehr exakte Stichprobenquantile von einzelnen Körpermaßen und Maßkombinationen benötigt. Auch Auswertungsgänge über spezielle Gruppierungen mußten nach empirischen Perzentilen getrennt vorgenommen werden. Hierzu lag kein geeignetes Rechenprogramm vor. Erst ein von Herrn W. Lesener am Rechenzentrum speziell entwickeltes Perzentilprogramm erlaubte die Entwicklung genauer Perzentilkurvenscharen für die untersuchten körperlichen Merkmale. Derartige Perzentilkurvenscharen sind die Grundlage sowohl für sogenannte Wachstumsstandards als auch für die Konstruktion maßlich menschengerechter Gebrauchsgegenstände. Sie sind auch die anthropometrische Grundlage für zweidimensionale und dreidimensionale Computersimulationen des menschlichen Körpers zur Anwendung in der industriellen Gestaltung und bei der ergonomischen Beurteilung von Industrieprodukten und Produktkombinationen wie beispielsweise von Arbeitsplätzen.

Auch der letzte Rechenautomat der ESER-Generation, der ES-1055M, kam zum Einsatz bei der Auswertung anthropologischer Daten. An ihm wurde die uni- und multivariate entwicklungsanthropologische Auswertung einer mehr als 36.000 Kinder und Jugendliche bis zu 19 Jahren umfassenden geschichteten Stichprobe begonnen. Noch während der Datenerhebung (1987 - 1991) erfolgte die schwerwiegendste Umstellung der Rechentechnik am Rechenzentrum der Humboldt-Universität. 1989/90 wurde die Lochkarteneingabe des ES-1055M abgeschafft und der Rechner nur noch im Dialog unter TSO betrieben. Die kontinuierlich neu hinzukommenden Daten wurden mit einem PC 1715 der Firma Robotron erfaßt. Das Betriebssystem des ESER wurde ab 1990 für eine gewisse Übergangszeit auf dem Siemensrechner C 40 emuliert. Die Umstellung auf eine neue Rechnergeneration war abzusehen. Nachfolgergerät wurde die in einem LAN eingebundene Workstation, eine SUN SPARCStation 2. Wiederum mußten die seit 1967 gesammelten Dateien neu ar-

chiviert werden. Zunächst wurden sie von den ESER-Bändern auf Siemens-C-40-Bänder übertragen und später auf Cartridges. Eine ALLIANT FX/2800 dient in diesem Zusammenhang als Archivar. Es werden Daten vom Cartridge eingelesen und als entschlüsselte Datei an die Workstation weitergegeben. Alle Auswertungen erfolgen mit dem komplexen Informationsverarbeitungssystem SAS.

Die Realisierung anspruchsvoller Modelle der Mathematischen Statistik ist jetzt möglich geworden, und es können nun anthropologische Fragestellungen in Angriff genommen werden, die zu Beginn der Zusammenarbeit nicht befriedigend gelöst werden konnten. Um so größere Aufmerksamkeit muß der Modellwahl gewidmet werden, d.h. der von der Mathematik dominierten Strategie der gesamten Auswertung.

Die aufwendige Fehlerbereinigung aller Dateien und ihre oft mühevollen Überführung von einem Rechner-system zum folgenden haben sich gelohnt. Insgesamt ist das in der Abbildung dargestellte anthropologische Datenarchiv aus einander ergänzenden Stichproben und Dateien entstanden. Die Grafik enthält nur die moderneren Teile des Archivs. Der Datenpool insgesamt ist einmalig für den deutschsprachigen Raum. Zahlreiche wissenschaftliche Publikationen entstanden auf seiner Basis. Die nächste vor uns liegende Aufgabe ist die Schaffung gesamtdeutscher Normwerte und Variabilitätsbereiche zum Körperbau des Menschen und zu seiner körperlichen Entwicklung. Weitere Aufgaben mit epidemiologischem Charakter zeichnen sich bereits ab. Die Geschichte unserer geduldvollen Zusammenarbeit zeigt einmal mehr Notwendigkeit und Nutzen interdisziplinärer Arbeit. Sie zeigt auch, wie Technik und Wissenschaft voneinander abhängen und wie ein Element menschlicher Zuverlässigkeit und Kontinuität Rechnergenerationen und Ideologien zu überdauern vermag.

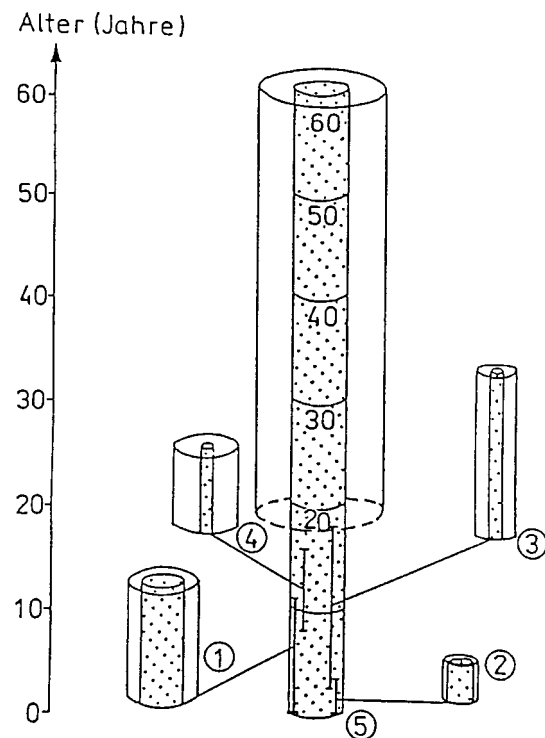


Abb.: Anthropologisches Datenarchiv

Der Grunddatenpool umfaßt 31 punktiert dargestellte wichtige Körpermaße, von denen zumindest einige in jeder Datei enthalten sind. Jede Datei wird entsprechend ihren spezifischen anthropologischen Anforderungen durch unterschiedliche Körpermaße ergänzt. Die Breite der Säulen kennzeichnet die Menge der untersuchten Meßstrecken. Die Ziffern stellen folgende Stichproben dar:

- 1 = Längsschnittstudie 0 bis 12 Jahre 1979/91 (Gesamtkörperbau), n = 184;
- 2 = Quer- / Längsschnittstudie 0 bis 4 Jahre 1984/89, n = 6.126;
- 3 = Querschnittstudie 3 bis 17 Jahre 1982 (Kopfmaße), n = 1.520;
- 4 = Querschnittstudie 8 bis 16 Jahre 1984/85 (sexuelle Reifung), n = 17.388;
- 5 = Querschnittstudie 0 bis 70 Jahre 1982/84 und 1987/91 (Gesamtkörperbau), n = 43.039.

Holle Greil\*, Potsdam  
Andreas Baudisch

\* Die Autorin war bis zum März 1994 Dozentin am Universitätsklinikum Charité, Institut für Anthropologie, und hat einen Ruf an das Zoologische Institut, Fachgebiet Humanbiologie, der Universität Potsdam angenommen.