

Ein computerbasiertes Cultural Evolution Modell zur
Dynamik hoch erfolgreicher Meme am Fallbeispiel
europäisch-bronzezeitlicher Bestattungssitten

Clemens Schmid

Contents

Abstract	4
1 Einführung	5
1.1 Gliederung	5
2 Cultural Evolution	7
2.1 Definition und Forschungsgeschichte	7
2.2 Memetik	13
2.2.1 The selfish meme	13
2.2.2 Dawkins Schüler	16
2.2.3 Kritik und Abgesang	17
2.3 Themen und Konflikte der Cultural Evolution Forschung	17
2.3.1 Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Kulturentwicklung und Genetik	18
2.3.2 Menschliches Verhalten: Genetische Determination vs. Kulturelles Lernen	18
2.3.3 Mensch-Umwelt Interaktion und Cultural Niche construction	19
2.3.4 Mikroorganismen und Pathogene	19
2.3.5 Entstehung und Wirkung von Innovationen: Cultural Complexity und Demographie .	20
2.4 Cultural Transmission	21
2.4.1 (Computerbasierte) Modellierung	23
3 Bestattungsritus in der Europäischen Bronzezeit	24
3.1 Wahl des Fallbeispiels	24
3.1.1 Datensatz Radon-B	25
3.1.2 Regionengliederung	25
3.2 Vorüberlegungen zur Archäologischen Untersuchung von Bestattungen	25
3.2.1 Eine Cultural Evolution Perspektive auf Bestattungssitten	25
3.3 Räumliche und zeitliche Trends im Bestattungsritus der Bronzezeit	25
3.3.1 Körperbestattung und Brandbestattung	26
3.3.2 Flachgrab und Hügelgrab	27
3.4 Fragestellungen	27
4 Modellimplementierung	28
4.1 Funktionalität	28
4.2 Technische Umsetzung von Modell und Datenauswertung	28
4.2.1 Datenbeschaffung und -Vorbereitung	29
4.2.2 Modelldurchlauf	29
4.2.3 Ergebnisauswertung	29
4.3 Resultate	29
5 Diskussion	30
6 Zusammenfassung und Ausblick	31

Abstract

...

Chapter 1

Einführung

Die vorliegende Master-Arbeit entstand 2017-2018 am Institut für Ur- und Frühgeschichte der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel unter Betreuung von Priv.-Doz. Dr. Oliver Nakoinz und Dr. Martin Hinz. Sie ist open source und voll reproduzierbar.

Ausgangspunkt der Überlegungen für diese Arbeit war die Frage, ob kulturhistorische Transformations- und Ausbreitungsprozesse in einer Modellimplementierung abgebildet werden können, die Ideen oder Innovationen als handlungsfähige Agenten begreift. Grundlage dafür ist Richard Dawkins Meme-Konzept, das unter dem Schlagwort *Cultural Evolution* Eingang in die archäologische Fachdiskussion gefunden hat.

Das Fallbeispiel, an dem dieser Modellansatz erprobt werden soll, beschäftigt sich mit der Entwicklung von miteinander konkurrierenden Bestattungssitten in der Europäischen Bronzezeit. Dabei werden die sich gegenseitig jeweils weitestgehend ausschließenden Paare Brandbestattung und Körperbestattung sowie Flachgrab und Hügelgrab betrachtet. Ein Datensatz von X C14-datierten Gräbern mit Metainformationen bildet die Phänomene in einem Zeitfenster von 2500 bis 500calBC in hoher Auflösung ab. Das Modell wird mit diesem Datensatz gespeist bzw. abgeglichen. Fragestellungen, die mithilfe des Modells potentiell beantwortet werden können sind u.A.:

- X
- Y
- Z

1.1 Gliederung

Im zweiten Kapitel nach dieser Einführung wird die theoretische Grundlage des Modells diskutiert. Dabei ist die *Cultural Evolution theory* die Perspektive aus der alle weiteren wesentlichen Aspekte besehen werden sollen. Dazu gehören Fragen nach Wahrnehmung, Lernen und Wissensvermittlung in prähistorischen Gesellschaften (*Cognitive Archaeology*), nach Mechanismen der Ausbreitung von Ideen (*Diffusion of Innovation*) und nach Interaktion komplexer, selbständiger Entitäten in Computermodellen (*Agent-based Modelling*).

Das dritte Kapitel stellt das Fallbeispiel der Entwicklung bronzzeitlicher Bestattungssitten vor. Die Betrachtung bezieht sich auf ein großes Untersuchungsgebiet und einen langen Zeitraum. Entsprechend werden die wichtigsten Trends aufgezeigt, ohne zu sehr auf regionale und lokale Detailbeobachtungen eingehen zu können. Neben einer Darstellung des Forschungsstands aus der Literatur greift dieses Kapitel nach einer quellenkritischen Analyse auch auf oben beschriebenen Datensatz zurück, um die Zusammenhänge zu visualisieren und abzugleichen. Ein letzter Abschnitt reflektiert, inwiefern das Fallbeispiel vor dem Hintergrund der vorangegangenen theoretischen Überlegungen verstanden werden kann und welche Fragestellungen durch diesen Modellansatz beantwortet werden können.

Das darauf folgende, vierte Kapitel präsentiert die Modellimplementierung. Es erklärt einerseits kurz, wie die technische Umsetzung des Modells gelöst wurde und andererseits, wie die Zusammenhänge des Fallbeispiels durch die Software abgebildet werden. Eine quantitative und qualitative Darstellung der Modelldurchläufe schließt sich an.

Der Diskussion der Ergebnisse ist Kapitel fünf gewidmet. Dabei werden Modelloutput und archäologisches Wissen über reale Zusammenhänge verglichen und kontextualisiert. Die im dritten Kapitel eröffneten Fragestellungen werden – soweit möglich – beantwortet oder kommentiert.

Ein letztes, sechstes Kapitel fasst die theoretischen Grundlagen, die Entwicklung der Bronzezeitlichen Bestattungssitten und die Modellierungsergebnisse abschließend zusammen. Ein Ausblick eröffnet die Perspektive für zukünftige Forschung und zeigt Möglichkeiten auf, wie Modell und Vergleichsdatensatz für verschiedene Fragestellungen konkret verbessert oder angepasst werden könnten.

Chapter 2

Cultural Evolution

2.1 Definition und Forschungsgeschichte

Die Grundaussage der *Cultural evolution theory* ist, dass die Prozesse der natürlichen Entwicklung von Spezies durch Evolution auch bei der menschlichen Kulturentwicklung wirken. Mechanismen der Evolution wie Selektion und Mutation wären entscheidend dafür, welche Verhaltensweisen, Ideen und Innovationen sich langfristig durchsetzen könnten. Entsprechend könnte biologische Terminologie und Modellbildung zumindest eingeschränkt auch in anthropologischen Kontexten sinnvoll eingesetzt werden.

Cultural evolution theory wird in der archäologischen Fachliteratur vor allem als *Darwinian Archaeology* oder *Evolutionary Archaeology* diskutiert. Daneben gab und gibt es in der Forschungsgeschichte eine ganze Reihe weiterer Begriffe und Schulen, die mit dem Evolutionsbegriff verknüpft sind. Das ist kein rein archäologisches Forschungsgebiet: Unter anderem Verhaltensbiologie, Neurologie, Genetik, Soziologie und alle Anthropologischen Fächer sind betroffen und haben sich an dieser Diskussion beteiligt. Die Übertragung biologisch-evolutiver Wirkmechanismen zur Erklärung menschlichen Verhaltens war bereits Bestandteil der frühesten öffentlichen Debatte um Charles Darwins (*1809 - †1882) Evolutionstheorie als seine Standartwerke *On the Origin of Species*¹ und *The Descent of Man*² in der Fachwelt und Öffentlichkeit verarbeitet wurden³.

Die biologische Forschung ist nicht bei Charles Darwin stehen geblieben sondern hat sich über die Korrekturen im *Neo-Darwinismus* um 1890, über die *Synthetische Theorie der biologischen Evolution* um 1940 und die *Erweiterte Synthetischen Theorie* Ende der 1990er weiterentwickelt. Ende des 19. Jahrhunderts wurden wesentliche Aspekte biologischen Evolutionstheorie noch kontrovers diskutiert⁴. Insbesondere der Streit zwischen darwinistischer Evolution durch Selektion und lamarkistischer Evolution durch Vererbung erworbener Eigenschaften war nicht entschieden. Jean-Baptiste de Lamarck (*1744 - †1829) war zwar weitestgehend überholt, aber sein Adaptionsgedanke lebte in *Neo-Lamarckismus*⁵ und *Orthogenese*⁶ fort, die als Alternativen für den vor allem von August Weismann (*1834 - †1914) und Alfred Russel Wallace (*1823 - †1913) propagierten Neo-Darwinismus⁷ diskutiert wurde. Weismann vertrat einen dogmatischen Selektionismus und führte mit der Keimplasmatheorie eine Erklärung für Vererbung ein, die wichtige Aspekte der Genetik vorwegnahm und lamarkistische Adaption ausschloss. Die frühe *Genetik* ging jedoch nicht aus darwinistischem Selektionismus hervor. Stattdessen wurde die Wiederentdeckung der bereits von Gregor Mendel (*1822 - †1884) 1866 publizierten *Mendelschen Vererbungsregeln* um 1900 vor allem im Kontext der *Saltationstheorie* diskutiert, die nicht Selektion, sondern tiefgreifende, spontane Mutationen als Motor der Evolution favorisierte⁸. Ein

¹@Darwinoriginspeciesmeans1859

²@Darwindescentmansselection1871

³**Zitat!**

⁴@bowler_evolution_1989, 188-202.

⁵@bowler_evolution_1989, 236-247.

⁶@bowler_evolution_1989, 247-250.

⁷@bowler_evolution_1989, 251-260.

⁸@bowler_evolution_1989, 260-261.

bekannter, streitbarer Vertreter dieser Schule war William Bateson (*1861 - †1926). Er prägte den Begriff *Genetik* und trug maßgeblich zur Popularisierung der Mendelschen Regeln bei. Ihm entgegen stand die ebenfalls noch junge Wissenschaft der *Biometrie*, die statistische Methoden zur Untersuchung von Populationen einführt und die Bedeutung von Selektion hervorhob. Darwins Cousin Francis Galton (*1822 - †1911) gilt als Vorreiter dieser Strömung, vertrat aber eine fehlerhafte, inkohärente Vererbungslehre. Erst Nachfolgern wie Walter Frank Raphael Weldon (*1860 - †1906) und Karl Pearson (*1857 - †1936) gelang der Nachweis, dass Selektion zur nachhaltiger Veränderung in Populationen führen kann⁹. Die Debatte um den genauen Mechanismus der Evolution war entscheidend für die Biologie im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert. Die Interdependenz von Mutation, Adaption und Selektion war noch nicht verstanden. Est 1920... **ausbauen**¹⁰

Parallel zu den Entwicklungen in den Naturwissenschaften – allerdings mit allgemein geringen Wechselwirkungen – wurde Evolutionstheorie auch im wissenschaftlichen Diskurs der Sozialwissenschaften reflektiert. Eine erste wesentliche Spannungslinie, die hier betrachtet werden muss, reicht von *Evolutionismus* über *Neoevolutionismus* hin zu *Kulturrelativismus* und *Multilinearer Evolution*. Sie hat in der archäologischen Theoriediskussion große Wirkung entfaltet und ist untrennbar mit der Geschichte des Faches verknüpft.

Klassischer *Evolutionismus* ist ein Überbegriff für die erste Übertragung biologischer Evolutionsforschung auf die Kulturgeschichte. Er betont den Aspekt des schrittweisen, kulturellen Aufstiegs und der Zunahme organisatorischer Komplexität. Zivilisation hätte sich über mehrere Fortschrittsstufen von einem primitiven Urzustand zur modernen Industriegesellschaft weiterentwickelt. Die Beschreibung einer Kultur kann vor diesem Hintergrund in sehr einfachen Begriffen und mit wenigen Parametern erfolgen¹¹. Bei der ersten Formulierung Evolutionistischer Theorie hat Darwins Werk jedoch nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Protagonisten wie Herbert Spencer (*1820 - †1903) und John Lubbock (*1834 - †1913) orientierten sich stärker an Charles Lyell (*1797 - †1875), der in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit den geologischen Schlüsselprinzipien *Aktualismus* (rezente, natürliche Phänomene haben so auch in der Vergangenheit stattgefunden) und *Gradualismus* (geologischer Wandel ist langsam und stetig) wesentliche Grundlagen für die Evolutionsforschung gelegt hatte. Die Prinzipien gaben der stratigraphischen Vergesellschaftung menschlicher Skelettüberreste mit Pleistozänen Tierknochen eine neue Bedeutung, die eine auf breiter Front *vergleichende Methode* rechtfertigte. Damit wurden vorgeschichtliche Gesellschaften dem Vergleich mit ‘primitiven’, rezenten Gesellschaften zugänglich. Evolutionismus konzentrierte sich nicht auf Mechanismen der Evolution wie Mutation und Selektion, sondern griff ein dem Kapitalismus entlehntes Konzept von Wettbewerb und Weiterentwicklung der Kulturen auf, das durch Vergleich mit rezenten Gesellschaften und deren Organisationsgrad versteh- und kategorisierbar geworden war. Die Evolutionisten bildeten keine kohärente Schule. Stattdessen wurde eine Gruppe von Individuen – maßgeblich Lewis Henry Morgan (*1818 - †1881), Herbert Spencer, John Ferguson McLennan (*1827 - †1881), Edward Burnett Tylor (*1832 - †1917) und John Wesley Powell (*1834 - †1902) – abschätzig von Gegnern mit diesem Begriff belegt. Dem Evolutionismus wurde vorgeworfen, die Aussagekraft materieller Kultur über die soziale Organisation vorgeschichtlicher Gesellschaften positivistisch überbewertet zu haben. *Konjunkturalgeschichte* und *vergleichende Methode* hätten zu einer Perspektive unlinearer Entwicklung geführt, die durch Stufengliederung der Menschheitsgeschichte kulturelle Vielfalt unangemessen reduziert und durch die Konzentration auf progressive Entwicklungsabläufe zu falschen ethnologischen Beobachtungen geführt habe¹². Zuletzt wäre die vorgenommene Abgrenzung von Entwicklungsstadien mit einer Teleologisierung auf die moderne, westliche Gesellschaft verbunden und damit Grundlage einer Rechtfertigung von Rassismus, Eurozentrismus und Imperialismus. Damit wurde der Begriff *Sozialdarwinismus* assoziiert¹³.

Sozialdarwinismus ist ebenso wie Evolutionismus keine kohärente wissenschaftstheoretische Schule, sondern eine polemische Zuschreibung wissenschaftlicher, ideologischer und politischer Gegner. Die heftige Kontroverse, die rund um Evolutionstheorie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entstand, wurde von Propagandisten wie Thomas Henry Huxley (*1825 - †1895) (“Darwin’s Bulldog”) oder, im deutschsprachigen Raum, Ernst Haeckel (*1834 - †1919) getragen. Die Erkenntnisse hatten Konsequenzen für fundamentale weltanschauliche Fragen – entsprechend wurde die Diskussion von der Presse aufgegriffen und einer breiten Öffentlichkeit

⁹@bowler_evolution_1989, 256-260.

¹⁰@bowler_evolution_1989, 268-273.

¹¹Brockhaus (Zitat nachtragen)

¹²@petermann_geschichte_2004, 464-474, 734.

¹³@ShennanGenesmemeshuman2002, 11.

präsentiert. Das hatte starke, oft unangemessene Vereinfachung der Themenstellung zufolge. Die Reduktion von Evolutionstheorie auf griffige Phrasen wie “survival of the fittest” und “natural selection” wirkte sich schließlich auch auf den Diskurs in den Sozialwissenschaften aus. Spencer entwickelt in seinem Hauptwerk *The Principles of Sociology*¹⁴ das Narrativ eines evolutionären Kampfs ums Dasein, der nur in den jüngsten Phasen der Menschheitsgeschichte von Altruismus begleitet wird¹⁵. Diese sozialphilosophische Theorie fällt im Klima der fortgeschrittenen Industrialisierung und deren Konkurrenzgesellschaft auf fruchtbaren Boden. Noch heute wirkt der Gedanke eines Überlebenskampfes im marktwirtschaftlichen Geschehen nach und hat sich etwa über christliche Prädestinationslehre zu jenem traditionell amerikanischen Topos stabilisiert, der sich politisch gegen staatliche Eingriffe ins Wirtschaftssystem und für individuelle, zwischenmenschliche Solidarität ausspricht. Spencer beeinflusste eine ganze Reihe amerikanischer Ethnologen und Soziologen, darunter William Graham Sumner (*1840 - †1910), Lester Frank Ward (*1841 - †1913) und Franklin Henry Giddings (*1855 - †1931). Sie teilten Spencers Verständnis biosozialer Evolution und deren empirisch-positivistischer Erforschbarkeit, jeder repräsentiert gleichermaßen aber gegensätzliche Ansichten darüber, wie stark die evolutiven Prozesse menschliche Gesellschaften determinieren. Europas Sozialdarwinisten waren keine Spencerianer, dafür aber umso stärker Theorien radikal-biologischen und rassistischen Existenzkampfes verpflichtet. Zu nennen sind unter anderem Gustav Ratzenhofer (*1842 - †1904), Jakov Novicov (*1849 - †1912), Michelangelo Vaccaro (*1854 - †1937) und besonders der jüdisch-polnische Jurist und Soziologe Ludwig Gumplowicz (*1838 - †1909), der mit seinem wissenschaftlichen Rassismus in einer Rede im September 1933 von Adolf Hitler fast wörtlich zitiert wurde¹⁶:

Nie und nirgends sind Staaten anders entstanden als durch Unterwerfung fremder Stämme seitens eines oder mehrerer verbündeter oder geeinigter Stämme.

– [GumplowiczGrundrissSoziologie1885]

Ein wichtiger Antrieb für Sozialdarwinistische Theorie war die biometrische Forschung von Galton, der intellektuelle Fähigkeit als eine maßgeblich biologisch vererbte Eigenschaft beschrieb. Ethnische Herkunft hielt er in einer Form von Rassenlehre für das entscheidende Kriterium für die Intelligenz eines Individuums. Er sprach sich in dieser Konsequenz für bewusste Zuchtwahl beim Menschen aus und prägte den Begriff *Eugenik*¹⁷.

Kritiker des Evolutionismus in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts waren Vertreter der britischen *Social Anthropology*, deutscher *Kulturgeschichte* und vor allem der von Franz Boas (*1858 - †1942) etablierten, amerikanischen *Kulturanthropologie*. Die Gemeinsamkeit dieser Schulen und Strömungen liegt an ihrem traditionellen Fokus auf den jeweiligen naturräumlichen, historischen und soziopolitischen Kontext einer kulturellen Ausprägung. Boas war Jude, absolvierte ein naturwissenschaftliches Studium in Deutschland und emigrierte nach seiner Zuwendung zur Ethnologie in die USA. Boas gilt als Begründer des *historischen Partikularismus*, der sich gegen deduktive, umfassende Erklärungsmodelle wie Evolutionismus und Diffusionismus wandte, die vergleichende Methode und ihre Analogieschlüsse verwarf und stattdessen eine genaue, empirische Detailanalyse von Einzelphänomenen betonte. Dabei war Boas Forschungsansatz im Sinne des *four-field approach*, der Ethnologie, Archäologie, Linguistik und Physische Anthropologie zusammenführt, methodisch durchaus breit aufgestellt. Methodisch vielfältige und empirisch fundierte aber gleichzeitig zeitlich und räumlich eng begrenzte Fallstudien sollten den Weg zu einer induktiven Kulturwissenschaft ebnen. Boas begründete damit eine Phase intensiver Datenaufnahme in der amerikanischen Anthropologie (*Salvage ethnography*), die seine Kritiker wiederum als theorielos verurteilten. 1911 erschien sein Werk *The mind of Primitive Man*¹⁸, das die wichtigsten Thesen seines *Kulturrelativismus* zusammenfasst: Es wendet sich gegen biologischen Determinismus, betont den Einfluss von sozialem Lernen und hebt die Multikausalität historischer Entwicklungen hervor. Kultur sei abhängig von einer Vielzahl natürlicher und zwischenmenschlicher Parameter. Diese Relativität nähme der unilinearen Gliederung von Kulturzuständen des Evolutionismus die Grundlage. Boas war ein politischer Mensch und argumentierte mit Kulturrelativismus gegen Rassismus und Faschismus¹⁹. Schüler von Boas (*Boasianer*) wie Clark Wissler (*1870 - †1947), Elsie Clews Parsons (*1875

¹⁴@SpencerHerbertSpencerPrinciples1898

¹⁵@petermann_geschichte_2004, 501-510.

¹⁶@petermann_geschichte_2004, 511-524.

¹⁷@bowler_evolution_1989, 256-257.

¹⁸@Boasmindprimitiveman1911

¹⁹@petermann_geschichte_2004, 643-655.

- †1941), Alfred Kroeber (*1876 - †1960), Alexander Goldenweiser (*1880 - †1940), Robert Lowie (*1883 - †1957), Paul Radin (*1883 - †1959), Edward Sapir (*1884 - †1939) prägten die amerikanische Ethnologie nachhaltig und führten über Jahrzehnte einen erbitterten Diskurs mit Evolutionisten und Neoevolutionisten²⁰.

Neoevolutionismus – der Begriff wiederrum eine Fremdzuschreibung – bezeichnet eine Strömung, die als Reaktion auf berechtigte Kritik am Evolutionismus in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts und insbesondere nach dem 2. Weltkrieg an Dynamik gewann. Sie verbindet Ansätze, die sich zwar sozialdarwinistischem Biodeterminismus verweigern, andererseits aber dennoch bewusst nach Gesetzmäßigkeiten soziokultureller Prozesse suchen um der Anthropologie ein höheres Abstraktionsniveau zu erschließen. Aus dieser Definition heraus lassen sich dem Neoevolutionismus einige der bedeutendsten Ethnologen und Archäologen zuordnen: Vere Gordon Childe (*1892 - †1957), Karl Wittfogel (*1896 - †1988), George Murdock (*1897 - †1985), Leslie White (*1900 - †1975) und Julian Haynes Steward (*1902 - †1972). Auch die Arbeit einer nachfolgenden Generation mit Protagonisten wie Elman Service (*1915 - †1996), Morton Fried (*1923 - †1986), Roy Rappaport (*1926 - †1997), Marshall Sahlins (*1930) oder Lewis Binford (*1931 - †2011) ist stark von neoevolutionistischem Denken geprägt.

Vere Gordon Childe, ursprünglich Philologe aus Australien, etablierte sich in Europa durch seine großen, synthetischen Werke als Prähistoriker. Ihm gelang es, die Gliederung der Menschheitsgeschichte in Entwicklungsphasen – Childe griff Morgans Unterscheidung von Wildheit, Barbarei und Zivilisation auf – durch einen multilinearen Ansatz neu zu beleben und in kohärenten, archäologischen Narrativen (z.B. *The Dawn of European Civilization*²¹, *Man Makes himself*²² oder *Social Evolution*²³) nutzbar zu machen. Als überzeugter Marxist etablierte er den Topos *vorgeschichtlicher Revolutionen*, der Marx *Historischen Materialismus* weiterentwickelt und konkretisiert. Childes Kritiker waren zunächst vor allem jene Spezialisten, deren Forschung er in seinen Büchern zusammen zu fassen und zu vereinfachen auf sich genommen hatte. Der deutsche Soziologe und Sinologe Karl Wittfogel beschäftigte sich mit dem Einfluss von Bewässerungssystemen im Entstehungsprozess früher Hochkulturen. Mit seiner Studie zu *Hydraulischen Gesellschaften*²⁴ hat er ein einflussreiches, evolutionistisches Werk vorgelegt, das Staatenbildung und die Herausbildung der Hierarchie des *orientalischen Despotismus* mit Verwaltungsnotwendigkeiten von Bewässerungssystemen erklärt. Wittfogels Theorie hat bemerkenswerte Rezeption erfahren und wurde in eine Vielzahl anderer Kulturzusammenhänge hineinprojiziert. George Murdock war ein Vorreiter der *Cross-Cultural Analysis* und Begründer der *Human Relations Area Files*²⁵. Dieses Archiv ist 1949 aus einer von Murdock entwickelten Sammlung hervorgegangen, enthält strukturierte Informationen und Literaturlisten zu Kulturmerkmalen vieler hundert – meist indigener – Gesellschaften und wird bis heute gepflegt. Murdocks *transkultureller Vergleich* basiert auf evolutionistischer Grundlage und ist stark von quantitativer Auswertung mit ethnostatistischen Methoden geprägt: Sein Hauptwerk *Social Structure*²⁶ analysiert und dokumentiert universelle Regeln und Gesetze sozialer Beziehungen anhand eines Datensatzes von 250 Ethnien. Im Kontext der Kritik am Evolutionismus wurde auch Murdock vorgeworfen, Kulturzüge unsachgemäß isoliert betrachtet oder einer solchen Betrachtung zugänglich gemacht zu haben. Der amerikanische Ethnologe Leslie White war einer der wichtigsten Protagonisten des Neoevolutionismus. Nach seiner Lektüre von Morgan und anderen Evolutionisten wie Spencer und Tylor suchte er explizit die Konfrontation mit dem vorherrschenden Partikularismus der Boasianer und stellte ihr eine umfassende, materialistische Kulturtheorie gegenüber. Diese würde objektiven Kulturvergleich im Sinne einer Wissenschaft der *Kulturologie* entlang einer evolutiven Skala des Prokopfverbrauchs von Energie ermöglichen: *White's Law*²⁷. White betonte die Bedeutung von Technologie und Wirtschaft für die Herausbildung von Sozialordnung und Ideologie, erkannte aber auch die einzigartige, symbolschaffende Kreativität des Menschen an. Kritiker werfen ihm vor, diesen impliziten Widerspruch niemals aufgelöst zu haben. Dennoch inspirierte Whites klare, regelbasierte Anthropologie eine Generation von Studierenden die sich im Kulturrelativismus nicht wiederfinden konnten. Neben White ist auch Julian Steward eine der tragenden Säulen des Neoevolutionismus. Steward veröffentlicht 1955 *Theory of Culture Change*²⁸, wo er

²⁰@petermann_geschichte_2004, 654-688.

²¹@childe_dawn_1925

²²@childe_man_1936

²³@childe_social_1951

²⁴@wittfogel_oriental_1957

²⁵<http://hrf.yale.edu> [28.01.2018]

²⁶@murdock_social_1949

²⁷@white_energy_1943, @white_science_1949

Kulturökologie als Wissenschaft von definierbaren Ursache-Wirkung Beziehungen von Natur- und Mensch jenseits des überholten *Kulturdeterminismus* formuliert. Sein Vorschlag zur Periodisierung der Ur- und Frühgeschichte folgt einem *multilinearen* Ansatz, der der *unilinearen* Abfolge von für alle Kulturen immer gleicher Zustandsformen die Analogentwicklung von *Kulturtypen* – Typen der Umweltanpassung – entgegenstellt. Unter bestimmten natürlichen und sozialen Bedingungen würden sich bestimmte Verhaltensmuster und Formen des Zusammenlebens ergeben, nicht aber mit zwingender Notwendigkeit oder in einer definierten Abfolge. Auch Steward bezog sich methodisch auf transkulturellen Vergleich, der es ermöglichen sollte, die primären, subsistenzbezogenen Eigenschaften von techno-ökonomischen *Kulturkernen* im Gegensatz zum Überbau der sekundären, variablen Charakterzüge von Kulturen zu definieren. Mehrere Protagonisten der noch jungen *New Archaeology* wurden von Stewards modernem, pragmatischer Evolutionismus stark beeinflusst²⁸.

Eine neue Welle der Auseinandersetzung mit Kulturevolution gewinnt Mitte der 1970er Jahre an Dynamik²⁹. Sie lenkt das Interesse weg von Politik und Gesellschaftsstruktur, sondern abstrahiert auf die basalen Grundzüge menschlichen Denkens. Dieser Ansatz inkorporiert Ergebnisse und Methoden moderner, biologischer Verhaltensforschung und erlaubt neue Perspektiven jenseits des Evolutionismus und seiner Varianten. Von entscheidender Bedeutung für die Entstehung dieser Strömungen sind Edward Osborne Wilsons (*1929) *Sociobiology: The New Synthesis*³⁰ und Richard Dawkins (*1941) *The Selfish Gene*³¹, auf das unten genauer eingegangen werden soll³². Auch Luigi Luca Cavalli-Sforza (*1922), Marcus William Feldmann (*1942) und andere entwickeln wesentliche Ansätze für den Brückenschlag zwischen Biologie und Anthropologie³³. Um die Jahrtausendwende unterscheidet Eric Aldan Smith schließlich drei große Strömungen³⁴ in der Untersuchung menschlichen Verhaltens aus einer Evolutionsperspektive: *Evolutionary psychology*, *Human behavioural ecology* und *Dual inheritance theory*.

Evolutionary psychology konzentriert sich auf die Entwicklung des menschlichen Denkens vor dem Hintergrund seiner evolutionären Geschichte. Selektiver Druck habe zur Ausbildung spezialisierter Verhaltensmodule geführt, die in bestimmten Situationen bestimmte Reaktionen auslösen. Von entscheidender Bedeutung für die Entstehung dieser angepassten Verhaltensmodule sei die *Environment of Evolutionary Adaptiveness (EEA)*, also die Umgebung, in der sich die menschliche Entwicklung maßgeblich abgespielt hat. Dabei bezieht sich die *Evolutionary psychology* auf die Lebensrealität pleistozäner Jäger- und Sammlergruppen, in der der moderne Mensch den überwältigend größten Teil selektiv wirksamer Generationszyklen durchlebt hat. Die Selektionsparameter wären in diesem Zeitraum relativ stabil geblieben. In der Konsequenz seien Menschen heute beispielsweise ideal an das nomadische Leben in kleinen Gruppen in großer gegenseitiger Abhängigkeit adaptiert, Männer würden junge, gesunde und hübsche Sexualpartnerinnen bevorzugen und süße Speisen wären beliebt, weil Süße bei Früchten ein Indikator für Reife und Genießbarkeit ist. Alle Aspekte des Verhaltens seien auf bestimmte Gegebenheiten in der *EEA* optimiert und entsprechend schlecht für eine andere, etwa neolithische oder postneolithische Lebensweise geeignet³⁵. Der *Evolutionary psychology* wird vorgeworfen, die unangemessen vereinfachende Annahmen über vorgeschichtliches Verhalten zu treffen, ohne sich ausreichend mit jenen archäologischen Daten und Auswertungsergebnissen auseinanderzusetzen, die eine Rekonstruktion der tatsächlichen Lebensverhältnisse in der Vorgeschichte erlauben würden. Aus archäologischer Perspektive greift unter anderem @Mithenprehistorymindsearch1996 Überlegungen der *Evolutionary psychology* auf³⁶.

Human behavioural ecology überträgt Ansätze aus der Verhaltensbiologie auf den Menschen³⁷. Dabei nimmt sie den klassisch-darwinistischen Standpunkt ein, menschliches Verhalten könnte ebenso wie tierisches als permanente Maximierung des Reproduktionserfolgs durch Selektion verstanden werden³⁸. Bewusste oder

²⁸@petermann_geschichte_2004, 734-761.

²⁹@creanza_cultural_2017

³⁰@WilsonSociobiologynewsynthesis1975

³¹@Dawkinsselfishgene1976

³²@SmithThreestyleevolutionary2000, 27.

³³@alland_cultural_1972, @cavalli-sforza_models_1973, @feldman_models_1975, @feldman_cultural_1976, @blum_uncertainty_1978

³⁴@SmithThreestyleevolutionary2000. Stephen Shennan greift diese Unterscheidung auf [@ShennanGenesmemeshuman2002, 15-18.]

³⁵@SmithThreestyleevolutionary2000, 27-29.

³⁶@ShennanGenesmemeshuman2002, 15.

³⁷@winterhalder_analyzing_2000

³⁸@creanza_cultural_2017

unbewusste Entscheidungen würden hinsichtlich der Frage getroffen werden, inwiefern das Ergebnis den Erhalt der eigenen genetischen Information gewährleistet. Im Zentrum steht dabei die Beziehung zwischen Mensch und natürlicher Umwelt: “Welche ökologischen Faktoren (z.B. Ressourcenverfügbarkeit, Populationsdichte, etc.) schaffen den Rahmen dafür, dass ein bestimmtes Verhalten (z.B. Altruismus, Vorratshaltung, etc.) zum Erfolg führt?”. Die ökologische Nische des Menschen in Relation zu seinen Subsistenzstrategien, seinem Paarungsverhalten und seiner sozialen Struktur sind wesentliche Forschungsgegenstände der *Human behavioural ecology*³⁹. Die kleinteilige Aufgliederung der Fragestellungen hinsichtlich einzelner Situationen und Verhaltensweisen erlaubt es dabei, auch komplexe Fragen quantitativ in einfachen Modellen abzubilden. Diese Modelle versprechen testbare Aussagen: “Wenn Frauen ihre Sexualpartner nach dem Kriterium wählen, wer den Nachwuchs am besten versorgen kann, dann wäre die Anzahl der Frauen pro Mann proportional zu seinem Reichtum.” Die Reduktion auf direkte, kausale Beziehungen birgt jedoch die Gefahr die vielfältigen Interdependenzen einzelner Verhaltensweisen zu übersehen. Gerade Langzeitstudien spielen dafür eine wichtige Rolle⁴⁰. *Behavioural ecology* erklärt die Vielfalt menschlichen Verhaltens aus der großen Diversität biologischer- und sozialer Nischen, die sehr viele unterschiedliche Erfolgsstrategien erlaubt. Tatsächlich gäbe es sogar eine Korrelation zwischen Verhaltensvielfalt und Diversität der sozioökologischen Umwelt. Sie erlaubt sich eine große Vereinfachung, indem sie die Mechanismen, die zur Ausbildung einer Verhaltensanpassung führen, nicht hinterfragt: Die einschränkende Wirkung von Kultur (hier: vererbtes Verhalten) etwa in Form von Tradition sei untergeordnet, da erfolglose Strategien unabhängig davon in wenigen Generationen durch biologische Selektion aussterben würden. Diese bewusste, statistische Vereinfachung von Übergangsprozessen wird als *phenotypic gambit* bezeichnet⁴¹. In dieser Konsequenz sei auch anzunehmen, dass der Mensch sein Verhalten schnell und gut an die revolutionären Veränderungen des Holozän oder der Industrialisierung angepasst habe⁴².

Dual inheritance theory postuliert neben der Vererbung von Genen ein zweites Vererbungssystem von Ideen und Kulturmerkmalen. Auch diese würden von Generation zu Generation, von Person zu Person und von Tag zu Tag weitergereicht und stünden unter dem Einfluss von Selektion und Mutation. Dabei würde sowohl die im genetischen Vererbungssystem entscheidende, natürliche Selektion wirken als auch eine Selektion durch bewusste oder unbewusste Entscheidung der Träger von Ideen: Menschen. Ersterer Selektionsprozess sei Konsequenz der Rückwirkung von Ideen auf die Fitness ihrer Träger, letzterer ein System von Interdependenzen verschiedener Ideen, Umweltsituationen und genetischer Determinanten. Ebenfalls von entscheidender Bedeutung seien die zwischenmenschlichen Prozesse, die die Weitergabe von Ideen steuern (Erziehung, *Diffusion of Innovation*). Entstehung neuer Ideen aus der Kombination vorhandener wäre eine Form der Mutation. Da nun also in der Kulturgeschichte Vererbung, Entstehung von Variabilität und Auswahl nach Fitnesskriterien als gegeben angenommen werden dürften, und damit große strukturelle Ähnlichkeit des genetischen und des kulturellen Vererbungssystems bestünde, sei auch die Übertragung neo-darwinistischer Methoden auf die Untersuchung von Kulturmerkmalen möglich. Die beiden Vererbungssysteme könnten unabhängig und in ihrer Interaktion erforscht werden, wobei Konzepte zur Erklärung des einen potentiell auch zur Erklärung im anderen geeignet sein könnten. Andererseits gäbe es auch klare Unterschiede: Beispielsweise erfolgt die Weitergabe genetischer Information fast ausschließlich vertikal durch sexuelle oder asexuelle Fortpflanzung, während Ideen beliebig horizontal weitergegeben werden, also unabhängig von Verwandtschaft diffundieren können. Individuelle Menschen sind zwar sowohl Träger vieler Gene als auch vieler Kulturmerkmale, erstere werden aber nur einmal festgelegt, während letztere ständigem Wechsel unterliegen. *Dual inheritance theory* ist sich dieser Unterschiede bewusst, hält sie aber für analytisch bewältigbar. Da die kulturelle Evolution in anderen zeitlichen, räumlichen und kausalen Maßstäben agieren würde, könnte diese Theorie auch das Auftreten von Verhaltensmerkmalen erklären, die aus einer Reproduktionsperspektive nicht sinnvoll sind. Kulturelle Evolution ist schneller und flexibler: Anpassung an neue oder für das Überleben von Menschen ungeeignete Umgebungen geschieht nicht mehr genetisch, sondern durch Verhaltensanpassung. Genetische Anpassung folgt der kulturellen langsam, bedeutet aber auch Einschränkungen für die Flexibilität der kulturellen Evolution⁴³.

³⁹@henrich_search_2001; @kaplan_theory_2000; @voland_evolutionary_1998; @winterhalder_risk-sensitive_1999

⁴⁰@belovsky_optimal_1988; @broughton_widening_1997; @low_population_1993; @stiner_paleolithic_1999; @stiner_tortoise_2000; @winterhalder_population_1988

⁴¹**Zitat! und Prüfen!**

⁴²@SmithThreestyleevolutionary2000, 29-31.

⁴³@SmithThreestyleevolutionary2000, 31-33.

Smith legt seinem Artikel Tabelle 2.1 bei, die die Unterschiede zwischen *Evolutionary psychology*, *Human behavioural ecology* und *Dual inheritance theory*. übersichtlich darstellt.

Table 2.1: Three Styles of Evolutionary Explanation (nach @SmithThreestylesevolutionary2000).

	Evolutionary psychology	Behavioural ecology	Dual inheritance theory
What is being explained:	Psychological mechanisms	Behavioural strategies	Cultural evolution
Key constraints:	Cognitive, genetic	Ecological, material	Structural, information
Temporal scale of adaptive change:	Long-term (genetic)	Short-term (phenotypic)	Medium-term (cultural)
Expected current adaptiveness:	Lowest	Highest	Intermediate
Hypothesis generation:	Informal inference	Optimality models	Population-level models
Hypothesis-testing methods:	Survey, lab experiment	Quantitative ethnographic observation	Mathematical modelling and simulation
Favoured topics:	Mating, parenting, sex differences	Subsistence, reproductive strategies	Large-scale cooperation, maladaptation

Dual inheritance theory ist in der archäologischen Forschung am intensivsten reflektiert worden und ist auch die theoretische Grundlage für das Modell, das für die vorliegende Arbeit entwickelt wurde. Es soll also im folgenden genauer beleuchtet werden. Um seine Ursprünge nachzuzeichnen, möchte ich zunächst auf Richard Dawkins *Memetik* eingehen.

2.2 Memetik

Memetik (engl. *Memetics*) ist eine Variante der oben beschriebenen *Dual inheritance theory*. Der Begriff *Meme* wurde 1976 vom britischen Evolutionsbiologen Richard Dawkins in seinem Buch *The selfish gene* eingeführt⁴⁴. Obgleich populärwissenschaftlich hat es doch in verschiedenen Fachbereichen beachtliche Rezeption erfahren und darf als Grundstein der Memetik gelten.

2.2.1 The selfish meme

Dawkins führt in *The selfish gene* einen wesentlichen Perspektivenwechsel durch, indem er Evolution nicht aus der Sicht der sich entwickelnden Organismen sondern aus der der Gene betrachtet. Gene würden – freilich nicht bewusst – Organismen als komplexe Vehikel für ihre eigene Reproduktion nutzen: *the gene's eye view*. **Ausbauen!**

In Kapitel 11⁴⁵ bezieht Dawkins schließlich explizit die Spezies Mensch in seine Analyse mit ein. Ist ist die Menschheit im selben Umfang der Determination durch seine Gene untertan? Dawkins verneint das: Sein Kulturverhalten würde den Menschen von allen anderen bekannten Lebewesen abheben. Auch bei Tieren gibt es Verhaltensmuster, die unabhängig von genetischer Vererbung von Individuum zu Individuum weitergegeben werden: beispielsweise bestimmte Melodien des Gesangs von Singvögeln, die erwachsene Tiere voneinander lernen. Kein anderes bekanntes Lebewesen erreicht jedoch das Komplexitätsniveau des Menschen, der Sprache, Mode, Ritual, Kunst, Architektur und Technologie besitzt und sie unter ständigen Anpassungen

⁴⁴@Dawkinselfishgene1976. Ich werde im folgenden aus einer Neuauflage des Buches zitieren, die 2016 40 Jahre nach der Erstpublikation veröffentlicht und um Kommentare von Dawkins erweitert wurde: @Dawkinselfishgene40th2016.

⁴⁵@Dawkinselfishgene40th2016, 287-

tradiert. Die Entwicklungen in diesen Bereichen über archäologische Zeiträume zeigt eine Tendenz hin zu zunehmend höherer Komplexität und Vielfalt. Geschwindigkeit und Diversität liegen weit jenseits dessen, was genetische Evolution zu leisten in der Lage wäre. Erklärungsversuche dafür von *Evolutionary psychology* und *Human behavioural ecology* empfindet Dawkins als unzureichend. Stattdessen abstrahiert er die von ihm postulierte Evolutionstheorie und führt den Begriff des *Replikators* ein. Wenn irgendeine Form von Replikator vorhanden sei, dann würde zwangsläufig Evolution stattfinden. Gene seien Replikatoren – Ideen, Gedanken, *Meme* aber ebenso. Glaubt man einer Fußnote in Dawkins später kommentiertem Text, so war die Aussage, dass das Gen nicht die einzige mögliche Form eines Replikators ist, bereits die wesentliche in Kapitel 11. Umso erstaunlicher, dass er den Moment der Schöpfung seines Neologismus Meme dennoch theatralisch zelebriert:

I think that a new kind of replicator has recently emerged on this very planet. It is staring us in the face. It is still in its infancy, still drifting clumsily about in its primeval soup, but already is it achieving evolutionary change at a rate that leaves the old gene panting far behind. The new soup is the soup of human culture. We need a name for the new replicator, a noun that conveys the idea of a unit of cultural transmission, or a unit of *imitation*. ‘Mimeme’ comes from a suitable Greek root, but I want a monosyllable that sounds a bit like ‘gene’. I hope my classicist friends will forgive me if I abbreviate mimeme to meme. [...] It should be pronounced to rhyme with ‘cream’.

– @Dawkinselfishgene40th2016, 291.

Meme seien kleine abgrenzbare Informationseinheiten wie Melodien, Geflügelte Worte, Kleidungsmoden oder das Wissen um spezifische technische Prozesse. So wie Gene Lebewesen als Vehikel gebrauchen, so wären menschliche Gehirne das Medium, in denen sich Gene ausbreiten. Die Informationsweitergabe ist nicht auf sexuelle oder asexuelle Fortpflanzung beschränkt, sondern funktioniert über eine Form der zwischenmenschlichen Kommunikation, die Dawkins unter dem Überbegriff *Imitation* zusammenfasst. Er lässt – zwar mit einiger Zurückhaltung – durchscheinen, dass er eine physische Existenz von Memen etwa als Strukturen verschalteter Nervenzellen annimmt. Unabhängig davon sei ihr Effekt deutlich zu spüren: Entitäten, die unser Denken parasitisch bewohnen und ihre eigene Ausbreitung bezwecken würden. Dawkins bemüht für eine erste Illustration das Beispiel des monotheistischen Glaubens an einen Gott⁴⁶:

Consider the idea of God. [...] How does it replicate itself? By the spoken and written word, aided by great music and great art. [...] What is it about the idea of a god that gives it its stability and penetrance in the cultural environment? The survival value of the god meme in the meme pool results from its great psychological appeal. It provides a superficially plausible answer to deep and troubling questions about existence. It suggests that injustices in this world may be rectified in the next. The ‘everlasting arms’ hold out a cushion against our own inadequacies which, like a doctors placebo, is none the less effective for being imaginary. These are some of the reasons why the idea of God is copied so readily by successive generations of individual brains.

– @Dawkinselfishgene40th2016, 292.

Warum ist das menschliche Gehirn empfänglich für Meme? Gibt es einen klassisch evolutionären Vorteil von dieser Empfänglichkeit? Nach Dawkins ist die grundsätzliche Kulturfähigkeit des Menschen durchaus ein Effekt genetischer Mutation und Selektion. Ab einem gewissen Punkt – in fließendem Übergang – sei allerdings der Replikator Meme im Kulturraum entstanden und hätte die Zügel in die Hand genommen.

Whenever conditions arise in which a new kind of replicator *can* make copies of itself, the new replicators *will* tend to take over, and start a new kind of evolution of their own. Once this new evolution begins, it will in no necessary sense be subservient to the old.

– @Dawkinselfishgene40th2016, 293.

Die genetische Evolution habe also den Nährboden bzw. das Medium einer neuen, viel schnelleren Form der Evolution geschaffen, die andere Prioritäten für Gesundheit, Langlebigkeit und Fortpflanzungsfähigkeit

⁴⁶Religionskritik ist ein wiederkehrendes Thema in Dawkins umfangreichem, populärwissenschaftlichem Werk. Siehe z.B. das umstrittene *The God delusion* – @dawkins_god_2006

ihrer Trägerorganismen anlegt. In vielen Fällen sind diese Prioritäten ähnlich. Ein Beispiel dafür sind Meme, die positiv konnotiert mit Sex umgehen. Andererseits gibt es auch Meme wie etwa das Zölibat katholischer Ordensträger, die aus einer Genperspektive nicht sinnvoll sein können, da sie die Verbreitung der Gene ihrer Träger effektiv hemmen.

Wenn nun also auch im Medium Kultur die Mechanismen der Evolution wirken, dann müssten sich die Replikatoren Meme dem selben Druck beugen wie die Gene in der natürlichen Umwelt. Überleben könnten nur Replikatorenvarianten mit einer hohen Qualität der Eigenschaften *longevity*, *fecundity* und *copying-fidelity*⁴⁷.

longevity – Langlebigkeit – sei eine günstige Eigenschaft für einen Replikortyp, da er seinen Gesamtbestand im Medium so einerseits leicht hoch halten kann und ihm außerdem mehr Zeit für Reproduktion zur Verfügung steht. Einzelne Kopien von Genen sind in ihrer Lebenszeit an den Organismus gebunden, dessen Aufbau sie kodieren. Instanzen eines Memes seien dagegen von der menschlichen Gedächtnisleistung abhängig. Meme könnten aber auch außerhalb von Menschen überdauern, wenn sie etwa in geschriebener oder digitaler Form abgelegt wurden. Damit könnte das Meme etwa später wieder einen Menschen infizieren, obgleich kein direkter Kontakt mit einem Infizierten stattgefunden hat.

fecundity – Fruchtbarkeit – sei für die Durchsetzungsfähigkeit eines Replikortyps noch wichtiger als *longevity*: Um so mehr Kopien er in kürzerer Zeit von sich selbst anfertigen kann, desto schneller wird er das Medium dominieren. Die Reproduzierfähigkeit eines Memes sollte von verschiedenen Eigenschaften abhängen, allem voran schlicht seiner Beliebtheit in oder außerhalb einer assoziierten Adressatengruppe.

copying-fidelity – Kopiertreue – scheint hier zunächst deplaziert. Ein gewisser Grad an Mutationsfähigkeit ist unerlässlich für Anpassung. Tritt allerdings bei einem Replikortyp eine zu große Instabilität auf, so argumentiert Dawkins, könnte er seine Identität nicht aufrechterhalten und würde entweder schnell von Varianten abgelöst, die aus ihm selbst hervorgegangen sind, oder sich völlig auflösen. Bei Memen scheint gerade das häufig zu passieren: Übertragungsfehler oder bewusste Modifikation scheinen die Regel, nicht die Ausnahme zu sein. Damit muss die Qualität von Memen als Replikatoren in Frage gestellt werden. Dawkins gibt das zu – diese Frage nach der Kopiertreue führt ihn zurück zur Definition von Memen. Welche Information enthält ein individuelles Meme bzw. – in einem Analogieschluss – das Gen?

Auch das Gen ist keine in mikrobiologischen Begriffen eindeutig definierte Entität⁴⁸. Dawkins bezeichnet damit einen DNA-Abschnitt mit hinreichender Wirkung und Kopiertreue, um als selektionsrelevante Einheit zu wirken⁴⁹. Gene schließen sich auf verschiedenen hierarchischen Ebenen zu Komplexen zusammen, die als Gruppe gegebenenfalls eine Gesamtwirkung entfalten und wiederum als ganzes Selektionsrelevant wirken kann⁵⁰. Ein ähnliches Strukturverhalten könnte auch für Meme angenommen werden. Eine Symphonie setzt sich beispielsweise aus einer Vielzahl einzelner, für sich wiedererkennbarer Melodieabschnitte und Figuren zusammen. Eine Religion ist die Gesamtheit vieler verknüpfter Ideen und Ritualen, die als ganzes tradiert werden, eine Konfession möglicherweise ein *stable set of mutually-assisting memes*⁵¹.

I conjecture that co-adapted meme-complexes evolve in the same kind of way as co-adapted gene-complexes. Selection favours memes that exploit their cultural environment to their own advantage. This cultural environment consists of other memes which are also being selected. The meme pool therefore comes to have the attributes of an evolutionarily stable set, which new memes find it hard to invade.

– @Dawkinselfishgene40th2016, 301.

Komplexe zusammenhängender Meme wurden später von Dawkins Schülern mit dem Begriff *Memeplex* belegt (s.u.).

Wie oben ausgeführt, versetzt sich Dawkins in die Perspektive der Gene hinein und personifiziert sie. Eine empirisch naheliegende und terminologisch praktische Metapher um ihre effektive Entwicklung zu beschreiben. Diese Übertragung möchte er auch für Meme vornehmen. Meme stünden in starker Konkurrenz zueinander um

⁴⁷@Dawkinselfishgene40th2016, 47-49.

⁴⁸Zitat!

⁴⁹Zitat! Kapitel 3

⁵⁰Zitat! Kapitel 3 & 5

⁵¹@Dawkinselfishgene40th2016, 299.

die Zeit, die Menschen ihnen widmen und sie gegebenenfalls replizieren: Meme möchten so viele menschliche Gehirne wie möglich so lange wie möglich dominieren.

Time is possibly a more important limiting factor than storage space, and it is the subject of heavy competition. The human brain, and the body that it controls, cannot do more than one or a few things at once. If a meme is to dominate the attention of a human brain, it must do so at the expense of ‘rival’ memes.

– @Dawkinselfishgene40th2016, 298.

Aus dieser Perspektive könnte, so Dawkins, etwa das oben angesprochene Zölibat-Meme verstanden werden, dass im Memplex katholischer Glaubenspraxis Priester freisetzt, keine Zeit an einer Familie zu verlieren, sondern sich voll auf die Pflege und Verbreitung anderer Meme der Kirchendoktrin zu konzentrieren. Die Prioritäten von Menschen, Genen und Memen müssen sich unterscheiden.

What we have not previously considered, is that a cultural trait may have evolved in the way that it has, simply because it is *advantageous to itself*.

– @Dawkinselfishgene40th2016, 302.

Das wirft die philosophische Frage auf, inwiefern Menschen Sklaven ihrer Gene und Meme sind. Dawkins gibt dazu zu bedenken, dass weder Gene noch Meme im Gegensatz zum Menschen über Bewusstsein oder Planungsfähigkeit verfügen. Gene und Meme seien *unconscious, blind, replicators*⁵². Damit könnte sich der Mensch seine Situation bewusst machen, sich zumindest teilweise den auf ihn wirkenden Entitäten entziehen und neue Meme schaffen, die seinen Zielen besser dienen: zum Beispiel solche, die langfristige Kooperation stabilisieren und den immanenten Egoismus von Genen und Memen ächten.

2.2.2 Dawkins Schüler

Memetik selbst hat sich, in Dawkins Terminologie, als außerordentlich potentes Meme erwiesen. Die Grundidee ist in den Strömungen der *Dual Inheritance theory* aufgegangen, aber auch die Memetik an sich hat sich über dieses initiale Kapitel hinaus weiterentwickelt. Maßgeblichen Anteil daran hatten unter anderem der Philosoph Daniel Dennett⁵³, die Psychologin Susan Blackmore und all jene Natur- und Geisteswissenschaftler, die sich im mittlerweile eingestellten Journal of Memetics⁵⁴ zu Wort gemeldet haben. Susan Blackmore bezieht sich unmittelbar auf Dawkins Ausgangsidee und erweitert sie um einige Aspekte. Die besondere Qualität ihres Buches *The meme machine*⁵⁵ liegt in der Synthese vieler Diskurse und Spannungslinien, die sich rund um die Memetik bis in die 90er Jahre herauskristallisiert hatten. Dennoch lässt sich ihre Perspektive auf eine einfache Formel reduzieren, die sie in verschiedenen Kontexten immer wieder angepasst anwendet: Sobald Meme existieren übernehmen sie die Rolle des dominanten Replikators, der das Verhalten seiner Träger wesentlich und langfristig beeinflusst.

Sprache

Als sich die Imitationsfähigkeit erst einmal entwickelt hatte und Meme auftauchten, haben diese Meme die Umwelt verändert, in der die Gene selektiert wurden und zwangen sie so, immer bessere memverbreitende Apparate zu schaffen. Mit anderen Worten ist die menschliche Sprachfähigkeit memgetrieben, und die Funktion der Sprache besteht darin, Meme zu verbreiten.

– @blackmore_macht_2000, 159.

Sexuelle Selektion

Der Memetik [...] zufolge wird die Partnerwahl nicht nur vom genetischen, sondern auch vom memetischen Vorteil beeinflusst. Eine meiner Schlüsselannahmen ist, dass die natürliche Selektion

⁵²@Dawkinselfishgene40th2016, 302.

⁵³siehe u.a. @dennett_brainstorms_1978, @dennett_elbow_1984, @dennett_consciousness_1991, @dennett_darwins_1995.

⁵⁴<http://cfpm.org/jom-emit/> [06.01.2018]

⁵⁵@blackmore_meme_1999. Ich werde im folgenden aus einer mir vorliegenden, deutschen Ausgabe zitieren: @blackmore_macht_2000.

nach Entstehung der ersten Meme begann, Menschen zu favorisieren, die sich für eine Paarung mit den besten Imitatoren oder den besten Benutzern und Verbreitern von Memen entschieden.

– @blackmore_macht_2000, 213.

Gehirngröße

Altruismus

Wenn Leute altruistisch sind, werden sie beliebt, weil sie beliebt sind, werden sie kopiert, und weil sie kopiert werden, breiten sich ihre Meme – *einschließlich der Altruismasmusmeme selbst* – weiter aus als die Meme weniger altruistischer Leute. Das liefert einen Mechanismus für die Ausbreitung altruistischen Verhaltens.

– @blackmore_macht_2000, 252.

Zunächst verknüpft sie den Mechanismus der Meme-Übertragung mit Imitation

Kapitel 3

Kapitel 5

Journal of Memetics

The memes' eye view

2.2.3 Kritik und Abgesang

http://jom-emit.cfpm.org/2002/vol6/edmonds_b_letter.html
edmonds_b.html

<http://jom-emit.cfpm.org/2005/vol9/>

2.3 Themen und Konflikte der Cultural Evolution Forschung

Cultural Evolution ist heute eine wichtige theoretische Strömung der anthropologischen Forschung. Die oben unterschiedenen Perspektiven Evolutionary psychology, Human behavioural ecology und Dual inheritance theory sind Grundlage für abstrakte Modelle, Fallstudien und theoretische Weiterentwicklung. Besonders hervorzuheben haben sich hier in den vergangenen 30 Jahren neben Cavalli-Sforza und Feldmann auch Robert Chester Dunnell (*1942 - †2010), Peter James Richerson (*1943), Robert Boyd (*1948), Stephen Shennan (*1949), Michael John O'Brien (*1950), Patrice A. Teltser (*1954), Ben Sandford Cullen (*1964 - †1995) und eine Vielzahl jüngerer Kollegen wie Joseph Henrich, Oren Kolodny, Ken Aoki oder Alex Mesoudi. Seit 2015 konstituiert sich eine Cultural Evolution Society als interdisziplinäre Wissenschaftsvereinigung⁵⁶.

@creanza_cultural_2017 geben einen guten Überblick über aktuelle Fragestellungen der Cultural Evolution Forschung. Ich möchte einige der von Ihnen erfassten Themen aus einer stärker archäologischen Perspektive nachvollziehen und besonders jene Zusammenhänge hervorheben, die ich für die vorliegende Arbeit zu bronzezeitlichen Bestattungssitten für besonders relevant halte. Einen wichtiger Themenkomplex der Cultural Evolution Forschung, Kultur und Kulturentwicklung in Nicht-menschlichen Spezies⁵⁷, werde ich aufgrund seiner geringen Relevanz in diesem Kontext ignorieren. Ebenso die Diskussion zur Evolution von Sprache in der Linguistik⁵⁸ und eine Vielzahl von Ansätzen, moderne gesellschaftlichen Problemstellungen wie Klimawandel⁵⁹, Industrielle Landwirtschaft⁶⁰ und Multiresistente Keime⁶¹ aus einer Cultural Evolution Perspektive zu analysieren. Stattdessen soll dem Themenfeld Cultural Transmission und seiner Bedeutung für archäologische Modellbildung in einem eigenen Kapitel viel Raum gegeben werden.

⁵⁶<https://culturalevolutionsociety.org> [01.02.2018]

⁵⁷@laland_question_2009

⁵⁸@nowak_evolution_1999

⁵⁹@seneviratne_allowable_2016

⁶⁰@garibaldi_farming_2017

⁶¹@boni_evolution_2005

2.3.1 Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Kulturentwicklung und Genetik

Eine der Grundannahmen der Cultural Evolution Theorie ist die Ähnlichkeit zwischen biologischer Evolution und kultureller Entwicklung. Das schließt die Übertragung biologischer Konzepte wie Mutation, Selektion, Transmission und Drift explizit ein. Das mathematische Methodenset der Populationsgenetik können damit auf Kulturprozesse übertragen werden. Sowohl Cavalli-Sforza und Feldmann⁶² als auch Robert Boyd und Peter Richerson⁶³ legten dafür in den 1980ern konkrete, umfassende Ausarbeitungen mathematisch formulierter Modelle vor. Dennoch bestehen klare Unterschiede zwischen biologischer Populationsgenetik und der Entwicklung und Transmission von Ideen. Cultural Evolution folgt nicht den Mendelschen Regeln zu Uniformität, Spaltung und Unabhängigkeit⁶⁴ und große Teile der Terminologie (z.B. Genotyp vs. Phänotyp, Homozygotie vs. Heterozygotie) sind nicht oder nur unter großen Bedeutungsverschiebungen anwendbar. Horizontale Transmission spielt in der biologischen Vererbung eine untergeordnete Rolle und die Übertragung erfordert große Anpassungen an den vor allem vertikalen, genetischen Ausgangsmodellen⁶⁵.

Im Gegensatz zur DNS der Genetik, ist die Identität der Informationsträger kultureller Entwicklung unbekannt **hier ggf. Diskussion dazu**. Bestimmte kulturelle Eigenschaften lassen sich binär oder diskret kategorisieren, andere eher quantitativ bzw. proportional beschreiben. Zu ersteren gehören beispielsweise das technologische Wissen um Herstellung und Verwendung eines bestimmten Werkzeugs oder die Verwendung eines bestimmten Ritzmusters zur Keramikverzierung. Auch die in der vorliegenden Arbeit vorgenommene Untersuchung von Bestattungssitten reduziert diese auf die binäre Komponente der Ab- und Anwesenheit eines bestimmten Aspekts des Rituals. Analysen auf metrischem Skalenniveau wurden etwa zur Abbildung von Risikobereitschaft⁶⁶ in Gruppen oder einem Kompetenzniveau⁶⁷ im Umgang mit einem bestimmten Werkzeug zur Anwendung gebracht.

2.3.2 Menschliches Verhalten: Genetische Determination vs. Kulturelles Lernen

Der von [smith_three_2000] (s.o.) beobachtete Riss durch die Forschungslandschaft zwischen Evolutionary Psychology, Human behavioral ecology und Dual inheritance theory wird besonders an der Frage deutlich, welche Aspekte menschlichen Verhaltens genetisch determiniert und welche kulturell konstruiert sind. Unter der Annahme, dass die Transmission von Ideen Menschen eine viel höhere Anpassungsfähigkeit an widrige Subsistenzumstände ermöglicht, zeigen entsprechend konzipierte Modelle, dass genetisch transportiertes Verhalten nur in ökologisch sehr stabilen Umgebungen Relevanz entwickeln kann⁶⁸. Aus dieser Perspektive ergibt sich das klare Primat kultureller Transmission für den Menschen, der sich dank seiner Kulturfähigkeit in fast alle auf der Erde vertretenen Biome hat ausbreiten können.

Auch bei einer Dominanz sozialen Lernens und kultureller Transmission für die Determination menschlichen Verhaltens, ist der genetische Anteil nicht zu vernachlässigen – schon allein aufgrund der häufig zu beobachtenden Korrelation zwischen einem Verhaltensmuster und biologischer Verwandtschaft, die sich aus vertikalen Transmissionstrukturen ergibt. Auch die natürliche Umwelt muss als wesentlicher Faktor bei der Determination menschlichen Verhaltens in Betracht gezogen werden. Die genaue Charakterisierung des Einflusses von Genen, Kultur und Umwelt ist unter den Stichworten Gene-Culture coevolution, Dual Inheritance theory und Cultural Niche construction intensiv diskutiert worden⁶⁹.

Die Methode der Genomweiten Assoziationsstudie (GWAS, Genome-wide association study) erlaubt es heute, Menschen und ihr Verhalten mit zunehmender Präzision auf Korrelation mit der Anwesenheit bestimmter Genen zu untersuchen. Dadurch wird die Suche nach genetischer Anpassung etwa an die naturräumliche

⁶²@cavalli-sforza_cultural_1981

⁶³@boyd_culture_1985

⁶⁴@mesoudi_pursuing_2017

⁶⁵@cavalli-sforza_cultural_1973; @feldman_cultural_1976

⁶⁶@bisin_economics_2001-1

⁶⁷@baldini_revisiting_2015; @henrich_demography_2004; @kobayashi_innovativeness_2012

⁶⁸@aoki_emergence_2005; @aoki_evolution_2014; @boyd_cultural_1983

⁶⁹@aoki_gene-culture_2017; @boyd_culture_1985; @cavalli-sforza_cultural_1981; @chudek_culturegene_2011; @feldman_aspects_1979; @mesoudi_towards_2006; @richerson_dual_1978

Rahmensituation erleichtert⁷⁰. Die Untersuchung von Verhaltensmerkmalen wie dem IQ oder dem erreichten Ausbildungsniveau mit diesem Werkzeug⁷¹ ist jedoch mit Schwierigkeiten verknüpft. Einerseits ist die Erkenntnisse über solche Zusammenhänge mit ethischen Implikationen verknüpft, andererseits ist eine statistische Ergebnissicherheit nicht gewährleistet: Korrelation von Genen und Verhalten muss nicht Konsequenz einer kausalen Beziehung sein. Stattdessen könnte sie nur Nebeneffekt von z.B. räumlicher und sozialer Autokorrelation oder assortativer Paarung sein⁷². Moderne Fallbeispiele, für die komplexe, sozioökonomische Erklärungen angenommen werden müssen, obgleich auch genetische Korrelation besteht, beschäftigen sich unter anderem mit Tabakkonsum, Armut, Gesundheit oder Rassismus⁷³.

2.3.3 Mensch-Umwelt Interaktion und Cultural Niche construction

Cultural Niche construction hält ein potentes Erklärungsmodell bereit, um den wechselseitigen Selektionsdruck nachzuvollziehen, den Kultur, Gene und Umwelt aufeinander ausüben⁷⁴. Dabei beschreibt Niche construction in der Biologie Veränderungen der natürlichen Umwelt, die einerseits von einer Spezies selbst hervorgerufen werden und gleichermaßen die Selektionsdrücke auf diese Spezies beeinflussen⁷⁵. Für den Menschen ergibt sich daraus ein komplexes Geflecht von Interdependenzen zwischen Kulturverhalten, genetischer Disposition und Natur, die die schrittweise Modifikation all dieser Systembestandteile zur Folge haben⁷⁶. Viel beachtete Fallbeispiele dieser Interaktion sind unter anderem anthropogen induzierte Aussterbeereignisse von Megafauna⁷⁷, Feuernutzung für Landschaftseingriffe⁷⁸, die Ausbreitung der Links- und Rechtshändigkeit⁷⁹, die Entstehung der Laktose-Toleranz⁸⁰ und die rückläufige, demographische Entwicklung in modernen, westlichen Gesellschaften⁸¹.

Subsistenzbezogenes Verhalten ist unmittelbar selektionsrelevant, da es die Sterbe- und Reproduktionswahrscheinlichkeit einer Population beeinflusst. Der Mensch hat seine Versorgung über den größten Teil seiner Existenz aus Jagen und Sammeln bestritten. Dabei war er von den Ressourcen einer natürlichen Umwelt abhängig und hat sie durch Güterentnahme destabilisiert. Etliche Modelle im Kontext der Human behavioral ecology dokumentieren, wie diese Wechselwirkung zum Katalysator von Veränderung im Mensch-Umwelt System wurde⁸². Auch die Neolithisierung könnte durch einen solchen Prozess verstanden werden⁸³.

2.3.4 Mikroorganismen und Pathogene

Krankheiten sind ein wesentlicher Selektionsfaktor für den Menschen und hatten großen Einfluss sowohl auf seine biologische⁸⁴ als auch auf seine prähistorische⁸⁵ und historische⁸⁶ Entwicklung. Malaria hat beispielsweise wesentliche Veränderungen im menschlichen Erbgut durchgesetzt⁸⁷ – unter anderem die weitreichende Verbreitung der Sichelzellenanämie⁸⁸. Die Interaktion des Menschen mit Krankheiten lässt sich nicht auf eine rein biologische Perspektive reduzieren. Stattdessen sind Krankheiten und ihre Verbreitung stark durch Kulturverhalten bedingt. Nassfeldanbau in Westafrika könnte die initiale Verbreitung von Malaria

⁷⁰@berg_population_2014

⁷¹@benyamin_childhood_2014; @davies_genome-wide_2011; @minkov_genetic_2015; @okbay_genome-wide_2016

⁷²@abdellaoui_educational_2015; @domingue_genetic_2014; @okbay_genome-wide_2016; @piffer_review_2015

⁷³@maes_genetic_2006; @marden_african_2016; @nugent_geneenvironment_2011; @paradies_racism_2015

⁷⁴@laland_niche_2000; @odling-smee_niche_2003; @laland_cultural_2011; @rendell_runaway_2011

⁷⁵@laland_niche_2006

⁷⁶@alberti_global_2017; @creanza_models_2012; @laland_cultural_2001

⁷⁷@barnosky_assessing_2004

⁷⁸@bird_fire_2008

⁷⁹@laland_gene-culture_1995

⁸⁰@feldman_theory_1989; @ingram_population_2012

⁸¹@borgerhoff_mulder_demographic_1998; @fogarty_role_2013; @ihara_cultural_2004

⁸²@hardy_climatic_2010; @hockett_nutritional_2005; @stiner_thirty_2001

⁸³@rowley-conwy_foraging_2011; @smith_onset_2013

⁸⁴@bustamante_natural_2005; @enard_viruses_2016; mead_balancing_2003; @sabeti_genome-wide_2007@

⁸⁵@martin_health_2002; @oxenham_skeletal_2005

⁸⁶@alfani_plague_2013; @murray_estimation_2006

⁸⁷@kwiatkowski_how_2005; @tishkoff_haplotype_2001

⁸⁸@allison_protection_1954

massiv begünstigt haben⁸⁹, Krankheiten waren ein wesentlicher Bestandteil des Kulturpakets, mit dem sich die Nordamerikanischen Ureinwohner in Folge von Kolumbus Landung 1492 konfrontiert sahen⁹⁰ und die Kuru Krankheit, die bis in die 1940er im Hochland von Neuguinea immer wieder in Epidemien ausbrach, war in ihrer Übertragung abhängig von kannibalistischen Ritualen⁹¹.

Neben Pathogenen ist der Mensch auch Wirt für weniger parasitäre Mikroorganismen. Die Gesamtheit von Lebensformen, die in und auf dem menschlichen Körper leben ohne Krankheiten oder Entzündungen hervorzurufen – die Normalflora – hat durchaus Rückwirkung nicht nur auf den menschlichen Organismus, sondern auch auf dessen Verhalten und Verhaltensspielraum. Menschen können die Fähigkeit zur Laktoseverarbeitung beispielsweise nicht nur über eine Mutation des eigenen Erbguts erlangen, sondern auch indirekt über Bakterien im Verdauungstrakt. Solche Bakterien haben möglicherweise ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Entstehung der Milchwirtschaft in der Vorgeschichte gespielt⁹².

2.3.5 Entstehung und Wirkung von Innovationen: Cultural Complexity und Demographie

In der biologischen Evolution entstehen neue Varianten durch Mutationen im Erbgut von Individuen. Cultural Evolution kennt dagegen eine ganze Reihe von Prozessen, die zur Entstehung von Innovationen verschiedener Größenordnungen führen können. Viele Modelle reduzieren diese Prozesse auf simple Zufallsereignisse oder die Interaktion eines Individuums mit seiner Umwelt⁹³. Andere bringen komplexere Mechanismen ins Spiel, wie die Verknüpfung bestehender Innovationen zu neuen⁹⁴ und die Interaktion vieler Innovationen in einer schnellen, aufeinander aufbauenden Kettenreaktion von Kombination und Ableitung⁹⁵: Eine einzige Idee zieht möglicherweise viele andere nach sich. In der prähistorischen und historischen Menschheitsentwicklung gibt es viele Ereignisse, die solche Effekte nahelegen, etwa die explosionsartige Zunahme an Komplexität im Steingerätinventar am Übergang von Mittel- zu Jungpaläolithikum⁹⁶ oder die neolithische Revolution im Vorderen Orient⁹⁷.

Die Veränderung der Menge und Art kultureller Eigenschaften einer Gruppe ist mit dem Begriff der Cultural Complexity Forschung verknüpft. Sie untersucht die Akkumulation und den Verlust von Innovationen (Cultural accumulation und Cultural decay) im Abgleich zu systemtheoretischen Gleichgewichtszuständen. Dabei zeigt sich, dass die Innovationsverfügbarkeit in einer Population durch die Verschränkung der verschiedenen Ideen starken Schwankungen unterworfen ist, bis sie einen stabilen Zustand erreicht[@kolodny_evolution_2015]. Innovationen können selbst Rückwirkungen auf die Systemdynamik ihrer Wirtpopulationen nehmen, indem sie zum Beispiel die Subsistenzbedingungen verändern und Bevölkerungswachstum oder -niedergang katalysieren⁹⁸. @crema_revealing_2016 eröffnen mit einer Fallstudie an neolithischer Keramik die Perspektive dafür, dass die Annahme von Gleichgewichtszustände in archäologischen Kontexten vor diesem Hintergrund hinterfragt werden muss.

Populationsgröße und Subsistenzrisiko

@henrich_demography_2004, @collard_what_2011, @KobayashiInnovativenesspopulationsize2012, @collard_population_2013, @BaldiniRevisitingEffectPopulation2015, @henrich_understanding_2016, @vaesen_population_2016

150, 151, 152

⁸⁹@durham_coevolution_1991-1

⁹⁰@nunn_columbian_2010

⁹¹@lindenbaum_kuru_2015

⁹²@walter_human_2011

⁹³@henrich_evolution_2003; @rendell_why_2010

⁹⁴@enquist_why_2008

⁹⁵@fogarty_cultural_2015; @kolodny_evolution_2015; @kolodny_game-changing_2016

⁹⁶@bar-yosef_nature_1998; @roebroeks_time_2008

⁹⁷@gopher_when_2001; @veen_agricultural_2010

⁹⁸@kolodny_game-changing_2016

Unabhängig davon welcher Effekt letztlich die größere Wirkung auf kulturelle Komplexität entfaltet, gibt es eindeutig einen Zusammenhang zwischen Kulturverhalten und demographischer Entwicklung einer Population: Der Übergang von einer Jäger- und Sammlerischen Lebensweise zu Ackerbau und Viehzucht am Beginn des Holozän geht mit einem starkem Bevölkerungswachstum einher, das unter dem Stichwort der Neolithic demographic transition als eines der folgenreichsten Auswirkungen der Neolithisierung diskutiert wird⁹⁹. Neben Subsistenzpraktiken beeinflussen eine Vielzahl von Faktoren wie religiöse Normen, Heiratsgepflogenheiten oder gewaltsame Konflikte die Altersstruktur und das Wachstum einer Gesellschaft. Etliche davon reduzieren die Geburtenrate¹⁰⁰ und wirken so stabilisierend auf das Mensch-Umwelt-System. Ein Phänomen dieser Art lässt sich im modernen China und in Teilen Indiens beobachten: Eine kulturelle Präferenz für männliche Nachkommen, die sich etwa durch selektive Abtreibung manifestiert, führt lokal zu einem asymmetrischen Überschuss von bis zu 6:5 von Männern gegenüber Frauen. Diese kulturell induzierte demographische Veränderung hat erwartungsgemäß schwerwiegende ökonomische Konsequenzen¹⁰¹.

2.4 Cultural Transmission

Die Ausbreitung von Ideen geschieht im sozialen Raum ihrer Träger. Die Formen der Kommunikation, die dabei zur Anwendung kommen sind vielfältig und entwickeln auf unterschiedlichen Skalenniveaus unterschiedliche Relevanz. Grundsätzlich bewegt sich Information mit ihren Trägern, das heißt alle Prozesse, die zur Bewegung von Menschen im Raum führen, sind auch Prozesse, die zur Ausbreitung von Information führen. Zu Cultural Transmission müssen also alle Modi des Austauschs von der Massenmigration, über den Frauentausch in Heiratsnetzwerken bis hin zum einzeln wandernden Händler und Handwerker gezählt werden. Daneben stehen Prozesse innerhalb kohärenter Gruppen, wie die Kindererziehung (vertical transmission), Lehre und Ausbildung von einer Generation zur nächsten (oblique transmission) und der einfache Austausch von Information zwischen allen Mitgliedern einer Population (horizontal transmission), wie er durch Sprache, Schrift und Imitation permanent stattfindet.

Einige der weitreichendsten Transformationsereignisse in der Geschichte der Menschheit, die zu einem tiefgreifenden Wandel der vorhandenen kulturellen Eigenschaften geführt haben, sind von Populationsbewegungen zumindest begleitet, wenn nicht sogar initiiert worden¹⁰². Der Neanderthaler wurde vor ca. 40.000 Jahren vollständig vom Modernen Menschen verdrängt¹⁰³, und mit ihm ging eine erste – freilich in ihrer Dynamik umstrittene – Phase kultureller Modernität zu Ende, die sich erst durch jüngste Forschungsergebnisse zu erschließen beginnt¹⁰⁴. Paläogenetische Ergebnisse legen nahe, dass die neolithische Revolution in Europa im wesentlichen von wandernden Siedlern aus dem Vorderen Orient getragen wurde, nicht von der Übernahme eines Innovationspakets durch lokale Jäger- und Sammlergruppen¹⁰⁵. Im fortgeschrittenen Neolithikum bis zum Beginn der Bronzezeit vollzog sich eine weitere genetische und kulturelle Transformation in Mitteleuropa infolge der Einwanderung berittener Steppenbewohner aus dem Yamnaya Kulturkomplex¹⁰⁶.

[@cavalli-sforza_cultural_1981] grenzen drei weitere Formen der Cultural Transmission voneinander ab:

Vertikale (vertical) Transmission [@mulder_intergenerational_2009]

Horizontale (horizontal) Transmission

Schräge (oblique) Transmission [@fogarty_evolution_2011]

Die vertikale Vererbung kultureller Eigenschaften von Eltern zu Kind spielt eine entscheidende Rolle. Sie ist insbesondere mit der demographischen Entwicklung einer Population verknüpft. Geht man von einem klassischen Modell der Life-history-Theorie aus, das Populationsentwicklung ausgehend von sich reproduzierenden

⁹⁹@bocquetappel_paleoanthropological_2002; @gage_what_2009

¹⁰⁰@colleran_cultural_2016; @richerson_natural_1984

¹⁰¹@banister_shortage_2004; @li_cultural_2000; @tuljapurkar_high_1995

¹⁰²@boyd_voting_2009

¹⁰³@skoglund_origins_2012

¹⁰⁴@hoffmann_symbolic_2018; @tuniz_did_2012

¹⁰⁵@aoki_travelling_1996; @bar-yosef_nature_1998; @patterson_modelling_2010; @skoglund_origins_2012

¹⁰⁶@allentoft_population_2015; @goldberg_ancient_2017

Altersklassen beschreibt¹⁰⁷ und erweitert es um kulturelle Merkmale und Transmission, dann ergeben sich bemerkenswerte Simulationsergebnisse¹⁰⁸. Sogar Verhaltensmuster, die die Reproduktionsfähigkeit eines Individuums reduzieren, können bei ausreichend starker Übertragungsfähigkeit der Idee überdauern. Das gilt auch dann, wenn eine Idee zwar die Reproduktionsfähigkeit reduziert, gleichzeitig aber die Überlebenschance des Individuums erhöht.

Ein Phänomen, das für vertikale Transmission besondere Relevanz besitzt, ist Assortative Paarung (Assortative mating). Partnerwahl beim Menschen ist kein zufälliger Prozess, sondern zeigt die Tendenz, Individuen mit hoher Ähnlichkeit körperlicher und kultureller Merkmale zusammen zu führen. Ein Nachweis dieses Effekts gelang an Merkmalen wie Augenfarbe, Körpergröße, IQ, Bildungsstand und Tabakkonsum¹⁰⁹. Assortative Paarung führt zu höherer Korrelation genetischer und kultureller Eigenschaften in einer Population und kann mehr Vielfalt hervorrufen¹¹⁰: Seltene Eigenschaften können sich leichter ausbreiten und behaupten¹¹¹. Assortativer Paarung ist dabei auch ein sich selbst verstärkender Prozess, da aus Beziehungen ähnlicher Partner statistisch mehr Kinder hervorgehen¹¹² und soziale Netzwerke dazu neigen, sich zu reproduzieren¹¹³. Das hat auch Rückwirkungen auf die genetische Zusammensetzung von menschlicher Populationen¹¹⁴. Sprachgrenzen können dabei als wesentliche Hürde beim genetischen Austausch auftreten¹¹⁵, müssen es aber keinesfalls¹¹⁶. Homophily, die Präferenz mit ähnlichen Menschen zu interagieren, beschränkt sich nicht nur auf die Partnerwahl, sondern erstreckt sich auf jede Form zwischenmenschlicher Beziehung: Ideen werden grundsätzlich schneller zwischen ähnlichen Individuen übertragen¹¹⁷.

Die Intensität und Dauerhaftigkeit der Verbreitung einer Idee in einer Gesellschaft ist chaotisch und nicht mit Sicherheit vorhersagbar. Dennoch lassen sich Effekte beschreiben, die wesentlichen Einfluss auf den Erfolg einer Innovation haben:

Von wesentlicher Bedeutung ist der Dualismus von Konformität (conformity bias) und Neugierde (novelty bias). Menschen neigen einerseits – besonders in Phasen von Stabilität¹¹⁸ – dazu, das Verhalten einer Bevölkerungsmehrheit zu übernehmen¹¹⁹, Individuen brechen andererseits mitunter aber auch bewusst daraus aus¹²⁰. Als Konsequenz des Widerstreits dieser Pole folgt die Verbreitung mancher kultureller Eigenschaften einer logistischen, S-förmigen Wachstumskurve¹²¹. Insbesondere Ideen, die nicht direkt subsistenzrelevant sind, sind in ihrer momentanen Ausbreitungsdynamik stark davon abhängig, wie groß die Verbreitung der Idee in der Population bereits ist. Beispiele dafür sind Modetrends oder Babynamen¹²². Auch die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Bestattungssitten könnten dieser Ideenkategorie angehören.

In archäologischen Zusammenhängen wird häufig über den Einfluss sozialer Eliten auf das Verhalten einer Gesamtpopulation diskutiert. Menschen neigen dazu, soziale höher gestellte Vorbilder zu wählen und sie zu kopieren (prestige bias)¹²³. Dieses Kopierverhalten lässt sich experimentell bereits an Kleinkindern beobachten, die sich an jenen Erwachsenen orientieren, die die verstärkte Aufmerksamkeit anderer Erwachsenen genießen¹²⁴.

Menschen zeigen auch die Tendenz, das Verhalten erfolgreicher Menschen oder einzelne, erfolgreiche Strategien zu übernehmen¹²⁵. Zwar ist das Modell eines Homo Ökonomikus, der stets die rational beste Entscheidung in einer gegebenen Situation trifft, zu simplistisch, dennoch spielt die Verbesserung der eigenen Situation

¹⁰⁷@leslie_further_1948

¹⁰⁸@coratenuto_age_1989; @fogarty_role_2013

¹⁰⁹@domingue_genetic_2014; @keller_genetic_2013; @laeng_why_2007; @treur_spousal_2015

¹¹⁰@feldman_evolution_1977; @rice_multifactorial_1978

¹¹¹@creanza_complexity_2014; @creanza_models_2012

¹¹²@thiessen_human_1980

¹¹³@abdellaoui_association_2013; @abdellaoui_educational_2015

¹¹⁴@robinson_genetic_2017

¹¹⁵@barbujani_zones_1990; @de_filippo_y-chromosomal_2011; @karafet_coevolution_2016

¹¹⁶@hunley_gene_2005; @hunley_genetic_2008; @srithawong_genetic_2015

¹¹⁷@centola_experimental_2011; @centola_spread_2010

¹¹⁸@henrich_evolution_1998; @kendal_evolution_2009

¹¹⁹@efferson_conformists_2008; @giraldeau_social_1994; @henrich_evolution_1998

¹²⁰@henrich_evolution_2003

¹²¹@henrich_cultural_2001; @rogers_diffusion_1983

¹²²@acerbi_biases_2014; @acerbi_logic_2012

¹²³@henrich_evolution_2001

¹²⁴@chudek_prestige-biased_2012

¹²⁵@henrich_evolution_2003

nach unterschiedlichen Kriterien eine wichtige Rolle bei Entscheidungsprozessen¹²⁶. Dieses Verhalten besitzt Implikationen für eine mögliche biologische Selektionswirkung von Innovationen: Imitation kann den Untergang einer Population in Krisensituationen verhindern.

Social Learning: [@arbilly_arms_2014; @enquist_evolution_2007; @rendell_cognitive_2011; @rendell_rogers_2010]

2.4.1 (Computerbasierte) Modellierung

Cultural Evolution theory ist angelegt zur Modellbildung in Anthropologischen Wissenschaften. Edmonds definierte Memetik vor seiner oben nachvollzogenen Abkehr folgendermaßen:

the application of models with an evolutionary or genetic *structure* to the *domain* of (cultural) information transmission.

– @edmonds_modelling_1998

Im selben Artikel *On Modelling in Memetics* aus dem 2. Band des Journal of Memetics weist er aber bereits auf Risiken der Modellierung in diesem Kontext hin und formuliert Anforderungen.

2.4.1.1 Agentenbasierte Modellierung

¹²⁶@mesoudi_cultural_2008; @mesoudi_experimental_2011

Chapter 3

Bestattungsritus in der Europäischen Bronzezeit

3.1 Wahl des Fallbeispiels

Ziel dieser Arbeit ist die Formulierung eines computerbasierten Cultural Evolution Modells, dass Um die Sinnhaftigkeit dieses Ansatzes zu erforschen, ist es unerlässlich ein Fallbeispiel heranzuziehen, das potentiell geeignet ist durch ein solches abgebildet zu werden. Für den Kontext des Fallbeispiels sollen sich idealerweise Synergieeffekte ergeben. Das heißt, das Modell sollte geeignet sein, archäologische Fragestellungen in seinem Kontext zu beantworten oder zumindest aus einer neuen Perspektive zugänglich zu machen. Scheitert dies, so ist zwar nicht der gesamte Ansatz zu verwerfen, jedoch darf die Nützlichkeit der Methode aus archäologischer Perspektive in Zweifel gezogen werden.

Die Wahl des Fallbeispiels hat also wesentliche Konsequenzen für das Gesamtergebnis der Arbeit. Konkret drückt sich das etwa in der Natur der untersuchten Meme und Memeplexe aus: Unmittelbar funktional relevante Meme, die z.B. eine Veränderung der Subsistenzstrategie hervorrufen, sind anders zu analysieren als Modememe in Keramikverzierung und Gewandschmuck. Manche Meme sind äußerst erfolgreich, breiten sich über ganze Kontinente aus und bleiben über Jahrhunderte verhältnismäßig stabil, andere dagegen sind nur auf eine Siedlung beschränkt und überdauern nicht einmal ihre Schöpfergeneration. Jedes Fallbeispiel ist über eine Auswahl archäologischer Daten zugänglich. Diese sind höchst heterogen strukturiert, mit unterschiedlichen Zielsetzungen – meist nicht der einer Cultural Evolution Analyse – aufgenommen und decken, ebenso wie die Meme, die sie potentiell abbilden, sehr verschiedene zeitliche und geographische Spektren und Skalenniveaus ab. Ideal wäre sicher, selbst Daten zu einzelnen Memen und deren Entwicklung zu sammeln. Das ist aber im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, ohne viel Zeit zu verlieren, die für theoretische Vorüberlegungen sowie die Modellimplementierung und -Analyse investiert werden sollte. Die Suche nach einem Fallbeispiel war aus dieser Konsequenz gleichermaßen die Suche nach einem Datensatz, bei dem Anknüpfungspunkte zur Modellidee zu erwarten waren.

Ein spezielles Subset der C14-Datenbank Radon-B¹ erfüllt diese Bedingung.

Brandbestattung und Körperbestattung sind Meme, die schon lange vor Beginn der Bronzezeit in Konkurrenz standen. Erstaunlicherweise ist dieser Konflikt bis heute nicht entschieden – beide Bestattungsrituale, freilich immer wieder neu konnotiert und kontextualisiert – finden in der Gegenwart in Europa Anwendung. Man könnte den Konflikt aus dieser Perspektive in seiner gesamten zeitlichen Dimension von der frühesten Vorgeschichte bis in die Moderne nachzeichnen. Die Cultural Evolution Perspektive bietet für dieses Phänomen ein kohärentes Erklärungsmodell. Dennoch konzentriert sich diese Arbeit auf die Bronzezeit. Das geschieht einerseits aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten und weiterhin aufgrund der unglaublichen Komplexität

¹@jutta_kneisel_radon-b_2013

der Memeplexe, in die sich beide Meme im Laufe der Geschichte eingegliedert haben. Eine Geschichte von Brand- und Körperbestattung würde den Rahmen dieser Arbeit bei weitem sprengen, ist vielleicht überhaupt nicht sinnvoll formulierbar. Ähnlich verhält es sich mit der Grabüberhügelung: Auch dieser Brauch kann auf eine lange Geschichte zurückschauen und hat im Laufe der Zeit mannigfaltige, verwandte weil abgeleitete Meme hervorgebracht.

Dieses Fallbeispiel beobachtet also vier eng verknüpfte Meme (Körperbestattung, Brandbestattung, Flachgrab, Hügelgrab) über eine gewisse Phase (2500-500calBC, Bronzezeit) ihrer eigentlich wesentlich längeren Entwicklung in einem gewissen Raum (Nord-, Ost und Westeuropa), der nur einen Ausschnitt ihrer eigentlichen Verbreitung darstellt.

3.1.1 Datensatz Radon-B

...

Abbildung ?? zeigt, wie sich die C14-Daten in RADON-B räumlich und zeitlich verteilen. Für einzelne Regionen liegen für gewisse Zeiträume verhältnismäßig viele Daten vor, für die Mehrzahl der Regionen ist die Datenmenge allerdings sehr gering. Diese Ungleichverteilung der Daten kann viele verschiedene Gründe haben:

- Schwerpunkte der Datenaufnahme für RADON-B nach Forschungsinteressen der beteiligten Wissenschaftler.
- Regionale und zeitliche Ausrichtung von Forschungsprojekten, in deren Rahmen die C14-Daten erstellt wurden. Damit zusammen hängt die politische Rahmensituation, die C14-Datierung in größerem Umfang z.B. in den Osteuropäischen Staaten erst nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion möglich gemacht hat.
- Forschungstraditionen
- Erhaltungssituation organischer Funde
- Dateneingabe in RADON-B (Wo sind Grabmetainformationen beigelegt?)
- weitere mögliche Bestattungsformen, die archäologisch nicht fassbar sind

3.1.2 Regionengliederung

...

3.2 Vorüberlegungen zur Archäologischen Untersuchung von Bestattungen

...

3.2.1 Eine Cultural Evolution Perspektive auf Bestattungssitten

...

3.3 Räumliche und zeitliche Trends im Bestattungsritus der Bronzezeit

Gräber spielen in der Bronzezeitforschung traditionell eine wichtige Rolle.

In der europäischen Bronzezeit sind mehrere unterschiedliche Bestattungstraditionen unterscheidbar, die zeitlich und räumlich abgrenzbar unterschiedliche Entwicklungen durchlaufen. Dabei können zwei wesentliche Dimensionen abgegrenzt werden, entlang derer sich fast alle dokumentierten Grablegungen kategorisieren lassen: 1. Körperbestattungen im Gegensatz zu Brandbestattungen sowie 2. Flachgräber gegenüber überhöhten Gräbern. In diesem Spektrum gibt es breite Variaten hinsichtlich der Grabanlage- und Vergesellschaftung (z.B. Nachnutzung neolithischer Megalithanlagen, Gräberfelder, etc.), des Grabbaus (Särge, Totenhäuser, Bootsgräber etc.) der Beigabenauswahl, der Platzierung des Leichnams oder des investierten Aufwands für Bestattungszeremonie und Architektur. Angesichts dieser Variablenvielfalt ist Generalisierung und die Reduktion des Gesamtzusammenhangs auf die Spannungsfelder Körper- vs. Brandbestattung und Flach- vs. Hügelgrab schwierig.

Kurz zusammengefasst besagt das klassische Narrativ der Entwicklung bronzezeitlicher Bestattungssitten folgendes: In der frühen und mittleren Bronzezeit dominieren Körperbestattungen in verschiedenen Variationen. Brandgräber kommen in diesem Zeitfenster nur in der Ungarischen Tiefebene verstärkt vor. Hügelgräber konzentrieren sich auf Teile des Balkans sowie Ost-, West- und Nordeuropa, während in Zentral- und Südeuropa Flachgräber – mehrheitlich Körperbestattungen – überwiegen. In der mittleren Bronzezeit gewinnt Überhöhung zumindest in West- und Mitteleuropa an Bedeutung. In der späten Bronzezeit wird Brandbestattung zum häufigsten Bestattungsbrauch².

3.3.1 Körperbestattung und Brandbestattung

Nach verbreiteter Lehrmeinung sind Brandbestattungen in erster Linie ein Phänomen der Spätbronzezeit, die deswegen mit der Bezeichnung *Urnenfelderzeit* belegt ist. Das scheint sich auch im RADON-B Datensatz abzubilden: In fast allen Untersuchungsregionen dominieren zum Ende hin Brandbestattungen (siehe Abbildung ??). In Ungarn jedoch wird die Brandbestattung schon in der Frühbronzezeit von den Nagyrév- und Kisapostag Gruppen und in der Mittelbronzezeit von der Vátya Kultur praktiziert. Diesen Umstand gibt RADON-B in Ermangelung entsprechender Daten leider nicht wieder (siehe Abbildung ??). Gut erfassbar dagegen ist, dass Körper- und Brandbestattung in Großbritannien schon früh und über einen langen Zeitraum parallel existieren. Schon in der Mittelbronzezeit wird die Verbrennung dort die dominante Bestattungssitte. Auch in Zentral- Nord und Südwesteuropa treten Kremationen in geringem Anteil lange vor der lokalen Spätbronzezeit auf³.

Grundsätzlich gilt, dass kohärente Bestattungsplätze und Gräberfelder in einer Belegungsperiode jeweils einheitlich eine Bestattungsform praktizieren. Das zeigt sich besonders in der Urnenfelderzeit, wo eine Vielzahl großer und weitreichend untersuchter Gräberfelder in Zentraleuropa, im mediterranen Raum, in Frankreich und in Skandinavien abgesehen von verschwindend wenigen Ausnahmen exklusiv mit Kremationen belegt sind. Dazu gehören zum Beispiel die Gräberfelder Moravičany (Mähren) mit 1260 oder Vollmarshausen (Hessen) mit 252 erfassten Bestattungen. In der Frühen und Mittleren Bronzezeit ist birituelle Belegung noch erheblich häufiger: Auf dem Tumuluszeitlichen Platz Dolný Peter (Slowakei) verhalten sich Brand- zu Körperbestattungen in einem Verhältnis 5:50, in Streda nad Bodrogom (Slowakei) beträgt das Verhältnis 34:24, wobei weiterhin neun Kenotaphe erfasst wurden. Auf dem größten und archäologisch wichtigsten Gräberfeld der Mittelbronzezeit Zentraleuropas in Pitten (Niederösterreich) dominieren Kremationen mit 147:74. Ebenso gibt es aber auch in der Frühbronzezeit Gräberfelder mit großer Einheitlichkeit wie Gemeinlebarn F (Niederösterreich) wo unter den 258 erfassten Bestattungen nur eine einzige mit einem Verbrennungsritual besetzt wurde und in der Spätbronzezeit Gräberfelder mit biritueller Belegung wie Przeczyce (Schlesien) mit einem Verhältnis von 132:727⁴.

Von besonderem archäologischen Interessen sind eben jene Kontexte, wo verschiedene Rituale in größter räumlicher und – soweit erfassbar – zeitlicher Nähe zueinander durchgeführt wurden. Systematische Unterschiede hinsichtlich Beigabenreichtum, Geschlechterschwerpunkt oder horizontalstratigraphischer Aufteilung von Gräberfeldern bei biritueller Belegung... **Mal nachsehen!** Sowohl für das urnenfelderzeitliche Vollmarshausen als auch das frühbronzezeitliche Gemeinlebarn F deuten sich eine horizontalstratigraphische

²@harding_european_2000, 75-76. **Eigentlich Häuler 1977/1994/1996 -> ausbauen!**

³@harding_european_2000, 111.

⁴@harding_european_2000, 112.

Trennung nach Familiengruppen an, deren Nachweis allerdings erst mit genetischen Mitteln erfolgen könnte, die zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht zur Verfügung standen oder im Falle der Brandbestattungen von Vollmarshausen wahrscheinlich erhaltungsbedingt ausgeschlossen werden müssen⁵.

In Kontakt- und Übergangsbereichen der Bestattungssitten kam es an verschiedenen Punkten zu überraschenden Überschneidungen der Ritualausführung. In Periode III der skandinavischen Bronzezeit wurde in Dänemark Leichenbrand in Sarg- und Kistengräbern beigesetzt, die zuvor für Körperbestattungen verwendet worden waren. In der Champagne finden sich Brandbestattungen in Grabgruben, die ausreichend Platz für einen unverbrannten Körper geboten hätten. Für ein anjetitzerzeitliches Gräberfeld in Jeßnitz (Sachsen-Anhalt) rekonstruieren die Ausgräber ein Ritual, das sekundäre Feuereinwirkung auf schon in Särgen deponierte Körperbestattungen eingeschlossen hätte. **Ausbauen!** ⁶

3.3.2 Flachgrab und Hügelgrab

3.4 Fragestellungen

⁵@harding_european_2000, 114.

⁶@harding_european_2000, 113.

Chapter 4

Modellimplementierung

4.1 Funktionalität

Wie werden welche Gegebenheiten der realen Welt im Modell abgebildet?

4.2 Technische Umsetzung von Modell und Datenauswertung

Das Modell und alle Analyswerkzeuge sind als Paket für die Statistikprogrammiersprache R¹ implementiert (github/nevrome/...). Das eigentliche Modell ist mittels des Rcpp-Frameworks² in C++³ umgesetzt, um auf dessen höhere Geschwindigkeit und bessere Werkzeuge für Objektorientiertes Programmieren zurückgreifen zu können. Daneben enthält das Paket in R geschriebene Hilfsfunktionen zur Datenaufbereitung, Analyse und Visualisierung. Getrennt von diesem R Paket existiert ein zweites Repository (github/nevrome/...), in dem Modellrechnung und Auswertung für das bronzzeitliche Fallbeispiel ausgeführt wurden. Ein Teil der Entwicklung fand zunächst hier statt, wurde dann aber über generalisierte Funktionen in genanntes R Paket übernommen und wird hier jetzt nur noch referenziert.

Zur Implementierung von Analyse und Hilfsfunktionen in R kamen neben Funktionen aus Basispaketen auch eine große Anzahl von Community-Paketen zum Einsatz. Dazu gehören ... **Nennen und Zitieren!**. Auch bei der Umsetzung des Modells in C++ habe ich auf Erweiterungsbibliotheken zurückgegriffen. Allem voran zu nennen ist **Nennen und Zitieren!**.

Code und Daten für das Modell sind öffentlich und frei zugänglich. Alle Ergebnisse können reproduziert werden. Eine Anleitung dafür findet sich auf Github ().

Die wesentliche, technischen Arbeitsschritte zur Nutzung des Modell von *Datenbeschaffung und -Vorbereitung* über *Modelldurchlauf* und schließlich *Ergebnisauswertung* seien im folgenden überblicksartig beschrieben. Die innere Gliederung des Modells wurde bereits weiter oben erläutert. Eine genaue Darstellung der Funktionsweise einzelner Submodule unterbleibt im Rahmen dieser Arbeit.

¹@RCoreTeamLanguageEnvironmentStatistical2016

²@eddelbuettel_extending_2017; @eddelbuettel_rcpp_2011; @eddelbuettel_seamless_2013

³@_iso/iec_2017

4.2.1 Datenbeschaffung und -Vorbereitung

4.2.2 Modelldurchlauf

4.2.3 Ergebnisauswertung

4.3 Resultate

Welche Ergebnisse bringt das Modell?

Chapter 5

Diskussion

Chapter 6

Zusammenfassung und Ausblick

Chapter 7

Literatur