Utopie – Prognose – Planung

Der Blick in die Zukunft aus der Sicht von Mathematik und Informatik

Das Romseminar 2016

Arbeitsgemeinschaft Funktionalanalysis
Eberhard Karls Universität Tübingen

&

Funktionalanalysis und Philosophie der Mathematik
Universität Siegen

&

DreMatrix Gruppe der Fakultät Informatik/Mathematik
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

&

Arbeitsbereich Analysis
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Organisation:

Britta Dorn	<britta.dorn@uni-tuebingen.de>
Gregor Giesen	<grgi@fa.uni-tuebingen.de>
Markus Haase	<haase@math.uni-kiel.de>
Michael Korey	<michael.korey@skd.museum>
Rainer Nagel	<rana@fa.uni-tuebingen.de>
Gregor Nickel	<nickel@mathematik.uni-siegen.de>
Martin Rathgeb	<rathgeb@mathematik.uni-siegen.de>
Markus Wacker	<wacker@informatik.htw-dresden.de>

Redaktion:

Gregor Giesen	<grgi@fa.uni-tuebingen.de>
Reinhardt A. W. Maier	<rema@fa.uni-tuebingen.de>

Internet:

https://www.romseminar.de

Inhaltsverzeichnis

1 Wann kommt der Pillenknick an die Uni? – Versuch einer Prognose **1**
Rainer Nagel

2 Ursprung und Schicksal des Universums **7**
Annachiara Piubello, Sita Siewert

3 Wenn der Hahn kräht auf dem Mist,... **13**
Matthias Nowara

4 Verkehrsplanung und Staumodelle **25**
Nils Krütgen

5 Axiomatische Mathematik – Hilberts Utopie und Gödels Antwort **33**
Florian Kranhold

6 Die Geschichte des Wiener Kreises – eine ideale Philosophie? **39**
Maximilian Weinberg

7 Gerechtigkeit im Angesicht der Apokalypse **43**
Viktoria Kühner, Arwed Steuer

8 Der Pakt mit dem Teufel **49**
Helena Henkel

9 Big Data – wo bleibt die Romantik? **65**
Holger Bensch

10 Predictive Policing **75**
Moritz Haas

11 Die Zukunft des Internets **79**
Benedikt Schmitz

Vorwort

Die Prognose ist in ihrer reinen Form eine Leistung des Denkens, die Utopie ist der Bereich unserer Hoffnungen, unserer Wünsche und unserer Sorgen; die Planung ist, als Entwurf der Direktiven des Handelns, ein Vollzug des Willens.

Georg Picht (1913–1982)

Die Zukunft, wie paradox, ist beinahe überall gegenwärtig. Wo man auch hinschaut, Prognose und Planung bestimmen persönliche Lebenswelt und gesellschaftliche Wirklichkeit. Fast nichts ist so einflussreich, wie unser(e) Bild(er) von der Zukunft, die manchmal wünschenwert, als Utopie, erscheint, aber auch oft als schreckenerregende Dystopie. Dabei herrscht ein ungebrochenes Vertrauen in die Vorhersagbarkeit, ja Planbarkeit der Zukunft. Die alte Volksweisheit „Erstens kommt es anders, und zweitens als man denkt" scheint an vielen Stellen in Vergessenheit geraten zu sein.

Fünfhundert Jahre nach Erscheinen der *Utopia*, des begriffs- und denkstilprägenden Werkes von Thomas Morus, ist das Romseminar dem Thema aus der Sicht von Mathematik und Informatik nachgegangen und hat es u.a. entlang der folgenden Fragen entfaltet:

- Welches sind die großen Themen und Probleme der Zukunft, wie kann man sie rechtzeitig erkennen, und welche Möglichkeiten gibt es, mit ihnen planvoll umzugehen?
- Welche Rolle spielten Voraussagen in der Geschichte? Mit welchen Methoden wurden zukünftige Ereignisse prognostiziert?
- Welche mathematischen Modelle und Methoden zur Zukunftsberechnung gibt es, wie realistisch sind sie und wie sinnvoll ist ihr Einsatz? Wie objektiv sind mathematisch begründete Prognoseverfahren?
- Welche Utopien und Planungen bestimmen die Entwicklung der Mathematik?
- Was ist *Big Data* und welche Wirkungen hat der Einsatz dieser Methode(n)?
- Welche Rolle spielen Mathematik und Informatik in Science Fiction-Literatur und -Filmen?
- Welche Wirkung haben außermathematische, etwa literarische utopische oder dystopische Zukunftsentwürfe?

Im Jahr 2016 wurde das Romseminar bereits zum zehnten Mal in Kooperation der Hochschulen in Dresden, Siegen und Tübingen veranstaltet. Erstmals war auch eine Gruppe aus Kiel dabei, so dass das Seminar nun Studierende aus allen vier Himmelsrichtungen Deutschlands zusammenführt. Der vorliegende Band enthält die schriftliche Ausarbeitung eines Teiles der im Romseminar 2016 gehaltenen studentischen Vorträge und repräsentiert so die Vielfalt der Themen.

Ein vielseitiges Begleitprogramm zu sonst nicht zugänglichen Orten in Rom bereicherte dieses insgesamt 21. Romseminar. Ein herzlicher Dank gilt der Deutschen Botschafterin beim Heiligen Stuhl, Annette Schavan, für das intensive Gespräch in der Residenz der Botschaft über Grundfragen der vatikanischen Diplomatie und Fragen der Kirchenpolitik. Prof. Dr. Bruno Klein, Inhaber der Krautheimer-Gastprofessor an der *Biblitotheca Hertziana*, gab uns Einblicke in die faszinierende Baugeschichte der Petersbasilika mit ihrer verwirrenden Fülle von Planung, Umplanung und Neuplanung, auch ihm gilt unser herzlicher Dank.

Das Romseminar durfte auch im Jahr 2016 die bewährte Gastfreundschaft römischer Institutionen genießen und auf diese Weise verschiedene Facetten der Stadt erkunden. Im einzelnen gilt unser Dank der *Jüdischen Gemeinde in Rom*, der *Deutschen Botschaft beim Heiligen Stuhl*, der *Casa di Goethe*, der *Fabbrica di San Pietro* und vor allem der traditionsreichen *Accademia Nazionale dei Lincei*.

Für die finanzielle Unterstützung danken wir schließlich dem DAAD, dem Departement Mathematik der Universität Siegen, dem Mathematischen Institut der Universität Tübingen, dem Akademischen Auslandsamt und der Fakultät Informatik der HTW Dresden sowie großzügigen Spendern unter den ehemaligen Teilnehmern des Romseminars.

Markus Haase
Universität Kiel

Rainer Nagel
Universität Tübingen

Gregor Nickel
Universität Siegen

Markus Wacker
HTW Dresden

Programm

Montag, 22. Februar 2016 – Accademia dei Lincei / Baffetto

9^{00} Begrüßung, Vorstellungsrunde

10^{00} Annachiara Piubello, Sita Siewert
Ursprung und Schicksal des Universums

11^{30} Fridtjof Schulte Steinberg
(deterministisches) Chaos

13^{30} Matthias Nowara
Wenn der Hahn kräht auf dem Mist
– Bauernregeln und moderne Wetterprognosen

14^{30} Nils Krütgen
Verkehrsplanung und Staumodelle

16^{30} Sebastian Schneckenburger, Janosch Döcker
Zombies: Prognose, Panik, Postapokalypse

18^{00} Cena da ‚Baffetto'

Dienstag, 23. Februar 2016 – Accademia dei Lincei / Museo Ebraico di Roma

9^{00} Florian Kranhold
Axiomatische Mathematik – Hilberts Utopie und Gödels Antwort

10^{00} Maximilian Weinberg
Der Wiener Kreis – die ideale Philosophie?

11^{00} Mareike Becker
Prognosen mit Bayes und das Problem der unbekannten Unbekannten

13^{30} Arwed Steuer, Viktoria Kühner
Die Berechnung der Gerechtigkeit im Angesicht der Apokalypse

15^{30} Besuch des *jüdischen Museums* und der *Synagoge*

17^{00} Führung durch das *ehemalige jüdische Ghetto* in Rom

Mittwoch, 24. Februar 2016 – Deutsche Botschaft am Heiligen Stuhl / Casa di Goethe

11^{00} Botschafterin Annette Schavan
Die Deutsche Botschaft am Heiligen Stuhl

14^{30} Begrüßung *Casa di Goethe*

15^{00} Antonia Vitt
Utopie vs Dystopie

16^{00} Helena Henkel
Der Pakt mit dem Teufel

17^{00} Besichtigung *Casa di Goethe*

20^{00} Markus Haase, Michael Korey, Martin Rathgeb, Markus Wacker
Kein Ort Nirgends – U-topie einmal anders.
Geplanter Literaturabend mit unprognostizierbarem Ergebnis

Donnerstag, 25. Februar 2016 – San Pietro / Accademia dei Lincei

9^{30} Prof. Bruno Klein (TU Dresden/Biblioteca Hertziana)
Planung, Umplanung, Neuplanung usw.
– Eine etwas andere Führung zur Baugeschichte von St. Peter

14^{00} Holger Bensch
Big Data – Wo bleibt die Rom-antik?

15^{00} Moritz Haas
Predictive Policing – Zukunft ohne Verbrechen?

16^{00} Benedikt Schmitz
Die Zukunft des Internets – Zwischen Nerdistan, Neuland, Gedankenpolizei und Anarchie

Freitag, 26. Februar 2016 – Accademia dei Lincei / Petrusgrab

9^{30} Peter Kretschmann, Christian Schittko
Der transparente Mensch – Verheißung und Bedrohung

11^{00} Abschlussgespräch

15^{00} Führung Petrusgrab

20^{00} Cena sociale *Trattoria degli Amici*

Wann kommt der Pillenknick an die Uni? – Versuch einer Prognose

Rainer Nagel

Prolog

Von 1984 bis 1986 war ich als Vizepräsident der Universität Tübingen für Lehre und studentische Angelegenheiten zuständig. Dabei konnte ich miterleben, wie Präsident Theis und viele kompetente Mitarbeiter Planung-Prognose-Utopie für die Universität entwickelten. Ein wichtiges Thema dabei war der sogenannte „Pillenknick“ und der deshalb zu erwartende Rückgang der Studentenzahlen. Es reizte mich, diesen Prognosen und den daraus resultierenden hochschulpolitischen Entscheidungen eine solide mathematische Grundlage zu geben.

Zusammen mit Helga Ruf sammelten wir im Sommersemester 1986 die relevanten Daten, analysierten sie und leiteten daraus ein Prognose für die in den Jahren 1990 und 1995 zu erwartenden Studentenzahlen an der Universität Tübingen ab. Der folgende Artikel war das Ergebnis unserer Überlegungen.

Wann kommt der Pillenknick an die Uni?

von

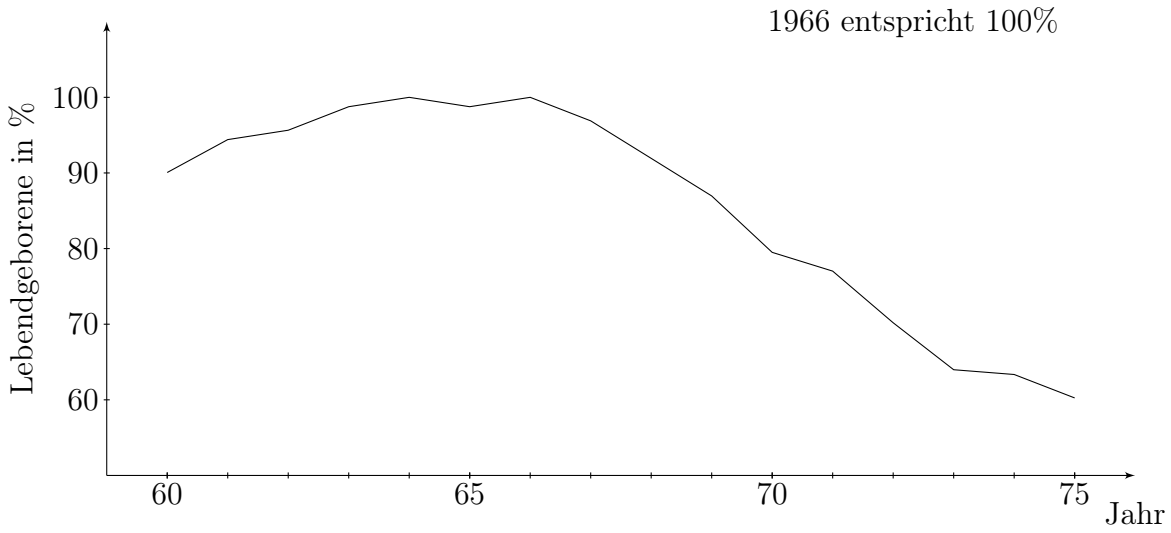
Rainer Nagel und Helga Ruf

Seit dem Wintersemester 1984/85 sinken an den bundesdeutschen Universitäten die Anfängerzahlen. Das bedeutet nicht ein gleichzeitiges Sinken der Studentzahlen insgesamt oder gar die sofortige Beendigung der Überfüllung. Aber diese Trendwende wird Auswirkungen auf die derzeit anstehenden politischen und universitären Entscheidungen zur künftigen Gestalt der Universität haben und verdient deshalb eine genaue Analyse. Mit den folgenden Statistiken, Prognosen und Bewertungen wollen wir zu dieser Analyse beitragen und zur Diskussion anregen.

1.1 Etwas Statistik

Der „*Pillenknick*“ ereignete sich in Baden-Württemberg im Jahre 1966: die Geburtenzahlen sanken von 100% im Jahre 1966 bis auf 60% im Jahre 1975. Nach den Angaben des Statistischen Landesamtes Stuttgart ergibt sich dabei folgende Verlaufskurve:

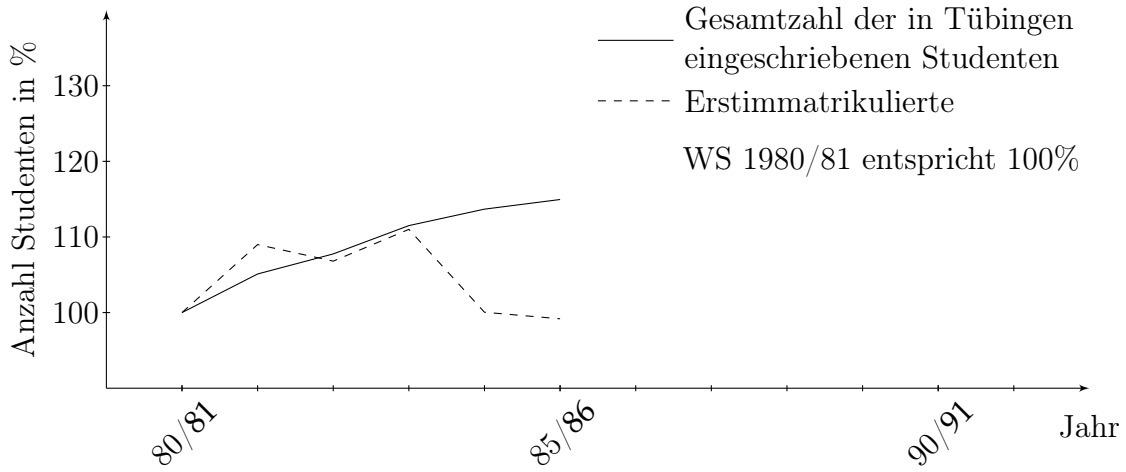
Geburtenzahlen für Baden-Württemberg von 1960–1975



Jahr	60	61	62	63	64	65	**66**	67
absolut ×1000	145	152	154	159	161	159	**161**	156
in %	90	95	96	99	100	99	**100**	97

Jahr	68	69	70	71	72	73	74	75
absolut ×1000	148	140	128	124	113	103	102	97
in %	92	87	80	77	70	64	64	60

Bei konstanter Studierwilligkeit der Jugendlichen und unter der Annahme, daß die Studenten im Schnitt im Alter von 20 Jahren an die Universität kommen, müßten die Erstsemesterzahlen in ihrem qualitativen Verlauf (mit einer Phasenverschiebung von 20 Jahren) den Geburtenzahlen entsprechen, d.h. bis zum Wintersemester 1986/87 ansteigen und erst danach abfallen. Aus der Studentenstatistik der Unversität Tübingen vom Wintersemester 80/81 bis zum Wintersemester 85/86 ergibt sich allerdings ein anderes Bild.



	WS 80/81	WS 81/82	WS 82/83
Studenten insgesamt	20.586	21.637	22.183
Erstimmatrikulierte	2.190	2.387	2.339

	WS 83/84	WS 84/85	WS 85/86
Studenten insgesamt	22.954	23.402	23.664
Erstimmatrikulierte	2.431	2.191	2.172

Das Phänomen ansteigender Gesamtzahlen bei rückläufigen Anfängerzahlen beruht im wesentlichen auf der Verlängerung der Studiendauer, was hier aber nicht genauer untersucht werden soll. Dafür zeigen wir im Anhang anhand der Verlaufszahlen für die einzelnen Fakultäten, daß es je nach Fach bzw. Fakultät erhebliche Abweichungen von dem für die Gesamtuniversität typischen Verlauft *„steigende Gesamtzahl, fallende Anfängerzahl“* geben kann Die dort verwendeten Zahlen stammen aus der Studentenstatistik der Zentralen Verwaltung, wobei jeder Student nur als Studierender seines 1. Studienfaches (das ist in der Regel das Fach, in dem die Abschlußarbeit geschrieben wird) gezählt wird.

1.2 Versuch einer Prognose

Angesichts der sich ständig und schnell ändernden politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen sind Prognosen schwierig und stets umstritten. Dennoch lassen die vorliegenden Zahlen unserer Meinung nach einen Trend erkennen, der in den 90-er Jahren zu einer drastischen Reduzierung der Studentenzahlen führen wird. Ein Vergleich der Geburtenzahlen im Lande Baden-Württemberg mit der Zahl der sich 20 Jahre später in Tübingen Immatrikulierenden (*„Studierquote“*) macht dies deutlich:

Jahr	**Geburten in Baden-Württemberg**	**Studienanfänger in Tübingen**	**Jahr**	**Studierquote**
1960	145.353	2.190	1980	1,50%
1961	152.487	2.387	1981	1,56%
1962	154.047	2.339	1982	1,52%
1963	158.750	2.431	1983	1,53%
1964	160.988	2.191	1984	1,36%
1965	158.742	2.172	1985	1,37%
1966	160.802	?	1986	?
1970	128.212	?	1990	?
1975	97.019	?	1995	?

Geht man davon aus, daß in den kommenden Jahren die Studierquote wie etwa zwischen 1980 und 1983 bei 1,5% liegt, so erhält man für

1990	1.923	Anfänger in Tübingen.
1995	1.455	

Unter der (sicher unrealistischen) Annahme, daß sonst keine wesentlichen Veränderungen des Studierverhaltens (z.B. der Verweildauer) der Studenten eintritt, und daß wie bisher die Zahl der Erstsemester etwa 10% der Gesamtstudentenzahl beträgt, ergibt sich unsere

Erste Prognose: *An der Universität Tübingen werden im Jahre 1990 etwa 19.000 und im Jahre 1995 etwa 15.000 Studenten immatrikuliert sein.*

Allerdings deutet die obige Tabelle auf ein generelles Absinken der Studierquote (1981: 1,56% bzw. 1985: 1,37%) hin. Da ein solches Verhalten (*„Lehre statt Studium“*) auch durch eine Reihe anderer Untersuchungen und Beobachtungen bestätigt wird, ist es wohl realistischer, für die Zukunft von einer niedrigeren Studierquote auszugehen. So erhält man z.B. bei einer Studierquote von 1,3% für

1990	1.667	Anfänger in Tübingen.
1995	1.271	

Dies erlaubt, unter den oben gemachten Vorbehalten, eine

Zweite Prognose: *An der Universität Tübingen werden im Jahre 1990 etwa 17.000 und im Jahre 1995 etwa 13.000 Studenten immatrikuliert sein.*

Der dieser Prognose zugrunde liegende und seit dem Wintersemester 1984/85 eingetretene Rückgang der Studierquote von 1,5% auf 1,3% vollzog sich auf der Basis noch steigender Abiturientenzahlen und ist im wesentlichen durch die Alternative *„Lehre statt Studium“* zu erklären. Die vom Statistischen Landesamt Stuttgart zur Verfügung gestellten Schülerverlaufszahlen an den baden-württembergischen Gymnasien machen aber deutlich, daß seit etwa 2 Jahren in **allen** Alterstufen die Schulausbildung häufiger frühzeitig abgebrochen wird. Ein Beispiel soll die verdeutlichen.

Von 100 Schülern in Klasse 5 des Gymnasiums besuchten (nach 6 Jahren) die Klasse 11:

Jahr	1980	1981	1982	1983	1984
Schüler in Klasse 11	78	81	85	78	76

Dies zeigt, daß Schüler (und ihre Eltern) vermehrt Bildungsentscheidungen gegen eine weiterführende Schulausbildung und (vermutlich) für einen konkreten Ausbildungsplatz treffen. Daß dies in den folgenden Jahren zu einem überproportionalen Absinken der Abiturientenzahlen (und damit der Studienanfänger) führen wird, ist evident. Wie sich die Überlagerungen solcher Trends dann auf die Universität und ihre Studentenzahlen auswirken wird, soll aber nicht in einer weiteren Prognose quantifiziert werden.

1.3 Bewertung

Aus vielen Gründen sind die hier vorgelegten Prognosen mit großer Vorsicht zu behandeln:

- sie beruhen auf wenigen Daten,

- lassen mögliche drastische Veränderungen der politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen außer acht, und
- berücksichtigen nicht eventuelle Gegentrends (z.B. wegen *„Akademikermangel“*), unterschiedliche Attraktivität der Hochschulen und weitere wichtige Parameter.

Dennoch ist wohl unstrittig, daß die Studentenzahlen an allen Universitäten und in fast allen Fächern stark sinken werden. Dies wird von vielen Hochschulangehörigen als eine Rückkehr zur Normalität begrüßt werden, den Politikern könnte dieser Rückgang aber Argumente für neue Stellenstreichungen und Mittelkürzungen liefern. Doch auch ohne solche Eingriffe von außen wird eine Reduzierung der Tübinger Studentenzahlen von 24.000 auf etwa die Hälfte die Universität und die Stadt von erhebliche Probleme stellen.

Viel bedrohlicher für die Universität als dieser quantitative Rückgang erscheint uns allerdings die qualitative Veränderung, die sich hinter den oben angeführten Statistiken verbirgt:

Der schon eingetretene und in großem Ausmaß bevorstehende Rückgang der Studentenzahlen beruht – neben dem Geburtenrückgang – auf einer Vielzahl gegen die Universität und gegen ein wissenschaftliches Studium gerichteten Bildungsentscheidungen der betroffenen Jugendlichen: Realschule statt Gymnasium, Lehre statt Abitur, Berufsakademie oder Fachhochschule statt Universität.

Im Prizip ist natürlich gegen solche Präferenzen, die für viele eine gute Ausbildung und einen sicheren Arbeitsplatz bedeuten, nichts einzuwenden. Daß aber gute Schüler, Kinder aus sozial schwachen Elternhäusern und schließlich Frauen vermehrt diese Alternativen bevorzugen, beweist, daß bei solchen Entscheidungen nicht Begabung und Interesse, sondern vor allem materielle und soziale Gesichtspunkte eine Rolle spielen. Wer mit guten Zeugnissen einen Lehrvertrag erhalten kann, verzichtet oft schnell auf das Risiko einer längeren Schul- und Universitätsausbildung. Bleiben für das Universitätsstudium dann diejenigen, die es sich leisten können oder nichts *„Besseres“* finden? Verständlich sind solche Reaktionen der potentiellen Studenten aus mehreren Gründen:

1. Bei Studienbeginn erscheint die Universität durch eine Vielzahl von Numerus Clausus- und Zulassungsverfahren blockiert. So gibt es hier in Tübingen circa 40 zulassungsbeschränkte Studiengänge mit teilweise unsinnigen oder zumindestens undurchsichtigen Aufnahmeverfahren.
2. Das akademische Studium selbst, unstrukturiert mit oft unverständlichen Inhalten und von ungewisser Dauer, schreckt in Zeiten sozialer und psychischer Verunsicherung ab, vor allem weil
3. am Studienende das viel beschriebene Gespenst der *„Akademikerarbeitslosigkeit“* droht.

Für eine wissenschaftliche Hochschule und ein wissenschaftliches Studium wird ein Ausleseverfahren, das auf dem oben geschilderten Erscheinungsbild der Universität beruht, verhängnisvoll werden. Die Universität muß wieder für begabte, fleißige und an wissenschaftlicher Arbeit interessierte Schüler attraktiv werden. Deshalb sind Umdenken und Neuorientierung in einer Reihe von hochschulpolitischen Fragen erforderlich. So sollte unserer Meinung nach

1. der Numerus Clausus sofort in allen Fächern (außer Medizin u.ä.) aufgehoben werden, ehe er durch Wegbleiben der Studenten von sich aus obsolet wird,
2. die Universität sich vermehrt um Studienreform, Einrichtung neuer Studiengänge und verbesserter Schülerinformation über Studienmöglichkeiten bemühen, und es sollte
3. dem Schreckgespenst *„Akademikerarbeitslosigkeit“* durch solide Aufklärung, vermehrte Praxiskontakte und ein Angebot an berufsorientierten Studiengängen begegnet werden.

Epilog (Juli 2016)

Die reale Entwicklung widerlegte alle unsere Prognosen. Hier die tatsächlichen Zahlen (Anfängerzahlen in Klammern):

	1. Prognose	**2. Prognose**	**tatsächlich**
Wintersemester 1990/91	19.000 (1.923)	17.000 (1.667)	25.500 (2.900)
Wintersemester 1995/96	15.000 (1.455)	13.000 (1.271)	25.200 (2.360)

Ich selbst habe seither viel mehr Verständnis für Fehlplanungen der Politik und Verwaltung und bin glücklich, nur Mathematiker sein zu dürfen.

Ursprung und Schicksal des Universums

Annachiara Piubello, Sita Siewert

2.1 Geschichte

Das Schicksal des Universums hat die Menschheit schon immer beschäftigt. Ein frühes Modell wurde von den Griechen entwickelt und geht auf Aristoteles um 340 v. Chr. zurück. Er postulierte, die Erde sei rund und stützte sich dabei auf folgende Beobachtungen:

- Der Polarstern erscheint im Süden tiefer am Himmel als in nördlichen Regionen.
- Man sieht immer zuerst die Segel eines nahenden Schiffes am Horizont.

- Der Schatten, den die Erde bei einer Mondfinsternis auf den Mond wirft, ist immer rund.

Es war PTOLEMÄUS, der im zweiten Jahrhundert n. Chr. die Erkenntnisse zu einem kosmologischen Modell zusammenfasste. Dieses Modell beschreibt ein Universum mit der Erde im Zentrum, umgeben von der Sonne, dem Mond und den fünf Planeten: Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn. Diese bewegen sich auf konzentrischen Sphären um die Erde. Außerhalb befindet sich die Sphäre der Fixsterne, die sich ebenfalls um die Erde bewegt. Eine Unzulänglichkeit dieses Modells ist die Ungenauigkeit der Prognose: Um beispielsweise die Positionen von Planeten korrekt vorherzusagen, muss angenommen werden, dass der Mond manchmal zweimal so nah an der Erde sei wie sonst. Dies widerspricht den Beobachtungen. Trotzdem wurde dieses Weltbild allgemein akzeptiert, da es genug Raum für Himmel und Hölle ließ und den Menschen in das Zentrum des Universums stellte.

Es dauerte mehr als tausend Jahre, bis in Europa ein Durchbruch in der Astronomie erzielt werden konnte. 1514 kam NIKOLAUS KOPERNIKUS, ein polnischer Priester, zu der Erkenntnisse, die Sonne müsse im Mittelpunkt des Universums stehen. Etwa ein Jahrhundert später vertraten auch JOHANNES KEPLER und GALILEO GALILEI dieses heliozentrische Weltbild. Sie entwickelten es weiter, wobei nun von elliptischen Bahnen ausgegangen wurde. Galilei stoß dabei auf großen Widerstand der Kirche und musste in einem Prozess öffentlich von seiner Theorie abschwören. Der Legende nach soll er am Ende des Prozesses gesagt haben: „E pur si muove" – „Sie bewegt sich doch." Warum war er so überzeugt? GALILEI untersuchte im Jahre 1609 den Nachthimmel mit dem Teleskop, das zu der Zeit erfunden worden war: Er stellte fest, dass der Jupiter von Satelliten umkreist wurde. Diese Beobachtung machte das geozentrische Weltbild sehr unwahrscheinlich. Indem KEPLER elliptische Umlaufbahnen einführte, stimmten Vorhersagen und Beobachtungen gut überein.

Nun stellte sich die Frage: Warum umkreisen die Planeten die Sonne? Es war SIR ISAAC NEWTON, der 1687 eine Antwort auf die Frage fand. In seinem berühmten Werk „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" stellte er eine Theorie vor, die erklärt, wie sich Körper in Raum und Zeit bewegen. Er formulierte dazu das Gravitationsgesetz: Jeder Massepunkt wirkt anziehend auf jeden anderen Massepunkt. Die Kraft ist proportional zum Produkt der beiden Massen und umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands.

Etwas blieb ungeklärt: Wieso kollabiert das Universum nicht? Eine überzeugende Erklärung lieferte EDWIN HUBBLE im Jahr 1924. Mit Hilfe eines neuen Teleskops stellte er die sogenannte Rotverschiebung fest. Daraus leitete er ab, dass sich alles von der Erde entfernt. Das Universum expandiert. Führt dies zurück zum geozentrischen Weltbild? Nein! Dazu kann man sich einen Luftballon als Sinnbild des Universums vorstellen: Punkte auf diesem Ballon sollen Sterne repräsentieren. Dehnt sich der Luftballon aus, so entfernen sich alle Punkte voneinander, die Erde ist nicht im Zentrum.

Diese Expansion wurde bereits neun Jahre zuvor durch ALBERT EINSTEIN in der Allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagt. Aus seinen Gleichungen ging hervor, dass das Universum expandiert. Doch EINSTEIN konnte nicht daran glauben. Er korrigierte die Gleichungen, um den Effekt zu verhindern. Nach den Beobachtungen von HUBBLE musste er einsehen, dass diese Korrektur nicht nötig war.

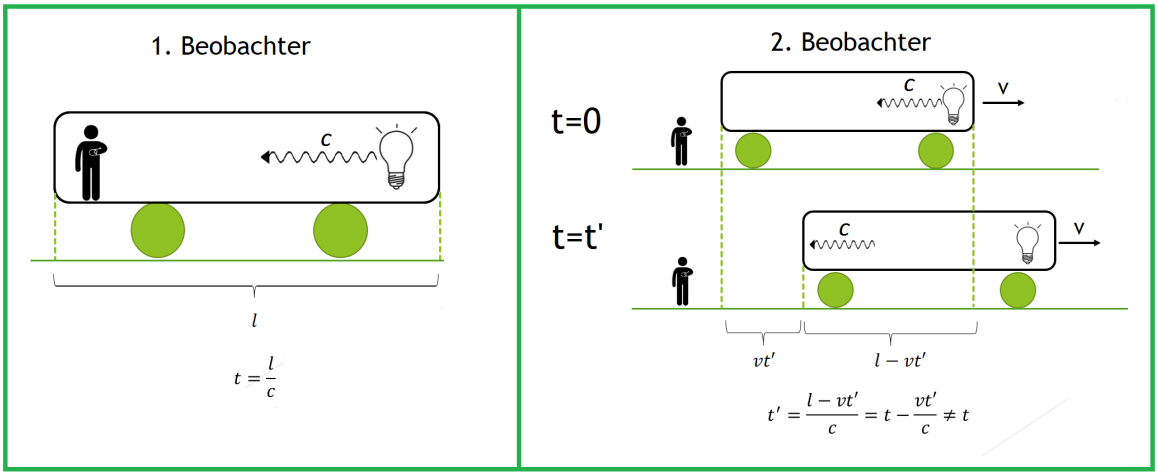


Abbildung 2.1: Gedankenexperiment

2.2 Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie

Die von Einstein eingeführte Spezielle Relativitätstheorie beruht auf zwei Annahmen:

1. Die Gesetze der Physik sind in jedem Bezugssystem gleich.
2. Die Lichtsgeschwindigkeit c ist in jedem Bezugssystem gleich.

Das zweite Gesetz wurde durch das Michelson-Morley-Experiment bestätigt. Die überraschende Konsequenz: Zeit ist relativ! Deutlich wird das in folgendem Gedankenexperiment.

Stellen wir uns einen Zug vor, der sich mit konstanter Geschwindigkeit v nach rechts bewegt. In der klassischen Mechanik ist klar: Es macht keinen Unterschied für die Objekte im Zug, ob sich der Zug bewegt oder nicht. Betrachten wir beispielsweise ein Spielzeugauto, das sich am rechten Ende des Zuges befindet. Das Auto bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit u nach links. Nun macht es keinen Unterschied, ob im Inneren des Zuges gemessen wird oder von außerhalb: Beide Betrachter messen die gleiche Zeit, die das Auto braucht, um das linke Zugende zu erreichen.

Anders stellt sich die Situation dar, wenn wir die Zeit messen wollen, die ein Lichtstrahl braucht, um von einem Zugende zum anderen zu gelangen, vgl. Abbildung 2.1. Der Zug hat die Länge l. Auch in diesem Fall bewegt sich der Zug mit konstanter Geschwindigkeit v nach rechts. Ein Beobachter im Zug misst die Zeit $t = \frac{l}{c}$, die ein Lichtstrahl braucht um vom rechten Ende des Zuges zum linken zu gelangen. Aus Sicht des Beobachters außerhalb des Zuges muss der Lichtstrahl nun eine kürzere Strecke zurücklegen, da sich der Zug in entgegengesetzte Richtung bewegt wie der Lichtstrahl. Die Lichtgeschwindigkeit bleibt jedoch konstant! Ein Beobachter außerhalb des Zuges misst somit die kürzere Zeit $t' = \frac{l-vt'}{c} = t - \frac{vt'}{c} \neq t$. Die beiden Beobachter messen unterschiedliche Zeiten! Zeit ist relativ.

Die Relativität der Zeit führte zu einem neuen Konzept: Raumzeit. Diese ist eine vier-dimensionale Struktur, in der Raum und Zeit gekoppelt sind. Die Theorie war aber nicht vollständig, da die Effekte der Gravitation so nicht erklärt werden konnten. Einstein brauchte zehn Jahren um diesen Makel zu beseitigen. Er schaffte es 1915

mit der Allgemeinen Relativitätstheorie, in der er die Gravitation neu interpretierte. Bisher war die Gravitationskraft nach NEWTON eine ominöse Kraft, die dafür sorgt, dass Gegenstände sich anziehen. Nun wird die Gravitation zu einer Eigenschaft der Raumzeit. Durch EINSTEINS berühmte Gleichung

$$E = mc^2$$

zeigte er, dass Energie und Masse äquivalent sind. Er forderte, dass es Masse bzw. Energie ist, die die Raumzeit krümmt.

Um das zu verstehen, kann man sich eine Decke vorstellen, die das Universum repräsentiert. Wird eine Kugel auf das Tuch gelegt, so entsteht eine Mulde. Eine zweite Kugel, die sich auf dem Tuch geradeaus bewegt, kann diesen Effekt spüren und kann so von ihrer Bahn abgelenkt werden oder sogar mit der ersten Kugel zusammenstoßen. Diese Bahnen heißen Geodäten. Um diesen Effekt mathematisch zu beschreiben, entwickelte EINSTEIN seine Feldgleichung

$$\mathrm{R}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\mathrm{R}g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}.$$

Die linke Seite enthält dabei die Informationen über die Geometrie der Raumzeit: $\mathrm{R}_{\mu\nu}$ und R sind Krümmungen, $g_{\mu\nu}$ ist die Metrik. Letztere ist der Schlüssel zum Verständnis der Geometrie. Auf der rechten Seite befinden sich die physikalischen Angaben, die es zu untersuchen gilt. Wenn man Annahmen an das Universum macht, kann man eine Metrik definieren und versuchen, die Gleichung zu lösen. FRIEDMANN, LEMAÎTRE, ROBERTSON und WALKER konstruierten eine mögliche Metrik, die sich auf zwei Annahmen stützt: Isotropie und Homogenität. Homogenität bedeutet „Gleichheit einer physikalischen Eigenschaft über die gesamte Ausdehnung eines Systems". Isotropie ist die Unabhängigkeit einer Eigenschaft von der Richtung. Damit haben sie eine Lösung der Feldgleichung gefunden, die die Entwicklung unseres Universums beschreiben kann. Außerdem findet man eine Singularität in der Vergangenheit, die man mit dem Big Bang interpretieren kann. Die Lösung hängt von einem Parameter ab und liefert somit drei mögliche Beschreibungen der Zukunft:

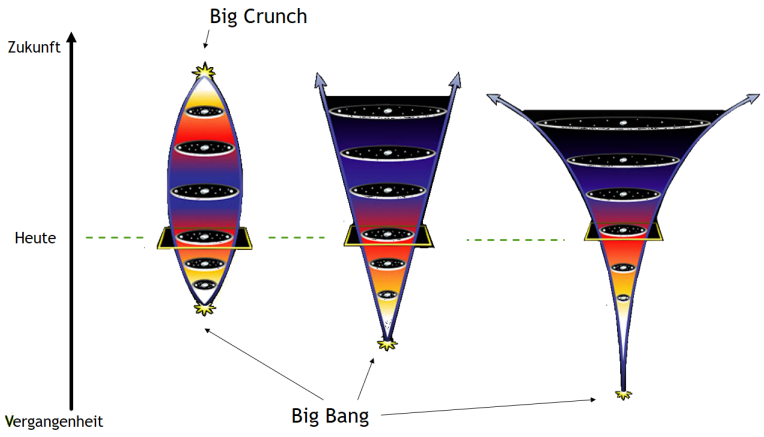


Abbildung 2.2: Lösungen der Feldgleichung

Die erste Lösung besitzt auch in der Zukunft eine Singularität, die man mit einem Kollaps, Big Crunch, erklären kann, siehe linkes Bild in Abbildung 2. Das mittlere Bild zeigt eine Expansion mit konstanter Geschwindigkeit, das rechte zeigt eine beschleunigte Expansion.

2.3 Fazit

Wir haben hier nur eine mögliche Lösung der Feldgleichung vorgestellt. Wählt man eine andere Metrik mit ähnlich sinnvollen (oder sogar sinnvolleren?!) Annahmen an das Universum, so kann man auch beliebig andere Lösungen erhalten. Ob eine Metrik sinnvoll ist oder nicht, hängt natürlich davon ab, welche Beobachtungen gemacht werden. Wählen wir eine andere Metrik, so kann die Zukunftsprognose auch eine völlig andere sein.

Literatur

[Ein75] Einstein, Albert: *Come io vedo il mondo - La teoria della relatività*. Newton Compton editori, 1975.

[Haw88] Hawking, Stephen: *A brief history of time*. Bantam books, 1988.

[Haw01] Hawking, Stephen: *The universe in a nutshell*. Bantam books, 2001.

[Hui15] Huisken, Gerhard: *Allgemeine Relativitätstheorie*. Vorlesung, Universität Tübingen, SS 2015.

[NAS99] NASA press release: *Possible models of the expanding universe*, 1999.

Wenn der Hahn kräht auf dem Mist,...

Von den Bauernregeln bis zur computergesteuerten Wettervorhersage

Matthias Nowara

3.1 Bauernregeln[1]

3.1.1 Geschichte

Methoden, das Wetter vorherzusagen, gibt es seit der Mensch sesshaft geworden ist. Solche „Bauernregeln“ fußten auf Beobachtungen, wie zum Beispiel Morgenrot, Abendrot oder tanzende Mücken. Die ältesten Zeugnisse stammen aus dem Zweistromland von vor knapp 6000 Jahren. Eine Regel von dort lautet: „Wenn ein Ring die Sonne umgibt, wird Regen fallen“.

In Europa erregte 1508 eine sechs Seiten dünne Schrift mit dem Titel „Des Pauren Pracktick unnd regel“, welche von einem anonymen Verfasser in Augsburg verfasst und veröffentlicht wurde, großes Aufsehen. Besonders attraktiv war darin ein Versprechen einer ganzjährigen Wettervorhersage. Die zwölf Nächte zwischen Heiligabend und Dreikönig, die sogenannten Rauhnächte, verraten angeblich das Wetter in den entsprechenden Monaten.

3.1.2 Bedeutung

Für die Bauern war das Wetter entscheidend um zu überleben. Sie mussten wissen, wann sie ihre Saat einsäen müssen. Deshalb war es für den Bauern unverzichtbar, den Himmel und das Wetter zu beobachten und Wettervorhersagen zu treffen. Aufgrund ihrer Beobachtungen fanden sie Regelmäßigkeiten, welche dann „Bauernregeln“ genannt wurden. Um sie sich besser merken zu können, wurden sie oft in Reimform verfasst. Ein Beispiel: *„Ist der Mai kühl und nass, füllt's dem Bauern Scheun und Fass.”* Die vielleicht bekanntesten Bauernregeln sind der Siebenschläfertag, die Schafskälte oder die Eisheiligen.

[1] Das Kapitel über die Bauernregeln basiert auf [May98].

3.1.3 Gregorianische Kalenderreform

Ein Problem stellte die im Jahre 1582 angeordnete Kalenderreform Papst GREGORS XIII dar. Er veranlasste, dass nach dem 4. gleich der 15. Oktober kam. Es wurden also 10 Tage aus dem Kalender gestrichen. Für die Bauernregeln spielte dies eine Rolle, da die meisten aus dem 13. und 14. Jahrhundert stammen. Man musste sozusagen nun 10 Tage hinzunehmen, um beim richtigen Tag zu sein. Für die Bauern war dies ein Problem, da ihre Bauernregel plötzlich nicht mehr gestimmt haben. Die Regel *„St. Gregor (12. 3.) zeigt den Bauern an, dass im Feld er säen kann."* zeigt diese Problematik eindrücklich. Nach der alten Zeitrechnung gemessen war dieser Tag nun der 2.3.

3.1.4 Typen von Bauernregeln

Es gibt unterschiedliche Typen von Bauernregeln.

1. Witterungsvorhersagen anhand bestimmter Lostage oder Monate:
   „Wie das Wetter zu Vinzenz (22. 1.) war, wird es sein das ganze Jahr."
   „Bringt der Juli heiße Glut, gerät auch der September gut."

2. Hinweise auf Regelmäßigkeiten im Witterungsablauf, die oft an ganz bestimmten Tagen im Jahresverlauf festgemacht werden:
   „St.Kunigund (4. 3.) macht warm von unt."

3. Anleitungen von Wetterbeobachtungen und Kurzzeitprognosen:
   „Auf gut Wetter vertrau, beginnt der Tag nebelgrau."

4. Vorhersagen für die Ernte an der Monatswitterung oder an Lostagen festgemacht:
   „St.Eulalia (12. 2.) Sonnenschein bringt viel Obst und guten Wein."

Bauernregeln geben auch Anleitungen fürs Arbeiten oder sind Sprichwörter, die sich mit dem Alltag und dem Leben beschäftigen: *„Gertrud (17. 3.) sät's Kraut."* oder *„Wer nur auf den Wind achtet, der säet nicht - wer nur auf die Wolken sieht, der erntet nicht."*

3.1.5 Bauernregeln, alles nur Humbug?

Bauernregeln genießen einen eher zweifelhaften Ruf. Dies ist nicht ganz gerechtfertigt, denn es gibt auch solche, die überraschend gut eintreffen. Um die Gültigkeit zu überprüfen, reicht es nicht nur, das Wetter an einem einzigen Tag anzuschauen. Hier ist es richtiger, die gesamte Wetterlage zu betrachten. Darüberhinaus sind sie an bestimmten Orten entstanden und gelten dementsprechend auch nur dort. Bauernregeln, die mit einer 2/3 Wahrscheinlichkeit eintreten, sind zum Beispiel: *„Ist der Januar hell und weiß, wird der Sommer sicher heiß."* oder *„Hält St.Rupert (28. 3) den Himmel rein, so wird es auch im Juli sein"*. Noch zuverlässiger ist die Prognose *„Ist bis Dreikönigstag kein Winter, so kommt auch keiner mehr dahinter"*. Dies stimmt in 8 von 10 Fällen.

3.1.6 Siebenschläfertag[2]

Einer der bekanntesten Bauernregeln ist der Siebenschläfertag, der 27. 6., zu dem es mehrere Bauernregeln, wie zum Beispiel, *„Das Wetter am Siebenschläfertag sieben Wochen bleiben mag.“* oder *„Wenn die Siebenschläfer Regen kochen, so regnet's sieben ganze Wochen.“* Zunächst scheint diese Regel wenig Sinn zu machen. Aber man konnte herausfinden, dass sie bezogen auf die erste Juliwoche in Süddeutschland zu 60-70 Prozent eintrifft und in München sogar zu 80 Prozent. Dies hängt damit zusammen, dass sich die Großwetterlage häufig zu dieser Zeit einstellt und die Wetterlage somit eine gewissen Zeit recht stabil bleibt.

3.1.7 Eisheilige

Eine Bauernregel, welche auch in der Bevölkerung einen hohen Anklang findet, sind die Eisheiligen. Eine Variante davon lautet *„Pankraz, Servaz, Bonifazi sind drei frostige Bazi, und zum Schluß fehlet nie die kalte Sophie“*. Diese bezieht sich auf den Zeitraum 12.-15. Mai. Untersuchungen haben zwar gezeigt, dass es ab und zu Phasen in der Vergangenheit gab, in der die Regel eingetroffen ist, aber man konnte keine Häufung von kalten Wetterlagen zur Zeit der Eisheiligen finden. Meiner Meinung nach haben die Eisheiligen trotzdem ihre Daseinsberechtigung, da ihr eigentlich Sinn darin besteht, aufmerksam zu machen, dass es im Mai noch zu Nachtfrösten kommen kann und man nicht vor der kalten Sophie frostempfindliche Pflanzen nach draußen stellen sollte.

3.1.8 Verballhornungen

Darüberhinaus gibt es noch unzählige Verballhornungen von Bauernregeln wie *„Wenn der Hahn kräht auf dem Mist, ändert sich das Wetter, oder es bleibt, wie's ist.“* oder *„Steht am Waldrand ein Reaktor, fällt der Bauer tot vom Traktor.“* [Baua] Wer noch weitere Bauernregeln lesen will, kann die Seite `http://www.bauernregeln.net` durchstöbern.

3.2 Erste Versuche numerischer Wettervorhersage

Die Idee einer numerischen Wettervorhersage (NWP) kam am Anfang des 20. Jahrhunderts durch Vilhelm Bjerknes auf. Er wollte 1904 eine Wettervorhersage auf der Grundlage von sieben physikalischen Gleichungen berechnen. Dies waren die 3 hydrodynamischen Bewegungsgleichungen, die Kontinuitätsgleichung, die Zustandsgleichung der atmosphärischen Luft und die 2 Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie [Dre]. Leider wusste er weder, wie man die Berechnung praktisch durchführen kann, noch waren zu dieser Zeit Messdaten aus höheren Atmosphärenschichten verfügbar, die dafür notwendig gewesen wären.

Als praktikabler erwiesen sich aber die Theorien, die unter seiner Leitung an der Universität in Bergen aufgestellt wurden. Wetterkarten waren zu dieser Zeit

[2] Basiert auf [Siea].

reine Isobarenkarten und enthielten neben Wettermeldungen nur die Linien gleichen Luftdrucks. Die Forscher entwickelten die Vorstellungen von Luftmassen und Fronten, sowie deren Entstehung und Entwicklung. Weiter beschrieben sie den Lebenslauf von Tiefdrucksystemen.[Bje]

LEWIS FRY RICHARDSON griff ca. 1914 die Idee von BJERKNES auf. Messdaten bekam er von der International Meteorological Organization, welche an bestimmten Tagen im Jahr möglichst viele Wetterballons aufsteigen ließ. Er pickte sich hier den 20. Mai 1910, 7 Uhr Greenwich Mean Time heraus. Sein Ziel war es, eine 6 Stunden Vorhersage zu berechnen. Hierzu vereinfachte er die Gleichungen von BJERKNES, teilte Europa in Kästchen mit einer Seitenlänge von 200km ein und unterteilte die Atmosphäre in Schichten mit Grenzen in 2,0km, 4,2km, 7,2km und 10,8km Höhe. Desweiteren versuchte er, Phänomene wie Turbulenzen mit einzuberechnen. Für zwei solcher Kästchen berechnete er das Wetter. Er brauchte für die Berechnung 2 Jahre und das Ergebnis, welches er schließlich bekam, war falsch und unrealistisch. Er selber hielt seinen Ansatz für richtig und war der Meinung, dass mit 64000 Rechnern (damit meinte er damals noch Menschen) eine praktikable Wettervorhersage trotzdem möglich sei. Dennoch hat man diese Idee zunächst einmal nicht weiter verfolgt.[Ric]

Erst durch JOHN VON NEUMAN kam die Idee wieder auf. Die erste computergestützte Wettervorhersage wurde mit dem *Electronic Numerical Integrator and Computer* (ENIAC) aus den USA 1950 erbracht, und die erste für den praktischen Gebrauch benutzbare Wettervorhersage wurde von der Rossby Gruppe in Schweden 1954 berechnet. Von da an kam es immer wieder zu Verbesserungen, so dass mittlerweile eine ziemlich genaue Wettervorhersage für ein paar Tage möglich ist.[Weta]

3.3 Heutige Wettervorhersage

Heutige numerische Wettervorhersagen basieren immer noch auf einem System partieller Differentialgleichungen. Dazu braucht man zunächst einmal Messdaten, dann ein passendes System partieller Differentialgleichungen, dann ein geeignetes Verfahren um die Differentialgleichungen zu lösen, und letztendlich werden die berechneten Ergebnisse noch verifiziert.[3]

3.3.1 Messdaten

Für eine Wettervorhersage wird der Bodendruck, die Temperatur, die Windgeschwindigkeit, die Windrichtung und die Luftfeuchtigkeit bestimmt. Diese werden direkt mit Hilfe von Wetterstationen der nationalen Wetterdienste, mit Bojen auf dem Meer und mit Wetterballons gemessen. Darüberhinaus misst ein Flugzeug beim Starten und beim Landen Wetterdaten. Desweiteren gibt es noch indirekte Messmethoden, beziehungsweise Fernerkundungsgeräte wie Satelliten und Radargeräte.

Hierbei kann es aber vorkommen, dass ein Messinstrument falsche Daten misst oder gar ausfällt. Aufgrund falscher Daten eines Wetterballons wurde der Orkan Lothar 1999 als viel zu schwach berechnet. Auch gibt es systematische Messfehler.

[3] Die Folgenden Kapitel basieren größtenteils auf [mod].

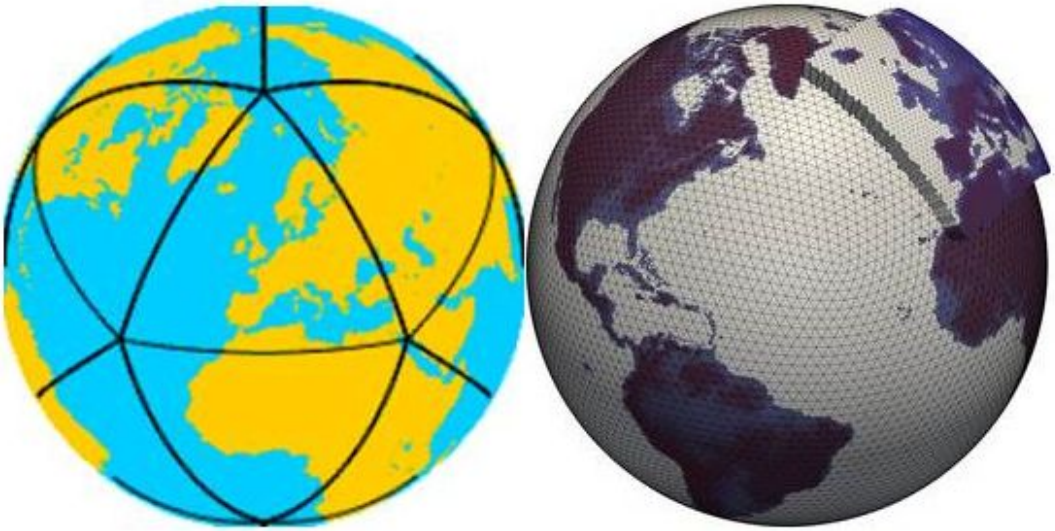


Abbildung 3.1: Ikosaeder Erde

Desweitern ist das Wetter ein chaotisches System. Jede kleinste Änderung kann am Ende große Auswirkungen haben (Schmetterlingseffekt). Ebenfalls problematisch ist, dass an einigen Stellen, an denen man eigentlich Daten bräuchte, diese fehlen. Auch wenn man annimmt, genug richtige Daten zu haben, kann man nicht einfach drauflos rechnen. Die Modelle, um ein halbwegs richtiges Ergebnis zu bekommen, verbrauchen soviel Rechenkapazität, dass kein Computer der Welt diese berechnen kann. Um dieses Problem zu beheben, verwendet man Diskretisierung.

3.3.2 Diskretisierung

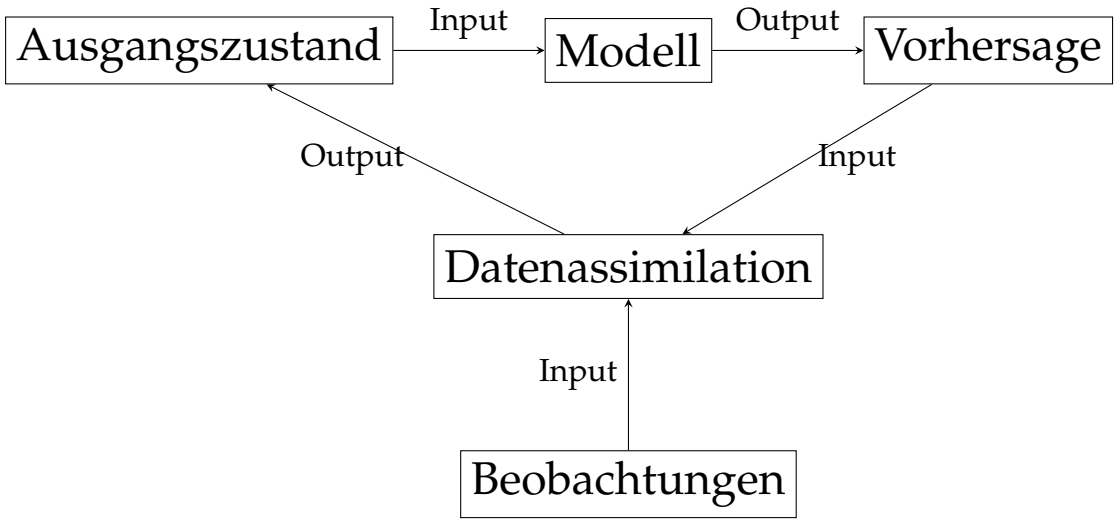
Diskretisierung wird benötigt, um Differentialgleichungen numerisch zu lösen. Dabei zerschneidet man, ähnlich wie es auch schon Richardson getan hat, die Luft vertikal und horizontal durch ein Gitternetz. Dann werden innerhalb dieser Kästchen die durchschnittlichen Wetterkenngrößen berechnet.

Auch mit bisherigen Rechenleistungen ist es nicht möglich für jeden Punkt das Wetter zu berechnen. Anhand der Größe der Kästchen kann man beeinflussen, wie genau die Wettervorhersage sein soll. Je kleiner so ein Kästchen, desto genauer die Vorhersage, aber desto höher auch der Rechenaufwand. Deswegen wird für eine Kurzvorhersage von einem Tag für Deutschland ein enges Gitter (1 bis 15km Maschenweite) innerhalb Europas benutzt, für eine Mittelfristvorhersage von einer Woche wird ein Gitter, welches die gesamte Erde umfasst mit einer Maschenweite von 10-50km, benötigt.

Probleme, die bei der Diskretisierung auftreten, sind, dass manche Phänomene, wie zum Beispiel Gewitter, zu klein für das Gitter sind und deshalb nicht berechnet werden. Um diese Probleme zu lösen, wird Parametrisierung benutzt. Ein Beispiel einer Diskretisierung sieht man anhand des Modells ICON (*icosahedral non-hydrostatic global circulation model*) in Abbildung 3.1. Dieses verwendet ein Ikosaeder mit einer Maschenweite von 13km und einem Oberrand von 75km.

3.3.3 Assimilation

Um bessere Wetterdaten zu bekommen, wird Assimilation verwendet. Das Ziel ist, einen möglichst guten Anfangszustand für die Prognoserechnung zu ermitteln. Dazu benutzt man eine große Fülle direkter und indirekter Messungen der Atmosphäre und Erdoberfläche, um in Kombination mit berechneten Modellzuständen einen in sich stimmigen Gesamtzustand der Atmosphäre und des Erdbodens zu ermitteln.



Hierzu gibt es Verfahren wie zum Beispiel 3D-Var, 4D-Var, Optimal Interpolation, Nudging, Kalman-Filter oder Ensemble-Datenassimilation (EDA) [Weta]. Dabei werden die Daten der Fernerkundungsgeräte in Modellvariablen transformiert. Die Daten der direkten Messmethoden müssen zeitlich und räumlich interpoliert werden, um den Gesamtzustand zu erhalten. Weiter müssen Fehlmessungen ausgesondert und systematische Messfehler korrigiert werden.

3.3.4 Weitere Fehlerursachen der Wettervorhersage

Bei der Berechnung der Wettervorhersage, insbesondere bei der Datenassimilation, kommen jedoch noch weitere Fehler vor. So kann das Modell ungenau sein, zum Beispiel bedingt durch unvollständige numerische Methoden oder durch ungenügendes Wissen über physikalische Prozesse.

Um diese Fehler zu beheben, wird am Ende jeder Vorhersage eine Verfikation durchgeführt und versucht, anhand der realen eingetroffenen Ereignisse, die Methoden rückwirkend zu verbessern.

3.3.5 Probabilistische Ensemblevorhersagen

EPSTEIN sagte 1969, dass es keine angemessene Beschreibung der Atmosphäre sei, nur einen einzigen Rechendurchlauf durchzuführen. Er führte eine Ansammlung von stochastischen Monte Carlo Simulationen durch, um Erwartungswert und Varianz für den Status der Atmosphäre zu bekommen. Aber erst Anfang der 90er

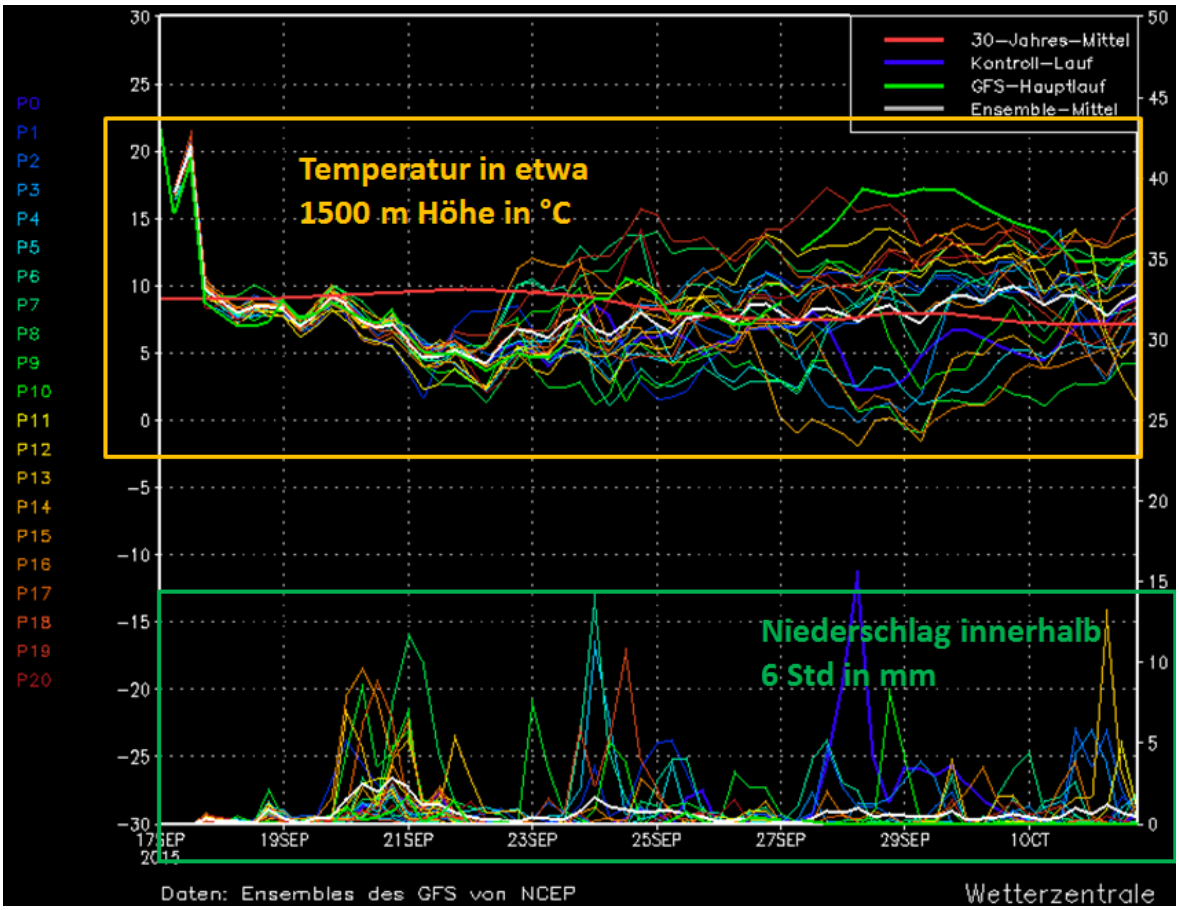


Abbildung 3.2: Ensemblevorhersage des GFS

Jahre fing man an, prognostische Wahrscheinlichkeitsverteilungen den einwertigen, deterministischen Punktvorhersagen vorzuziehen.

Dabei werden viele verschiedene Rechendurchläufe durchgeführt, welche sich hinsichtlich der Anfangsbedingungen und/oder der parametrisierten numerischen Darstellung der Atmosphäre unterscheiden. Der Lauf mit den exakten Daten wird der Hauptlauf genannt. Ab und zu gibt es auch einen Kontrolllauf, der ebenfalls die exakten Daten hat, aber eine geringere Auflösung besitzt. Die restlichen Läufe heißen Nebenläufe.

Beispiel für ein globales Ensemblemodell ist das *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) und für ein lokales das *COSMO-DE* des Deutschen Wetterdienstes. Die Veränderungen der Modellparameter können systematisch, wie beim ECMWF-Modell, oder zufällig, wie beim COSMO-DE, sein.

Ein Beispiel für solche Ensemblevorhersagen sieht man in Abbildung 3.2. Systematische und Dispersionsfehler sind aber in unbearbeiteten Ensemblevorhersagen enthalten. Hierzu muss man nachbearbeiten, zum Beispiel durch Ensemble Copula Coupling (ECC) oder die SimSchaake-Methode [Sch15].

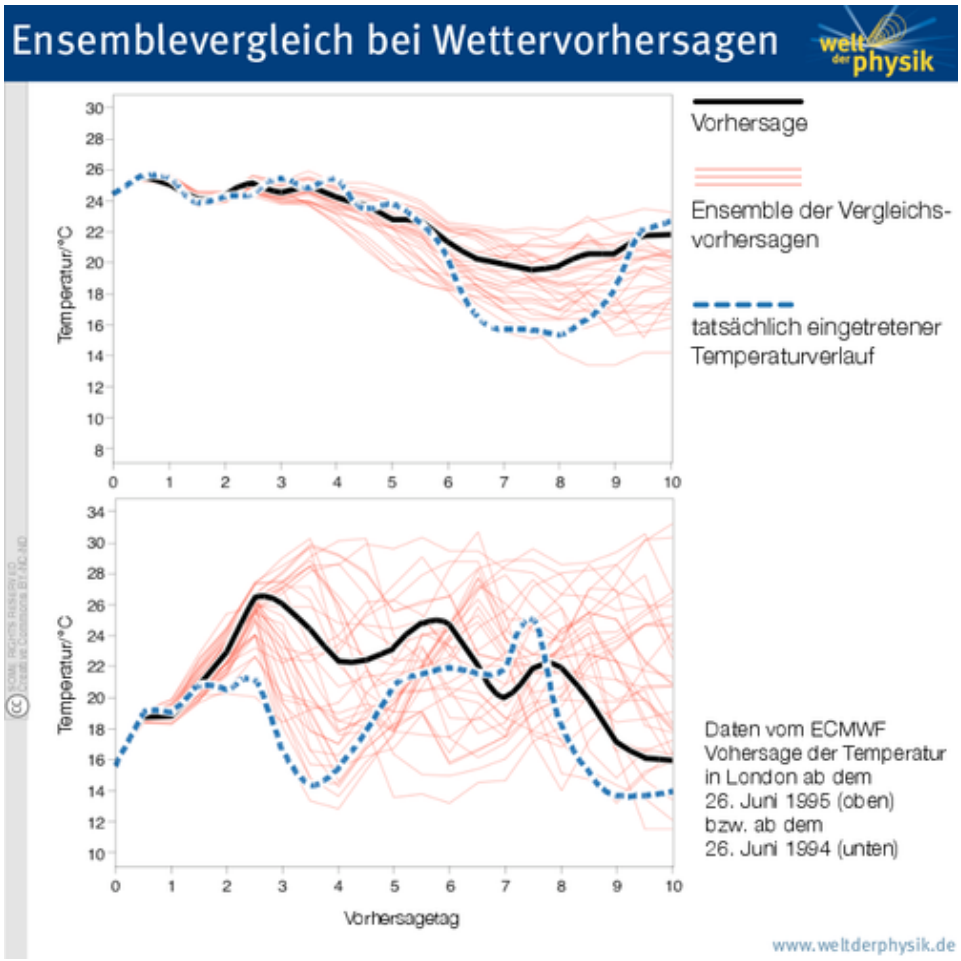


Abbildung 3.3: Vergleich Wirklichkeit Vorhersage [ECM], [Sch15]

3.3.6 European Centre for Medium-Range Weather Forecast

Das *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) wurde 1975 gegründet. Seine wichtigsten Ziele sind die Entwicklung numerischer Modelle mittelfristiger Wettervorhersagen und die Erstellung, Sammlung und Archivierung von Wetterdaten. Seit 1992 macht das ECMWF als eines der ersten Unternehmen Ensemblevorhersagen.

Auf Basis physikalischer Modelle werden 2 mal täglich mittelfristige und globale Vorhersagen berechnet. Die deterministischen Prognosen des *Integrated Forecast System* (IFS-Modells) werden für 10 Tage im voraus berechnet. Die Modellauflösung liegt bei ca. 16km.

Weiter wird 2 mal täglich, um 0 und um 12 Uhr mitteleuropäischer Zeit, eine Ensemblevorhersage mit 50 Läufen durchgeführt. Die veränderten Eingangsdaten werden hier zufällig durch Singulärvektoren berechnet, während die Modellungewissheiten durch stochastisch gestörte Parametertendenzen repräsentiert werden. Desweiteren benutzt das ECMWF-Modell einen sogenannten Kontrolllauf, einen hervorgehobenen Lauf einer numerischen Wettervorhersage außerhalb der 50 Läufe.

In Abbildung 3.3 sieht man eine Ensemblevorhersage und das Ergebnis, wie die Temperatur wirklich eingetreten ist [Ens].

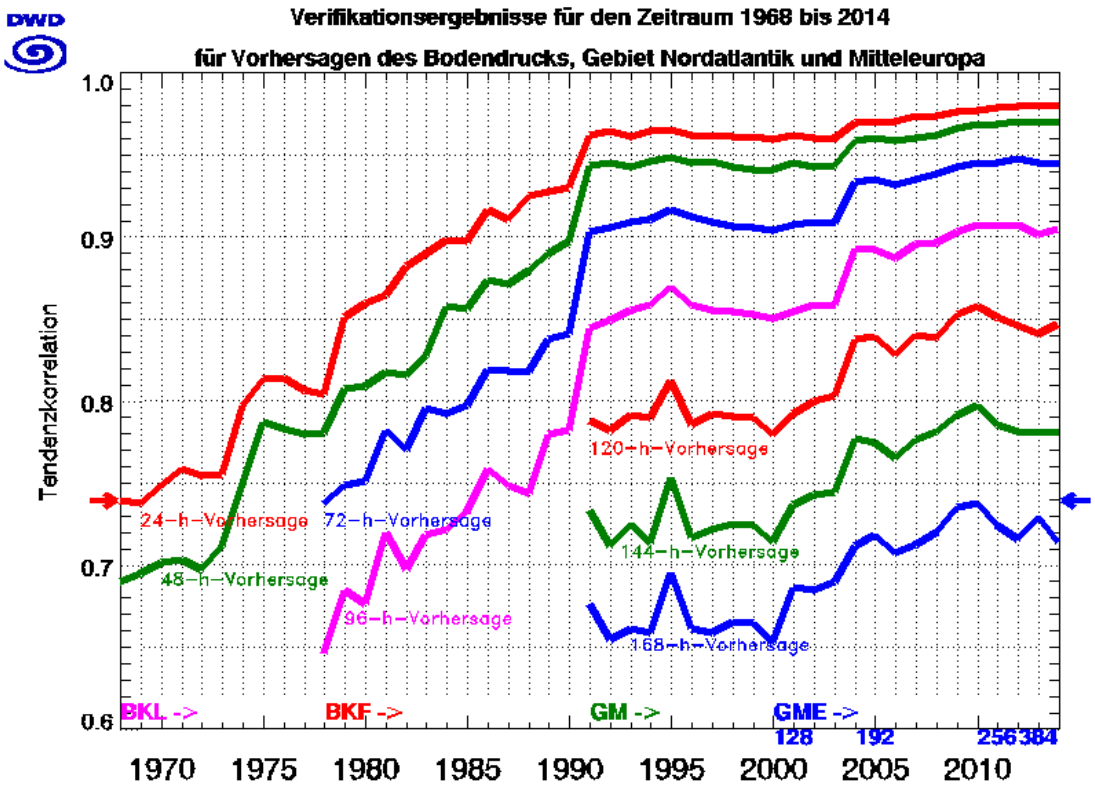


Abbildung 3.4: Verbesserung Bodendruck

3.3.7 Heutige Bedeutung der Wettervorhersage

Die Wettervorhersage spielt eine große Rolle. Sie ist für den Flugverkehr wichtig, damit der Pilot weiß, welche Route er am besten fliegen soll und gegebenenfalls, ob er überhaupt starten oder landen kann. Ähnliches gilt für die Schifffahrt und Großveranstaltungen.

3.3.8 Verbesserungen der Wettervorhersage

In Abbildung 3.4 sieht man, wie sich die Vorhersagegüte des Bodendrucks im Gebiet Nordatlantik und Mitteleuropa verändert hat. Der starke Sprung 1990 ist durch die Einführung der Ensemblevorhersage entstanden. In den Abbildungen 3.5 und 3.6 kann man die Entwicklung der Güte der Maximal- und Minimaltemperatur, der Windgeschwindigkeit, der Windböen und der Niederschlagsmenge und Kurzfristvorhersage erkennen. [mod]

Allgemein erkennt man eine stetige Verbesserung. Einzig bei der Niederschlagsvorhersage ist diese nicht besonders ausgeprägt.

3.3.9 Wetter beeinflussen

Es ist möglich, Regenwolken mit Chemikalien wie zum Beispiel Silberiodid zu besprühen, damit sie früher abregnen. Dies wird angewandt, um Gewitter mit großem

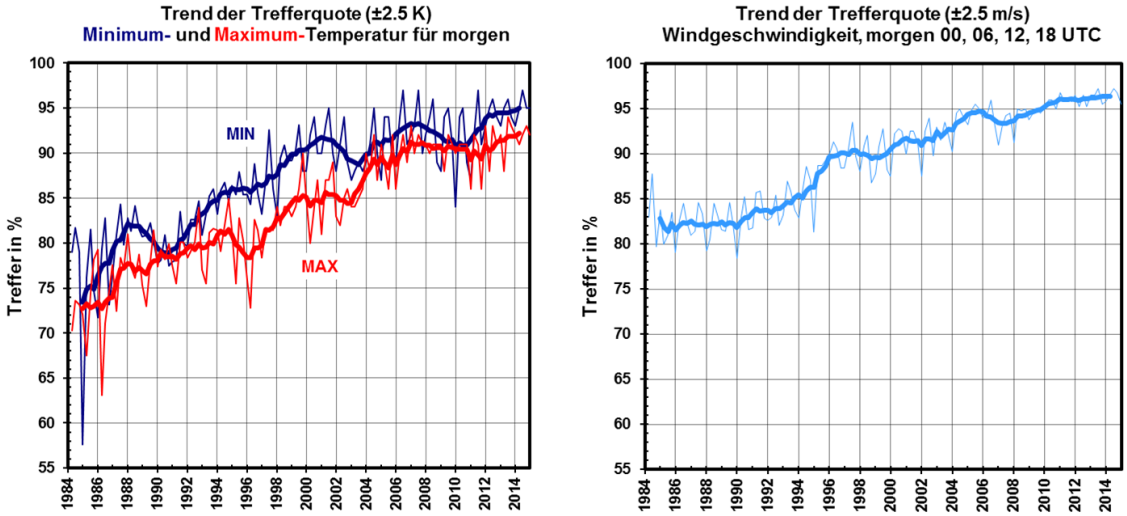


Abbildung 3.5: Verbesserung für Wind und Temperatur

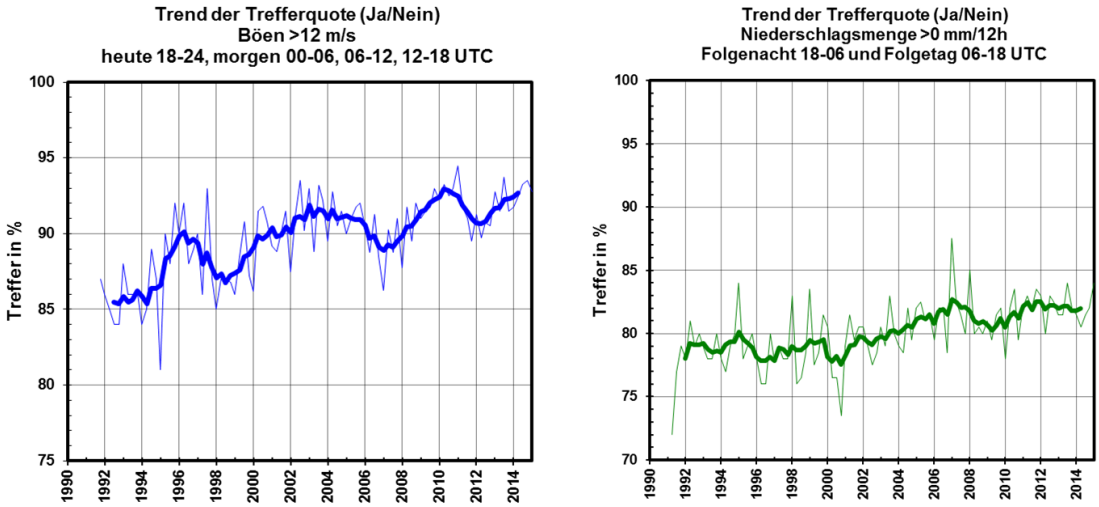


Abbildung 3.6: Verbesserung für Windböen und Niederschlag

Hagel zu verhindern oder um das Wetter bei Großveranstaltungen zu beeinflussen. In Russland wird dies am 9. Mai, dem Nationalfeiertag gemacht. Ebenfalls wurde diese Methode bei den Olympischen Spielen in Peking angewandt. Problematisch ist es aber, in ein chaotisches System wie das Wetter einzugreifen. Zum Beispiel wird vermutet, dass der Versuch, Regen nach Peking zu bringen, einen Schneesturm auslöste. Sinnvolle Anwendung der Methode ist es, in zu trockenen Gebieten Dürren entgegenzuwirken. [Wetb] Das klingt ja alles schön und gut, aber letztendlich ist nicht bewiesen, ob diese Methode wirklich so gut ist, wie behauptet. Vorallem aber ist es problematisch, Silberiodid in Wolken zu spritzen.

Literatur

[Ass] https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/wintersemester_2012_2013/ms-1213-olzhabaev-datenassimilation-ausarbeitung.pdf.

[Baua] https://de.wikipedia.org/wiki/Bauernregel.

[Baub] http://www.bauernregeln.net.

[Bje] http://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Thema_des_Tages/589/geschichte-der-synoptischen-meteorologie-teil-2.

[Dre] http://www.math.tu-dresden.de/~wensch/semi09W/vortrag.pdf.

[ECM] https://de.wikipedia.org/wiki/Europäisches_Zentrum_für_mittelfristige_Wettervorhersage.

[Ens] http://www.weltderphysik.de/gebiet/planeten/atmosphaere/wetter/wettervorhersage/.

[May98] Mayer, Joachim: *Großvaters Wetter- und Bauernregeln*. Kosmos, Stuttgart, 1998.

[mod] http://www.dwd.de/DE/forschung/wettervorhersage/wettervorhersage_node.html.

[Ric] https://de.wikipedia.org/wiki/Lewis_Fry_Richardson.

[Sch15] Schefzik, Roman: *Physically coherent probabilistic weather forecasts using multivariate discrete copula-based ensemble postprocessing methods*. Univ., Diss., Heidelberg, 2015.

[Siea] https://de.wikipedia.org/wiki/Siebenschläfer.

[Sieb] https://de.wikipedia.org/wiki/Sieben_Schläfer_von_Ephesus.

[Weta] https://de.wikipedia.org/wiki/Numerische_Wettervorhersage.

[Wetb] http://www.ds.mpg.de/116744/11.

Verkehrsplanung und Staumodelle

Nils Krütgen

4.1 Einleitung

Im Folgenden betrachten wir einige Aspekte der Verkehrsplanung und der zugehörigen Prognose. Zuerst blicken wir auf das Beispiel des Horner Kreisels in Hamburg. Auf der einen Seite beginnt, bzw. endet die A24 Richtung Berlin und Lübeck, zur anderen Seite liegt eine der wichtigsten Einfallstraßen in die Hamburger Innenstadt. Als Kreisel war dieser Ort auf bis zu 25.000 Autofahrer täglich ausgelegt. Im Jahr 2005 erreichte man die Marke von 80.000 Autofahrern täglich. In der Folge strickte die Hansestadt mit der heißen Nadel und baute den Horner Kreisel zu einer Kreuzung mit mehreren Ampeln um. [Ham05]

4.1.1 Der Idealfall der Verkehrsplanung

Das Vorgehen beim Horner Kreisel erscheint überstürzt und eilig abgelaufen zu sein. Das kann nicht ideal sein. Wir überlegen uns deshalb, wie solche Vorgänge im Idealfall ablaufen sollten. Möglich sind dafür die folgenden vier Schritte:

1. Ein Problem in unserem Verkehrssystem sollte erkannt werden, bevor ein Verkehrschaos einsetzt.

2. Die so gewonnene Zeit muss dann genutzt werden um eine Lösung zu planen und durch geeignete Prognosemittel zu überprüfen.

3. Eine solche Lösung wird nun (rechtzeitig) umgesetzt.

4. Nach der Umsetzung gehört eine Evaluierung auf die Tagesordnung. Es wird objektiv überprüft ob die Prognosen zutrafen und inwieweit die Lösung ihren Zweck erfüllt. Im Idealfall verläuft dies natürlich positiv.

Die Realität hat nun allerdings wenig mit einem Idealfall gemein. Wir müssen uns mit den widrigen und nicht trivialen Phänomenen der Verkehrsplanung auseinandersetzen. Den Anfang macht dabei ein auf den ersten Blick äußert verblüffendes Paradoxon.

4.2 Braess Paradoxon

Nach Prof. Dr. DIETRICH BRAESS (Universität Bochum).

4.2.1 New York, 22.04.1990

Ein prominentes Beispiel für dieses Paradoxon konnte man am 22. April 1990 in Manhatten, New York City, beobachten. Zum „Earth Day“ wurde dort die 42. Straße gesperrt. Dies ist die vielleicht wichtigste Ost-West Verbindung des Stadtteils. (Circle-Line-Anleger am Hudson River – Time Square – Public Library – Grand Central Station – UN Hauptquartier am East River.) Anstatt der erwarteten Staus verbesserte sich der Verkehrsfluss in Downtown Manhattan.

4.2.2 Ein sehr einfaches Beispiel

Wir wollen solche Vorkommnisse, bei denen ein Verkehrssystem verändert wird und das Gegenteil der Erwartung eintrifft, an einem sehr einfachen Beispiel verstehen. Dies ist nur für einen solchen Verständnisgewinn da und ist streng genommen in einigen Punkten angreifbar.

Dazu stellen wir uns folgende Situation vor: Wir befinden uns in der Stadt und wollen zum Fußballstation fahren, welches etwas außerhalb liegt. Dafür stehen uns zwei Routen zu Verfügung. Die erste Route beginnt mit einem Stück Autobahn, welche so gut ausgebaut ist, dass die Verkehrsdichte keine Auswirkung auf die Fahrzeit hat: sie beträgt immer 20 Minuten. Nach diesem Autobahnabschnitt wechseln wir

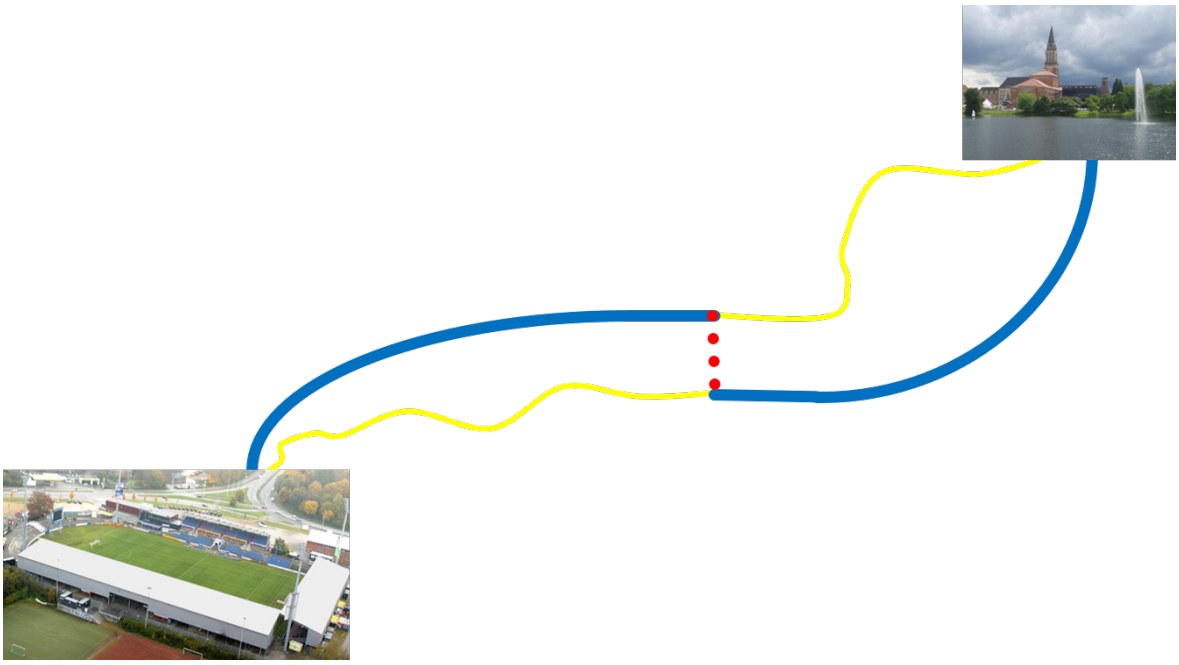


Abbildung 4.1: Die Situation in unserem Beispiel

auf eine Landstraße, welche weniger gut ausgebaut ist. Hier hängt die Fahrzeit vom Verkehrsaufkommen ab, und zwar nach Formel: Fahrzeit = $\frac{A}{10}$, wobei A die Anzahl der Autos auf der Strecke bezeichne. Die zweite Route ist genauso aufgebaut, mit dem einzigen Unterschied, dass hier zuerst eine Landstraße und dann ein Stück Autobahn zu befahren ist.

Wenn wir ein Beispiel mit 200 Autofahrern durchrechnen wollen, müssen wir wissen, wie diese sich auf die zwei Routen verteilen. Die Antwort darauf gibt uns das sogenannte Nash-Gleichgewicht[1] aus der Spieltheorie. Für unseren Fall sagt dieses aus, dass sich die Autofahrer quasi automatisch so verteilen werden, dass alle gleichlang fahren werden. Es nehmen demnach 100 Autofahrer die ersten Route und 100 die Zweite. Damit beträgt die Fahrzeit für alle Autofahrer genau 30 Minuten.

Nun wird eine Verbindungsstraße gebaut, die die beiden Übergänge der Routen zwischen Autobahn und Landstraße miteinander verbindet. Diese sei besonders gut ausgebaut, sodass ihre Fahrzeit vernachlässigbar ist und wir sie mit 0 annehmen. Wenn wir nun wieder 200 Autofahrer losschicken, unterstellen wir, dass alle rational handeln und wissen, mit welcher Verkehrssituation sie es zu tun haben werden. Also stellen alle die folgende Überlegung an: Im Ersten Abschnitt braucht man auf der Autobahn genau 20 Minuten, auf der Landstraße braucht man weniger, wenn nicht alle anderen auch dort entlang fahren. Selbst wenn alle die Landstraße nehmen, braucht man dort nicht länger als auf der Autobahn. Es wird also jeweils die Landstraße gewählt. Mittig kann man nun ohne Zeitverlust die Routen wechseln, also findet genau die selbe Überlegung nochmal statt. Diese Gedanken führen nun dazu, dass alle Autofahrer über die Landstraßen fahren und so jeder insgesamt 40 Minuten lang fahren. Also trotz der neuen Straße länger brauchen.

[1] nach John F. Nash [Wik15b]

Fahrzeit	1.Abschnitt	2. Abschnitt
1. Route	= 20	≤ 20
2. Route	≤ 20	= 20

Tabelle 4.1: Die Optionen der Autofahrer mit der neuen Straße

4.2.3 Theorie

Es bleibt die Frage, was genau passiert ist, bzw. was einen solchen Effekt ausgelöst hat. Ohne die neue Straße hatten wir zwei Routen, die äquivalent zueinander waren. Mit der Verbindungsstraße kommen noch zwei Routen hinzu. DIETRICH BRAESS hat in einer Arbeit[2] von 1968 herausgearbeitet, dass es für den Verkehrsfluss genau darauf ankommt, wie man die Fahrzeuge auf die möglichen Routen verteilt. Er hat dabei mathematische Bedingungen aufgestellt, die eine Verteilung als optimal oder eben auch schlecht kennzeichnen. In unserem ersten Fall hat nun das „automatische" Nash-Gleichgewicht dafür gesorgt, dass eine optimale Verteilung entstand. Auch mit der neuen Verbindungsstrecke bleibt diese Verteilung optimal. Jedoch hat die Annahme, dass die Autofahrer die Situation kennen und rational handeln, ohne (!) einen wirklichen Überblick zu haben, dafür gesorgt, dass eine kritische Verteilung entstehen konnte. Bei dem Beispiel aus New York ging es genau andersherum: Die Sperrung der Straße provozierte eine bessere Verteilung. Das Problem für den Verkehrsplanung besteht nun darin, dass sich eine Verteilung in der Realität einfach ergibt und sich nicht erzwingen lässt. Wir können also nicht einfach eine gute Verteilung bestimmen und dann durchsetzen.

4.3 Nagel-Schreckenberg-Modell

Nach KAI NAGEL (TU Berlin) und MICHAEL SCHRECKENBERG (Universität Duisburg-Essen).

4.3.1 Struktur und Regeln

Wir müssen uns also überlegen was passiert wird, wenn wir ein Verkehrssystem testen wollen. Ein erster wichtiger Schritt dahin ist das sogenannte Nagel-Schreckenberg-Modell[3], ein Algorithmus, der erklärt, wie Staus aus dem Nichts entstehen.

Im Nagel-Schreckenberg-Modell werden einspurige Straßen modelliert, auf denen nicht überholt wird und auf denen es zu keinen Unfällen kommt. Die Straße wird in Zellen zu je 7,5m aufgeteilt. Dies entspricht gerade der durchschnittlichen Länge eines PKW zuzüglich des durchschnittlichen Abstands zweier Autos im Stau. Die Sicht auf diese Zellen ist binär: Entweder eine Zelle ist leer oder es befindet sich dort genau ein Auto. Das Modell basiert auf Runden, welche genau eine Sekunde lang dauern, was der durchschnittlichen Reaktionszeit im Straßenverkehr entspricht.

[2] *Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung* vom 28.03.1968 [Bra68], [BDK+09]
[3] Von 1992. [Wik15a]

Bewegt sich ein Auto pro Runde also genau eine Zelle vorwärts, entspricht dies einer Geschwindigkeit von $27\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Als Höchstgeschwindigkeit werden 5 Zellen pro Runde oder $135\frac{\text{km}}{\text{h}}$ festgelegt.

Jede Runde läuft gleich ab. Es werden nacheinander für jedes Auto die folgenden vier Schritte durchgeführt:

1. Hat das Auto die maximale Geschwindigkeit noch nicht erreicht, wird die Geschwindigkeit um eine Zelle pro Runde erhöht.

2. Es wird der Abstand zum vorausfahrenden Auto überprüft. Ist die Lücke kleiner als die gegenwärtig gespeicherte Geschwindigkeit des Autos, wird diese entsprechend verringert.

3. Mit einer gewissen (vorher festgelegten) Wahrscheinlichkeit trödelt das Auto und seine Geschwindigkeit wird um eins reduziert. Dieser Schritt ist der Kern des Modells.

4. Das Auto wird mit der in den ersten drei Schritten determinierten Geschwindigkeit bewegt.

4.3.2 Der dritte Schritt

Wie bereits erwähnt ist der dritte Schritt am wichtigsten, simuliert er doch die Phänomene, die schlussendlich zum Stau führen:

1. Das Zurückbleiben hinter seinen Möglichkeiten. Ein Auto, das noch nicht mit Höchstgeschwindigkeit fährt und auch Platz zum Beschleunigen hat, unterlässt dies. Der dritte Schritt nimmt hier die Beschleunigung aus dem ersten Schritt zurück und es kommt zu einem unnötigen Zögern.

2. Geschwindigkeitsschwankungen bei freier Fahrt. Ein Auto, welches mit Höchstgeschwindigkeit fährt, wird ohne Anlass langsamer. Der Autofahrer achtet also nicht ausreichend darauf die Geschwindigkeit zu halten.

3. Eine Überreaktion beim Bremsen. Ein Auto das Abbremsen muss reagiert beim Bremsvorgang über und bremst stärker als es muss. Dies beeinflusst unmittelbar den Verkehr hinter diesem Auto.

4.3.3 Graphische Ausgabe

Ein Simulations-Durchgang mit dem Nagel-Schreckenberg-Modell kann man auch graphisch auswerten. In der hier gezeigten Abbildung 4.2 entspricht die X-Achse der Zeit und die Y-Achse der Position auf der Straße, wobei man von der Position mit der höchsten Nummer in Richtung der Position Nummer Null fährt. Die Skalierung ist allerdings nicht weiter von Belang. Jede Linie symbolisiert ein Auto im System. Je steiler die Linie fällt, desto höher ist die Geschwindigkeit, verläuft sie waagerecht, steht das Auto. Die „Verdichtungen“, welche man nun erkennen kann, sind gerade die Staus im Modell. Man erkennt außerdem, dass diese beständig nach hinten durchwandern und es lange dauert bis sich ein richtiger Stau aufgelöst hat.

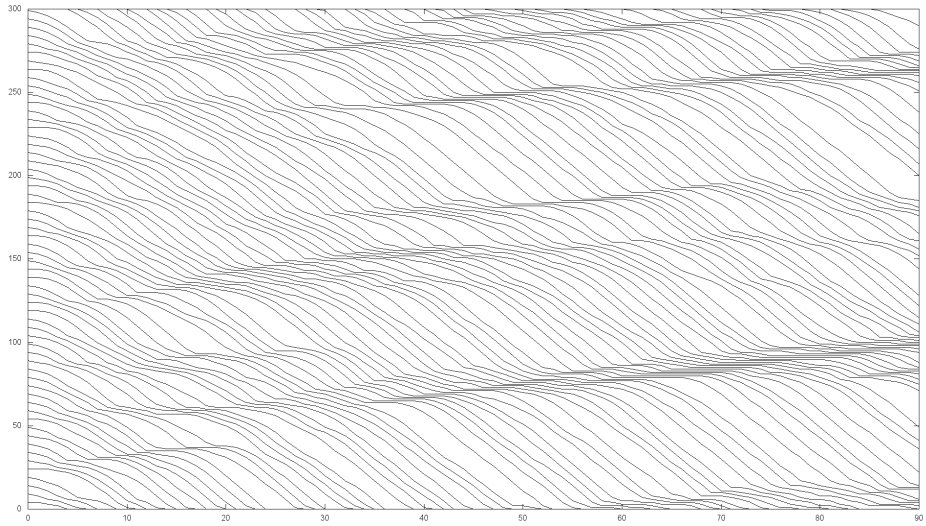


Abbildung 4.2: Graphische Ausgabe eines Durchlaufs des Nagel-Schreckenberg-Modells

4.4 MATSim

Open-Source Projekt der ETH Zürich und der TU Berlin.

4.4.1 Grundlagen

Ausgehend vom Nagel-Schreckenberg-Modell als Grundidee, wurde das Projekt MATSim (Multi Agent Transport Simulation) entwickelt. Dabei handelt es sich um einen quasi unbeschränkten Verhaltens-Simulator, mit dem sich von Verkehrssystemen über Kundenverhalten bis hin zum europäischen Flugverkehr vieles simulieren lässt. Genauer ist MATSim ein Open-Source Baukasten, aus dem sich jeder Anwender ein passendes Programm nach seinen Bedürfnissen basteln muss. Firmen wie zum Beispiel Senozon sind darauf spezialisiert, genau diesen Schritt für den Endkunden zu übernehmen.[4]

4.4.2 Beispiel Singapur

Ein Beispiel für die Arbeit mit einem MATSim-Programm ist der Öffentliche Personennahverkehr in Singapur. Jeder Fahrgast hat hier eine Prepaid-Kundenkarte, die er mit Geld auflädt und mit der er bei jeder Fahrt eincheckt. Damit wird ihm jedoch nicht nur der Fahrpreis berechnet, sondern dem System in Singapur ist damit auch bekannt, dass ein weiterer Fahrgast dieses Fahrzeug betreten hat. Zusammen mit den von der Seite des Unternehmens eingefügten Daten wie Linien, Fahrpläne, Fahrzeugarten und -größen, ist die Simulation so in der Lage, eine Analyse des gesamten ÖPNV in relativer Echtzeit zu liefern. Sofort ist den Planern der Verkehrsbetriebe bekannt, wenn zum Beispiel eine Buslinie überlastet ist. Aus den Daten analysiert

[4]Internetauftritt: [MAT16], Beispiel Deutschland: [MAT15]

das Programm jedoch auch die Kundentypen heraus und lernt, wohin, wann, welche Kunden wollen. Bezüglich geplanter Veränderungen kann so die Simulation antizipieren, wie die Kunden reagieren werden und wie die Neugestaltung funktionieren wird. Darüber hinaus ist die Simulation auch lernfähig, das bedeutet wenn eine Veränderung umgesetzt wurde, beobachtet die Simulation die realen Reaktionen und lernt daraus für zukünftige Prognosen.[5]

4.5 Fazit

Wir haben festgestellt, dass die Verkehrsplanung alles andere als trivial ist, und wir haben durch das Braess-Paradoxon gesehen, dass bereits kleine Veränderungen in einem Verkehrssystem unbeabsichtigte negative Folgen haben können. Damit ist eine gute Prognose für die Verkehrsplanung unausweichlich geworden. Das Beispiel Singapur macht deutlich, wie so etwas gut funktioniert: Mit massiver Datensammlung und dem Anlegen von Verhaltensprofilen. Dies ist ohne Frage aus Sicht des Datenschutzes äußerst fragwürdig. Wenn man bedenkt, dass es im Grunde darum geht, die ideale Verkehrslandschaft möglichst effizient zu implementieren, kommt man zu dem Schluss, dass man eine solche vollendete Verkehrsplanung wie in Singapur nicht wollen kann. Der Preis steht nicht in gesundem Verhältnis zum Nutzen. Konventionelle Modelle mit stichprobenhafter Datenerfassung mögen weniger effektiv sein, zerstören aber nicht die Privatsphäre der Nutzer und sind deshalb zu bevorzugen.

Literatur

[BDK+09] Below, Asya, Pilar Dominguez, Ivanka Kozhuharova, Patrick Morales und Joana Salmova: *Das Braess Paraxodon*, 2009. `http://www.mathematik.uni-muenchen.de/~spielth/vortrag/DasBraessParadoxon.pptx`.

[Bra68] Braess, Dietrich: *Über ein Paradoxon aus der Vekehrsplanung*, 1968.

[Fut13] Future Cities Laboratory: *MATSim Singapore in operation*, 2013. `https://vimeo.com/74432255`.

[Fut15] Future Cities Laboratory: *Big Data transport simulation with MATSim*, 2015. `https://vimeo.com/117976373`.

[Ham05] Hamburger Abendblatt: *Horner Kreisel wird zur Kreuzung*, 2005. `http://www.abendblatt.de/hamburg/article107007805/Horner-Kreisel-wird-zur-Kreuzung.html`.

[MAT] MATSim: *Singapore (MATSim)*. `http://matsim.org/scenario/singapore`.

[5] Weitere Informationen über die Anwendung von MATSim in Singapur: [MAT], [Fut15], [Fut13]

[MAT15] MATSIM: *Scenario Germany*, 2015.
http://www.matsim.org/scenario/germany-db.

[MAT16] MATSIM: *Internetauftritt*, 2016.
http://matsim.org.

[Wik15a] WIKIPEDIA: *Nagel-Schreckenberg-Modell*, 2015.
https://de.wikipedia.org/wiki/Nagel-Schreckenberg-Modell.

[Wik15b] WIKIPEDIA: *Nash Gleichgewicht*, 2015.
https://de.wikipedia.org/wiki/Nash-Gleichgewicht.

Axiomatische Mathematik
Hilberts Utopie und Gödels Antwort

Florian Kranhold

$*54{\cdot}43.\quad \vdash :. \alpha, \beta \in 1 . \supset : \alpha \cap \beta = \Lambda . \equiv . \alpha \cup \beta \in 2$

Dem.

$\vdash . *54{\cdot}26 . \supset \vdash :. \alpha = \iota`x . \beta = \iota`y . \supset : \alpha \cup \beta \in 2 . \equiv . x \neq y .$

$[*51{\cdot}231] \qquad \equiv . \iota`x \cap \iota`y = \Lambda .$

$[*13{\cdot}12] \qquad \equiv . \alpha \cap \beta = \Lambda \qquad (1)$

$\vdash . (1) . *11{\cdot}11{\cdot}35 . \supset$

$\vdash :. (\exists x, y) . \alpha = \iota`x . \beta = \iota`y . \supset : \alpha \cup \beta \in 2 . \equiv . \alpha \cap \beta = \Lambda \qquad (2)$

$\vdash . (2) . *11{\cdot}54 . *52{\cdot}1 . \supset \vdash .$ Prop

From this proposition it will follow, when arithmetical addition has been defined, that $1 + 1 = 2$.

Einleitung und Übersicht

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der *Grundlagenstreit* der Mathematik ausgetragen zwischen Formalisten und Intuitionisten, d. h. solchen, die die Mathematik auf eine Reihe syntaktischer Prinzipien zurückführen wollten, und jenen, die den mathematischen Objekten eine größere Entität als bloßen Zeichen zusprachen und infolgedessen auch einige klassische Beweismethoden wie das *tertium non datur* (das Prinzip vom Widerspruchsbeweis) infrage stellten.

Im Zuge dieses Grundlagenstreits schlug David Hilbert (1862, Königsberg – 1943, Göttingen) in den 20er Jahren vor, die Sätze der Mathematik aus einem widerspruchsfreien Axiomensystem abzuleiten, d. h. durch *finite Methoden* zu beweisen, um so eine Verteidigung der formalistischen Sicht zu erwirken. Hilbert sagt hierzu:

> „Dieses *Tertium non datur* dem Mathematiker zu nehmen, wäre etwa, wie wenn man dem Astronomen das Fernrohr oder dem Boxer den Gebrauch der Fäuste untersagen wollte.“
>
> DAVID HILBERT: *Die Grundlagen der Mathematik*, Abhandlungen aus dem mathematischen Seminar der Hamburgischen Universität, VI. Band (1928), S. 80

HILBERTS Vorschlag, ein solches Axiomensystem zu entwerfen, regte viele Forscher dazu an, die Grundlagen und Grenzen der Mathematik zu erforschen.

Im Jahre 1931 bewies KURT GÖDEL (1906, Brünn – 1978, Princeton) mit seinen *Unvollständigkeitssätzen*, dass kein Axiomensystem den Ansprüchen und Hoffnungen HILBERTS genügen kann, wenn es mächtig genug ist, die natürlichen Zahlen zu umfassen.

Im folgenden Text sollen diese Entwicklungen und Ideen ausgeführt werden.

5.1 Etwas Axiomatik

Definition 5.1.1.

1. Wir unterscheiden zwischen *statischen* $(+, =)$ und *variablen* (x, y) Zeichen.
2. Es können verschiedene Typen von variablen Zeichen unterschieden werden, etwa *Aussagenvariablen* (meist p, q usf.), *Objektvariablen* (meist x, y usf.) oder *Prädikatvariablen* (meist P, Q usf.).
3. Eine Theorie Θ ist eine endliche Menge von Zeichen und syntaktischen Regeln, wie diese zusammen mit Platzhaltern zu *Ausdrücken* zusammengesetzt werden können.
4. Für eine Theorie bezeichnen wir die Gesamtheit $\mathcal{S}$ aller Ausdrücke als *Sprache*.

Bemerkung 5.1.2. Üblicherweise fordert man, dass Θ die Negation $\neg$ enthält und auch, dass für $p \in \mathcal{S}$ auch $\neg p \in \mathcal{S}$ gilt, d. h. für einen Ausdruck ist auch sein Gegenteil formulierbar.

Bemerkung 5.1.3. Aus dem bestehenden Zeichenvorrat können zusätzliche Zeichen definiert werden. Hier einige gängige Definitionen:

1. **Aussagenlogik**
   Für $\Theta := \{\neg, \Rightarrow, (,)\}$ definiere den $\vee$-, $\wedge$- und $\Leftrightarrow$-Junktor durch
   (a) $p \vee q := \neg p \Rightarrow q$.
   (b) $p \wedge q := \neg(\neg p \vee \neg q)$.
   (c) $p \Leftrightarrow q := (p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow p)$.
2. **Prädikatenlogik**
   Für $\Theta := \{\neg, \Rightarrow, (,), \exists\}$ definiere den $\forall$-Quantor durch

$$\forall x P(x) := \neg \exists\, x \neg P(x).$$

Definition 5.1.4. Ein *Axiomensystem* oder *Kalkül* $\mathfrak{A} = (\Theta, A, R)$ hat folgende Bestandteile:

1. **Zeichensatz**
   Eine Theorie Θ und die sich daraus ergebende Sprache $\mathcal{S}$.

2. **Axiome**
   $A \subseteq \mathcal{S}$ ist eine endliche Menge von *Grundaussagen* (= „Axiome").

3. **Schlussregeln**
   R ist eine endliche Menge von *Schlussregeln*, die Ausdrücke $\alpha_1, \ldots, \alpha_r$ in einen anderen Ausdruck β überführen. Wir notieren oft „$\alpha_1, \ldots, \alpha_r \vdash \beta$".

Beispiel 5.1.5. Das folgende ist ein Axiomensystem der Theorie der Aussagenlogik:

1. $\Theta := \{\neg, \Rightarrow, (,)\}$ und zusätzliche Termbildungsregeln.

2. $A := \{p \Rightarrow (q \Rightarrow p), (p \Rightarrow (q \Rightarrow r)) \Rightarrow ((p \Rightarrow q) \Rightarrow (p \Rightarrow r)), (\neg p \Rightarrow \neg q) \Rightarrow (q \Rightarrow p)\}$

3. $R := \{[\alpha, \alpha \Rightarrow \beta \vdash \beta], [(\alpha \vdash \beta) \vdash \alpha \Rightarrow \beta]\}$, wobei zu bemerken ist, dass die 2. Schlussregel eine Meta-Regel (also meta-sprachlich in der Sprache der Schlussregeln formuliert) ist.

Innerhalb dieses Systems lassen sich schematisch andere Ausdrücke ableiten, etwa „$\neg p \Rightarrow (p \Rightarrow q)$":

Nr.	**Ausdruck**	**Rechtfertigung**
1	$\neg p$	Prämisse
2	$p \Rightarrow (q \Rightarrow p)$	1. Axiom
3	$\neg p \Rightarrow (\neg q \Rightarrow \neg p)$	Umbenennung von Zeile 2
4	$\neg q \Rightarrow \neg p$	1. Schlussregel auf 1 und 3
5	$(\neg p \Rightarrow \neg q) \Rightarrow (q \Rightarrow p)$	Axiom 3
6	$(\neg q \Rightarrow \neg p) \Rightarrow (p \Rightarrow q)$	Umbenennung von Zeile 5
7	$p \Rightarrow q$	1. Schlussregel auf 4 und 6
8	$\neg p \Rightarrow (p \Rightarrow q)$	2. Schlussregel auf 1 und 7

Bemerkung 5.1.6. Der Beweis eines Ausdrucks $p \in \mathcal{S}$ ist also eine geordnete Liste von Ausdrücken, die sich auseinander ergeben (oder Axiome sind) und an deren Ende der gewünschte Ausdruck p steht.

Definition 5.1.7. Sei $\mathfrak{A}$ ein Axiomensystem.

1. Wir nennen einen Ausdruck $p \in \mathcal{S}$ *aus* $\mathfrak{A}$ *ableitbar*, schreibe $\mathfrak{A} \vdash p$, falls p mithilfe der Schlussregeln wie oben aus den Axiomen abgeleitet werden kann.

2. $\mathfrak{A}$ heißt *korrekt*, falls seine Schlussregeln semantisch gültig sind.

3. $\mathfrak{A}$ heißt *vollständig*, falls $\mathfrak{A} \vdash p$ oder $\mathfrak{A} \vdash \neg p$ für alle $p \in \mathcal{S}$ gilt, d. h. anschaulich, dass alle formulierbaren Ausdrücke entweder beweisbar wahr oder beweisbar falsch sind.

4. $\mathfrak{A}$ heißt *widerspruchsfrei*, falls es kein $p \in \mathcal{S}$ gibt, für das $\mathfrak{A} \vdash p$ und zugleich $\mathfrak{A} \vdash \neg p$ gilt.

5.2 Peano-Arithmetik und GÖDELS Unvollständigkeitssätze

Konstruktion 5.2.1. Die Theorie der natürlichen Zahlen kann mithilfe der *Peano-Arithmetik* wie folgt in ein Kalkül gegossen werden.

1. $\Theta := \{\neg, \Rightarrow, (,), \exists, \in, =, 1, \mathbf{S}, \mathbb{N}\}$.

2. Die Axiome:

   (a) $0 \in \mathbb{N}$

   (b) $\forall m \in \mathbb{N}_0 \exists n \in \mathbb{N} n = \mathbf{S}(m)$.

   (c) $\neg \exists n \in \mathbb{N} \mathbf{S}(n) = 1$.

   (d) $\forall m, n \in \mathbb{N}(\mathbf{S}(m) = \mathbf{S}(n)) \Rightarrow (m = n)$.

   (e) $\forall P\, (P(1) \wedge \forall n \in \mathbb{N}(P(n) \Rightarrow P(\mathbf{S}(n)))) \Rightarrow \forall n \in \mathbb{N} P(n)$

3. Es werden nur die Schlussregeln der Prädikatenlogik verwandt.

Satz 5.2.2 (Erster Gödelscher Unvollständigkeitssatz)**.** *Die Peanoarithmetik ist nicht vollständig oder nicht widerspruchsfrei oder nicht korrekt.*

Beweisskizze.

1. **Der Gödelstrich** „|“
   Fügen wir zum bestehenden Zeichenvorrat Θ sowie der Sprache $\mathcal{S}$ noch das Zeichen „|“ hinzu, können wir eine Abfolge von Ausdrücken $p_1, \ldots, p_r \in \mathcal{S}$ als neuen Ausdruck $p_1 \mid \cdots \mid p_r$ verstehen. Ein Beweis ist also ebenfalls ein Ausdruck.

2. **Die Gödelzahlabbildung** „Gd“
   Wir wollen jedem Ausdruck eine eindeutige Zahl, die sogenannte *Gödelzahl* zuordnen, d. h. wir wollen eine injektive Abbildung $\mathrm{Gd} : \mathcal{S} \to \mathbb{N}$ konstruieren. Dies ist mit einfachen zahlentheoretischen Methoden (Eindeutigkeit der Primfaktorzerlegung), die an dieser Stelle verwandt werden können, möglich.

3. **Die Beweisrelation** „Bew“
   Wir definieren eine Relation auf $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ wie folgt:

$$\mathrm{Bew}(n, m) :\Longleftrightarrow \text{„Es gibt } p \in \mathcal{S} \text{ und einen Beweis } b \in \mathcal{S} \text{ für } p \text{ mit } n = \mathrm{Gd}(b) \text{ und } m = \mathrm{Gd}(p)\text{.“}$$

$p \in \mathcal{S}$ ist also genau dann beweisbar, wenn es ein $n \in \mathbb{N}$ gibt, für das $\mathrm{Bew}(n, \mathrm{Gd}(p))$ gilt. Bei genauerer Betrachtung der Konstruktion der Gödelzahlabbildung ist ersichtlich, dass dies einem einfachen zahlentheoretischen Sachverhalt entspricht, nämlich der Teilbarkeit von n durch m.

4. **Der Gödelaussage „G“**
   Mit einigem (sowohl syntaktischem als auch semantischem) Aufwand lässt zeigen, dass folgende Aussage G in der Peano-Arithmetik wohldefiniert (re-)formulierbar ist:
   $$\neg \exists n \in \mathbb{N} : \mathrm{Bew}(n, \mathrm{Gd}(G)).$$
   Infolgedessen ist G ein sinnvoller Ausdruck in $\mathcal{S}$. Ferner sagt G nichts anderes als seine eigene Nicht-Beweisbarkeit voraus.

5. **Der Widerspruch**
   Wir nehmen nun an, dass die Peano-Arithmetik vollständig und korrekt ist, sodass sich also alle wahren Aussagen ableiten lassen insb. die Aussage G (entweder) wahr oder falsch ist, und unterscheiden demgemäß:

   - Falls G wahr ist, so muss G auch beweisbar sein. Doch besagt die Wahrheit von G definitionsgemäß, dass G nicht beweisbar ist. Widerspruch.
   - Falls G falsch ist, so muss $\neg G$ beweisbar sein. Da besagt die Falschheit von G definitionsgemäß auch G, dass G beweisbar ist. Widerspruch.

   □

5.3 Ausblick

Man mag sich nun fragen, inwieweit die Unvollständigkeitssätze das Selbstverständnis und den universellen Gültigkeitsanspruch der Mathematik schmälern. Dies hängt freilich mit der Frage zusammen, ob die Mathematik überhaupt eines solchen Kalküls, wie Hilbert ihn vorgeschlagen hat, bedarf.

Ist diese syntaktische Methode überhaupt der richtige Weg, um sichere Aussagen treffen zu können? Und inwieweit unterscheidet sich die Grundlagenforschung von der üblichen mathematischen Forschung, dem Entdecken größerer Zusammenhänge? Mehr zu diesen Aspekten ist etwa in [Fre09] oder in [Fre14] nachzulesen.

Abschließend stellen wir fest, dass Hilberts Utopie leider beweisbar nicht erreicht werden konnte, das Konzept seines Programmes jedoch ein wegweisender Plan für einen bedeutenden Bereich der Mathematik, den der Grundlagenforschung gewesen ist.

Literatur

[Fre09] FREEMAN DYSON: *Birds and frogs*, 2009.

[Fre14] FRENKEL, EDWARD: *Liebe und Mathematik: Im Herzen einer verborgenen Wirklichkeit*. Springer, 2014.

[Zog08] ZOGLAUER, THOMAS: *Einführung in die formale Logik für Philosophen*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 2008.

Die Geschichte des Wiener Kreises

Eine ideale Philosophie?

Maximilian Weinberg

6.1 Die Gründung des Wiener Kreises

In den 1920er Jahren haben sich in Wien einige Naturwissenschaftler verschiedenster Fachrichtungen zusammengefunden um zu philosophieren. Sie alle hatten ähnliche Ansichten, wie die Philosophie strukturiert sein sollte. Ihnen gemein war der Wunsch, der Philosophie ein Fundament zu geben, wie es zuvor schon mit der Mengenlehre

in der Mathematik erreicht wurde. Welche Schlussfolgerungen sollten erlaubt sein? Darf man Postulate aufstellen und wie sollte man diese begründen?

Inspiriert wurde der Wiener Kreis durch ERNST MACH (1838-1916). Er hatte bis zur Jahrhundertwende einen Lehrstuhl in Wien inne, wo er unter anderen für Philosophie zuständig war. Er hatte schon auf die Willkürlichkeit einiger philosophischer Behauptungen aufmerksam gemacht, wie z. B. die These KANTS: Dieser war der Auffassung, dass der euklidische Raum eine a-priori-Voraussetzung der Wahrnehmung sei: Man könne sich zwar einen leeren Raum vorstellen, aber nicht nichts! Woher nimmt KANT aber die Sicherheit, so etwas zu behaupten? MACH zieht seine These in Zweifel. Er hält es nicht für ausgeschlossen, dass sowohl der Raum als auch unsere Vorstellung davon nicht euklidisch sind. Er ist somit gewissermaßen ein Vordenker von ALBERT EINSTEIN, der mit seiner Theorie die gesamte klassische Mechanik in Frage stellen sollte.

Als MACHS Leben zu Ende ging, engagierte sich HANS HAHN (1879-1934), ein Wiener Mathematiker, dafür, seine Stelle neu zu besetzen. Und er kannte auch schon die passende Person: MORITZ SCHLICK (1882-1936), der gerade erst eine Professur in Kiel angenommen hatte, wurde auf Vorschlag HAHNS von der Universität Wien berufen. SCHLICK folgte der Einladung, übernahm MACHS Lehrstuhl und gründete sogleich eine kleine Philosophenrunde, der zunächst nur HAHN und einige seiner Mathematikerkollegen beiwohnten. Zwei Jahre später wurde der Wiener Kreis gegründet und für andere Dozenten, Studenten – und Studentinnen! – zugänglich gemacht.

6.2 Personen und Ideen

Mit der Zeit vereinte der Kreis Wissenschaftler verschiedenster Fachrichtungen. HANS HAHN war der führende Kopf der Denkergruppe. Er war forschte in der Funktionalanalysis und in der Maßtheorie und ist einer der bekanntesten Mathematiker seiner Zeit. Auch einige seiner Studenten, darunter KURT GÖDEL und OLGA TAUSSKY-TODD besuchten zeitweilig den Wiener Kreis. Ein anderes prominentes Mitglied war OTTO NEURATH (1882-1945). Er studierte Geschichte, Ökonomie und Philosophie in Wien und Berlin und war danach längere Zeit wirtschaftspolitisch aktiv, was ihm später zum Verhängnis werden sollte. Trotz der sehr verschiedenen wissenschaftlichen Hintergründe fanden er und andere auch Interesse an den Ideen des Kreises.

Hier also widmeten sich einige Gelehrte verschiedener Disziplinen in ihrer freien Zeit der Philosophie und führten die Ideen MACHS fort. Die Metaphysik, die für viele Philosophen im Zentrum der Philosophie steht, wird von den Zugehörigen des Wiener Kreises abgelehnt: Ihr fehlte eine vernünftige Entscheidungsgrundlage, wann eine These wahr und wann falsch ist.

Überhaupt waren die Kreisangehörigen sehr streng, was Urteilsmöglichkeiten anging. Nur Empirie und Logik wollten sie als Basis für die philosophische Beweisführung akzeptieren. Wenn eine Aussage durch diese Mittel nicht für wahr oder falsch befunden werden kann, sei sie schlichtweg sinnlos. Man könne ja mehr oder weniger leicht feststellen, ob sich an einer bestimmten Stelle in Afrika ein Berg befindet, oder ob eine mathematische Aussage aus gegebenen Axiomen folgt. Ob

aber einem Tisch ein Dämon innewohnt, entziehe sich jedweder Urteilsmöglichkeit. Es sei zwecklos, über so etwas nachzudenken.

Während sich über diese Beispiele die meisten Philosophen sicherlich einig wären, weiten Schlick, Hahn, Neurath und ihre Mitdenker diese Aberkennung der Sinnhaftigkeit auf viele Fragen der Metaphysik auf: Gibt es einen Gott? Was ist der Ursprung der Welt? Hat das Leben einen Sinn? Gibt es einen Grund für die Existenz der Menschheit? Mangels empirischer Befunde und logischer Anhaltspunkte über die Antwort dieser Fragen, habe es keinen Sinn, darüber nachzudenken. Es gebe ja ohnehin keine Möglichkeit der Wahrheit auf die Spur zu kommen.

6.3 Ludwig Wittgenstein

Ein Werk, dass für den Wiener Kreis besondere Bedeutung hatte, war der *Tractatus logico-philosophicus*, die logisch-philosophische Abhandlung, von Ludwig Wittgenstein (1889-1951). Nach seinem Philosophiestudium in England diente Wittgenstein als Freiwilliger für Österreich im ersten Weltkrieg. In dieser Phase schrieb er sein philosophisches Erstlingswerk, welches er 1921 mit der Unterstützung seines englischen Freundes Bertrand Russel (1872-1970) veröffentlichte.

Sein Werk umfasst sieben Kapitel, in denen kontextunabhängige Sätze aufeinanderfolgen, wie Definitionen und Sätze in einem Mathematik-Skript. Er definiert die Begriffe Bild, Gedanke, Satz und weitere und verbindet diese durch abstrakte logische Aussagen. Auch er untersucht den Sinngehalt von Aussagen. Jeder Satz steht für sich. Insgesamt bilden sie eine Theorie der Erkenntnis. Er war der Meinung, dass damit alles gesagt sei.

Die Philosophen des Wiener Kreises waren so begeistert von seiner Theorie, dass sie ihn dazu einluden, am Kreis teilzunehmen. Wittgenstein wollte sich seit der Veröffentlichung seiner Abhandlung aber nicht weiter mit der Philosophie beschäftigen. Außerdem fühlte er sich von den meisten Lesern seines Werkes missverstanden und so lehnte er ab. Hahn und seine Mitstreiter gaben aber nicht auf und es gelang ihnen, Wittgenstein im Jahre 1929 zu einem mathematischen Kolloquium einzuladen. In einem mathematikphilosophischen Vortrag von Jan Brouwer (1881-1966) fand Wittgenstein die Begeisterung für die Philosophie wieder – und reiste sogleich nach England um mit Russel weiter zuphilosophieren.

6.4 Das Ende des Kreises

Die Philosophen aus Wien scheiterten so dabei, Wittgenstein für ihr Unterfangen zu gewinnen. Das gab ihnen aber nicht Anlass, ihre Arbeit aufzugeben. Auch als Anfang der Dreißiger Jahre einige bedeutende Mitglieder die Stadt verließen, gaben sie nicht auf. Ihre Situation verbesserte sich aber nicht. Neurath wurde vom neuen austrofaschistischen Regime verfolgt. Kummer bereitete ihnen auch der Tod Hahns 1934, der plötzlich an den Folgen einer Operation das Leben verlor. Den finalen Schlag brachte die Ermordung Schlicks 1936 durch einen seiner Studenten wegen weltanschaulicher Differenzen.

So endete die Tätigkeit des Wiener Kreises. Nachdem nun drei der wichtigsten Mitphilosophen fort waren, flohen die verbliebenen Teilnehmer vor dem intoleranten Regime des Landes. Die Annexion Österreichs 1938 durch das Dritte Reich verhinderte jede weitere Zusammenkunft des Kreises in Wien. Ihr Wirken war vorüber, aber ihre Ideen lebten fort und fanden auch noch Jahre später Begeisterung.

Literatur

[Car28] CARNAP, RUDOLF: *Die Wissenschaftliche Weltauffassung - Der Wiener Kreis*. Veröffentlichungen des Vereines Ernst Mach, **11**:1621–1671, 1928.

[Sig15] SIGMUND, KARL: *Sie nannten sich Der Wiener Kreis*. Springer Verlag, 2015.

[Tas16] TASCHNER, RUDOLF: *Wiener Kreis und Olga Taußky*, 2016. math.space `https://www.youtube.com/watch?v=-8YrFwGzEW0`.

[Uni16] UNIVERSITÄT WIEN: *Internetauftritt*, 2016. `https://www.univie.ac.at/AusstellungWienerKreis/der-wiener-kreis.html`.

Gerechtigkeit im Angesicht der Apokalypse

Der Rechner des *Climate Equity Reference Project*

Viktoria Kühner, Arwed Steuer

7.1 Die Apokalypse

Die Apokalypse um die es hier geht, ist die Globale Erwärmung, die in den letzten Jahren zu beobachten war. So ist zum Beispiel die durchschnittliche Temperatur an der Erdoberfläche in den letzten 100 Jahren um 0,85K gestiegen, was eine Eisschmelze zur Folge hatte, die den Meeresspiegel um ca. 20cm angehoben hat.

Nun sollte man nicht der Versuchung nachgeben anzunehmen, dass dies nur ein natürlicher Verlauf sei. Eiskernbohrungen an den Polen haben belegt, dass eine so rasche Veränderung des Klimas in der Weltgeschichte noch nie statt gefunden hat. Nach bisheriger Forschung hat sich eine Erklärung für dieses Phänomen herauskristallisiert: Schuld an der Erwärmung sind die vom Menschen und seiner Industrie ausgestoßenen Treibhausgase.

Diese Gase funktionieren wie das Glas eines Gewächshauses, weil das Sonnenlicht hinein kann, die durch Absorption entstandene Wärme aber nicht wieder hinaus. Je mehr von diesem Gas in der Luft ist, umso weniger Wärme kann wieder in den Weltraum abgestrahlt werden. Dadurch erwärmt sich der Planet dauerhaft.

Wird die Erde nun wärmer, werden gewisse Kipppunkte erreicht, also Temperaturerhöhungen, bei denen irreversible Veränderungen geschehen. So wird beispielsweise der Permafrostboden in Sibirien abtauen, welcher zu einem großen Teil aus Methaneis besteht. Dadurch gelangt viel Methan in die Atmosphäre, wo es dann als Treibhausgas die Erde weiter erwärmt. Auch das Abschmelzen der Gletscher ist eine Veränderung, die, wenn einmal geschehen, nur über Jahrtausende rückgängig zu machen ist.

Die Folgen davon können wir zur Zeit nur erahnen. Manche Berechnungen gehen von einem Anstieg des Meeresspiegels um bis zu 1m im Jahr 2100 aus. Des weiteren kann man immer mehr Krankheiten übertragende Insekten aus wärmeren Kontinenten in Europa finden. Vor allem wird das Wetter instabiler und extremer. So steigt beispielsweise die Wahrscheinlichkeit von Dürren und Überschwemmungen.

Das hat extreme Folgen für die Sicherheit der weltweiten Nahrungsmittelproduktion. Gerade die Länder, in denen die Veränderungen die Ernte am meisten schädigen werden, sind viel zu arm, um den Schaden irgendwie abmildern zu können.

Die bisherige Forschung führt uns ganz klar zu folgendem Fazit: Die Treibhausgasemission muss in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts um die Hälfte gesenkt werden und bis 2100 komplett eingestellt werden, um das Schlimmste zu verhindern.

7.2 Abwenden der Apokalypse

Um dem Treibhausgaseffekt entgegen zu wirken, müssen wir zuerst wissen, welche Gase genau diesen Effekt bewirken und welche menschliche Prozesse sie emittieren.

Zuallererst ist da Kohlenstoffdioxid, das vor allem durch das Verbrennen von fossilen Energieträgern erzeugt wird, also typischerweise Autos mit Verbrennungsmotor und Kohlekraftwerke. Dann gibt es noch Methan, welches beim Verrotten von organischem Material ohne Sauerstoff entsteht, also vor allem in der Viehwirtschaft, auf Mülldeponien und beim Reisanbau. Schlussendlich gibt es noch Distickstoffmonoxid, welches ebenfalls in der Viehhaltung entsteht und aus gedüngten landwirtschaftlich genutzten Flächen aufsteigt.

Diese Treibhausgasquellen gilt es auszutrocknen. Dafür gibt es bereits die unterschiedlichsten Strategien, vom Konsumverzicht über Energieeffizienz hin zum Wandel zu erneuerbaren Energien. Bereits 2030 werden Elektroautos und saubere Energiegewinnung aus Sonne und Wind wirtschaftlicher sein als heutige Lösungen. Das wird vor allem durch die aktuell rasante Entwicklung in der Stromspeicherung möglich.

Ein weiterer Schritt zu einem stabilen Klima muss ein Ernährungswandel der Menschheit sein, denn laut der Studie „Livestock and Climate Change“ des Worldwatch Institutes ist die Tierhaltung für mindestens die Hälfte des jährlichen Treibhausgasausstoßes verantwortlich. Abgesehen von der Austrocknung der Quellen kann man auch neue Senken schaffen. So bindet ein Wald viel mehr Kohlenstoffdioxid als eine Wüste. Aus Grünschnittabfällen kann Pflanzenkohle gewonnen werden, die bisher die sicherste Möglichkeit ist, Kohlenstoffdioxid im Boden zu speichern.

Das hört sich alles nach großen Veränderungen an, die in Deutschland das ewige Echo des „Wer soll das alles bezahlen?“ beschwören. Dazu sei gesagt, dass der Staat schon viel mehr bezahlt hat für die Forschung und Entwicklung von nutzbarer Kernenergie, ohne die vom Staat zu tragenden Kosten im Falle eines GAUs zu berücksichtigen. Die Kosten für den Wandel sollten also die Unternehmen tragen, die bisher sehr viel Steuergelder erhalten haben und im Endeffekt auch die größten Treibhausgasemittenten sind. Auch sollte man das Potential des Engagements Einzelner nicht unterschätzen, besonders in einem Land, in dem jeder seinen Müll trennt als gäbe es nichts Wichtigeres.

Es wird also der Gesamtgesellschaft schon manches an Umgewöhnung abverlangen, um unsere oben beschriebene Apokalypse zu verhindern.

7.3 Klimagerechtigkeit ausrechnen

Wir müssen etwas tun, um irreversible Klimaschäden zu verhindern. Aber was? Und wie viel? Wer ist schuld? Fragen über Fragen und kein Überblick. Genau aus diesem Grund versucht die Langzeit Initiative „Climate Equity Reference Project“ auf Basis der Daten des IPCC - International Panel on Climate Change ein Maß zu finden, mit dem sich ausrechnen lässt, welcher Staat in den kommenden Jahren welchen Betrag an CO_2-Äquivalent einsparen muss.

7.3.1 Das *Climate Equity Reference Project*

Das *Climate Equity Reference Project* ist eine Langzeitinitiative, die sich mit Klimafragen und in diesem Kontext mit Gerechtigkeit auseinandersetzt, analysiert und Werkzeuge bereitstellt, um die globale Erwärmung weltweit abzuwenden.

Die Initiative geht davon aus, dass nur noch ein gewisser Betrag an CO_2 emittiert werden darf, bevor es zu irreversiblen Schäden an unserer Umwelt kommt. Dabei stützt sie sich auf Erhebungen des IPCCs (*International Panel on Climate Change*), zu deutsch Weltklimarat.

Außerdem geht das *Climate Equity Reference Project* von folgenden Grundsätzen aus. Es ist Pflicht jedes einzelnen Staates, der globalen Erwärmung vorzubeugen, um ein menschenwürdiges Leben auf der Erde sicherzustellen. Jeder Staat handelt im Rahmen seiner Möglichkeiten. Dabei wird unterschieden zwischen der Verantwortung und der Pflicht, die jeder Staat individuell trägt. Jeder Mensch hat ein Recht auf nachhaltige Entwicklung.

Das *Climate Equity Reference Project* ist bestrebt viele Ansätze zu bieten, die den Begriff der Gerechtigkeit in diesem Zusammenhang ausdrücken sollen. Außerdem sollen Indikatoren gefunden und objektiv gehandelt werden. Das übergeordnete Ziel ist es auszurechnen, welchen gerechten Anteil am Gesamtersparnis jede Nation aufbringen muss.

7.3.2 RCI - Responsibility and Capacity Index

Der *RCI* (*Responsibility and Capacity Index*) heißt auf deutsch etwa „Verantwortungs- und Kapazitätsindex“. Wie der Name schon sagt, soll der Index eine Zahl angeben, die beinhaltet, wieviel ein einzelner Staat an CO_2 einsparen muss. Dabei werden sowohl seine Verantwortung, als auch seine finanziellen Möglichkeiten miteinbezogen.

Bei der *Verantwortung* handelt es sich um die historische Schuld. Dabei wird addiert, wieviel Tonnen CO_2 ein Staat pro Jahr emittiert hat, insofern die Daten vorliegen. Für die Jahre, in denen keine Daten vorhanden sind, wird die Emission proportional zum Pro-Kopf-Einkommen berechnet. Der Benutzer des Online-Rechners kann den Proportionalitätsfaktor hierbei selbst bestimmen, ansonsten nimmt der Rechner 1 als Proportionalitätsfaktor an.

Die *Kapazität* errechnet sich aus dem Pro-Kopf-Einkommen der Einwohner, wobei hier eine sogenannte *development threshold*, Entwicklungsgrenze, berücksichtigt wird.

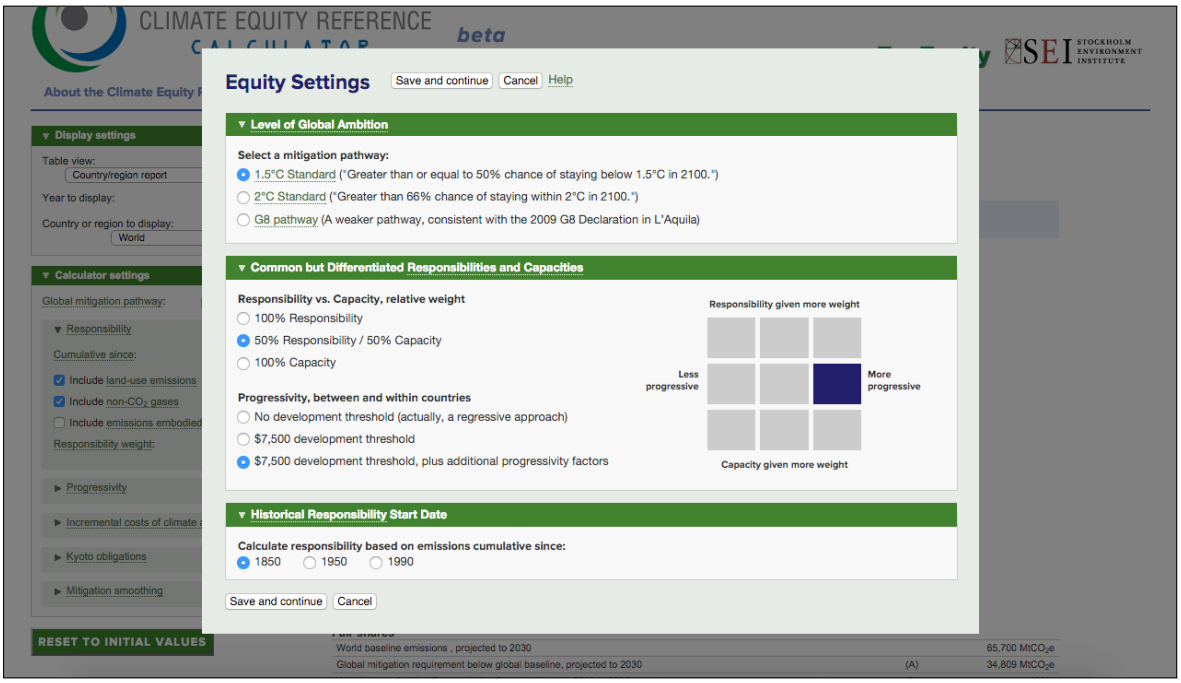


Abbildung 7.1: `https://calculator.climateequityreference.org`

Nur Einkommen über jährlich 7500 US$ werden miteinbezogen.

Im Folgenden bezeichnen wir mit $e(y)$ die Emission eines Staates im Jahr y und $i(\cdot)$ das Einkommen eines Bürgers. Insgesamt ergibt sich also für einen Staat X mit Einwohnern x der *RCI* als

$$RCI = \alpha_R \sum_{y \geq 1960} e(y) + \alpha_C \sum_{\substack{x \text{ Einwohner} \\ i(x) \geq 7500\$}} i(x)\,.$$

Die Koeffizienten α_R und α_C sind Zahlen zwischen 0 und 1, die in der Summe 1 ergeben und somit gewichten, wie stark die *Responsibility* beziehungsweise die *Capacity* in den *RCI* eingehen soll. Das Jahr, ab dem die Rechnung stattfinden soll, kann auch vom Benutzer individuell eingestellt werden. Betrachtet man die ganze Welt als ein Staat, dann ergibt sich der *RCI* eines Staates X als Anteil am RCI_{Welt} der ganzen Welt.

7.3.3 Online Rechner

Auf der Website des CERP findet man den Online Rechner. Aktuell (21.05.2016) wird dem Benutzer die Oberfläche in Abbildung 7.1 angezeigt. Mit den voreingestellten Werten ergibt sich durch den Rechner das Bild in Abbildung 7.2.

Obwohl die genauen Zahlen auf den Bildern schlecht zu erkennen sind, ergibt sich sehr deutlich, dass der orange Bereich die Menge an CO_2-Äquivalent ist, die bis zum Jahr 2030 eingespart werden muss. Die genaue Zahl steht unter der Graphik: 34,809 MiotCO_2e, also 34,809 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalent.

Ausgehend vom *RCI* ergibt sich nun für jeden Staat einen Anteil, den er selbst leisten soll oder den er aufbringt, indem er ärmere Staaten unterstützt.

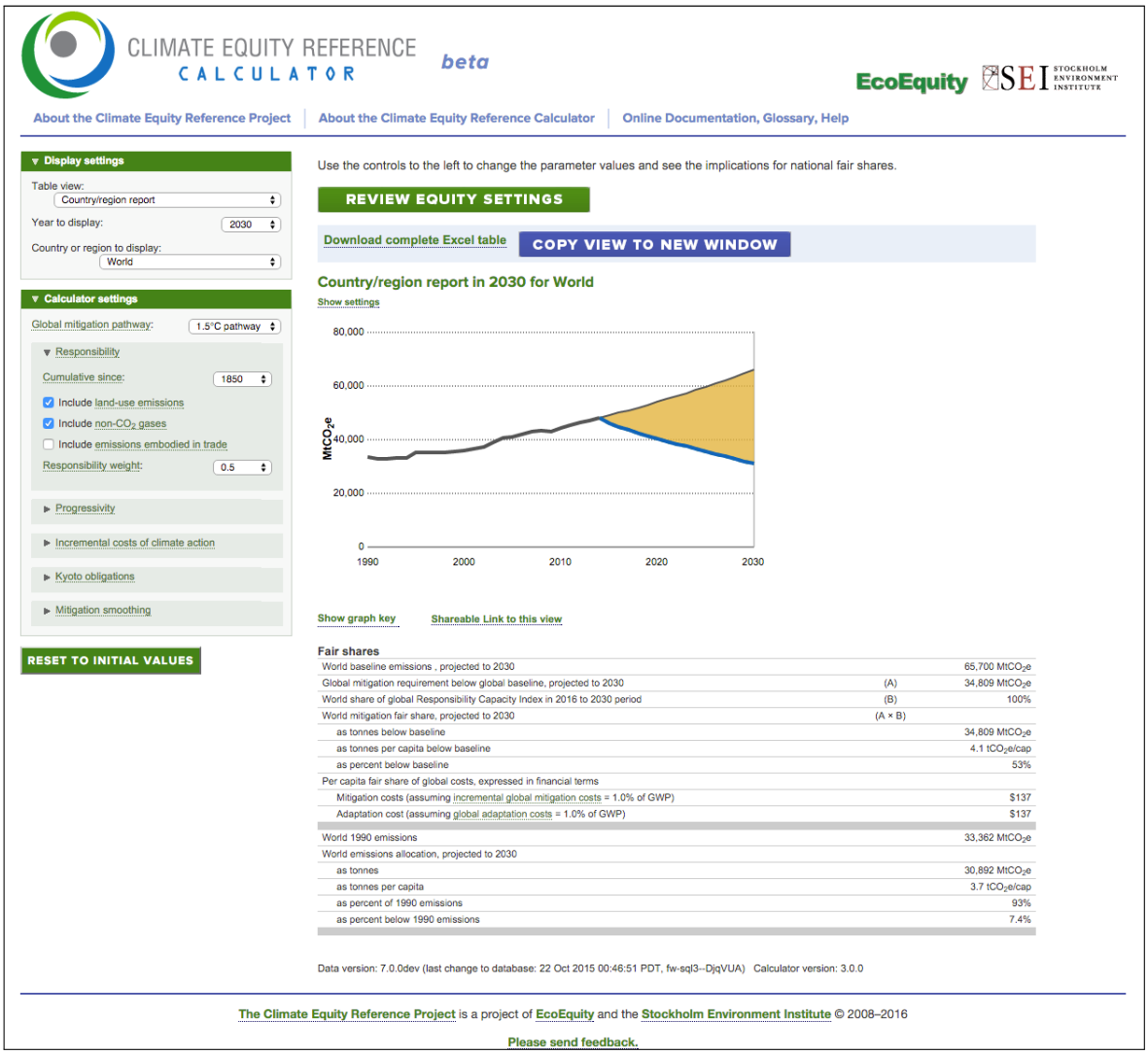


Abbildung 7.2: Online-Rechner, voreingestellte Werte

7.3.4 UN-Klimakonferenz Paris 2015

Die UN-Klimakonferenz wurde vom 30. November bis 12. Dezember 2015 in Paris abgehalten. Bereits im Vorfeld gaben die Staaten Erklärungen ab, wie viel CO_2 sie bereit seien einzusparen.

Die dort besprochenen Themen waren vielseitig und komplex. Abbildung 7.3 zeigt lediglich eine Gegenüberstellung der Menge an CO_2-Äquivalent, die einzelne Staaten bereit sind zu sparen, und der Menge, die laut CERP und Rechner eingespart werden müsste. Deutlich wird aber die Differenz der beiden Werte (*ambition gap*).

Der *RCI* ist ein möglicher Ansatz, Klimagerechtigkeit in einer Zahl auszudrücken. Der Nutzer darf selbst entscheiden, inwiefern der Rechner Sinn macht und welche Fragen dennoch ungeklärt sind.

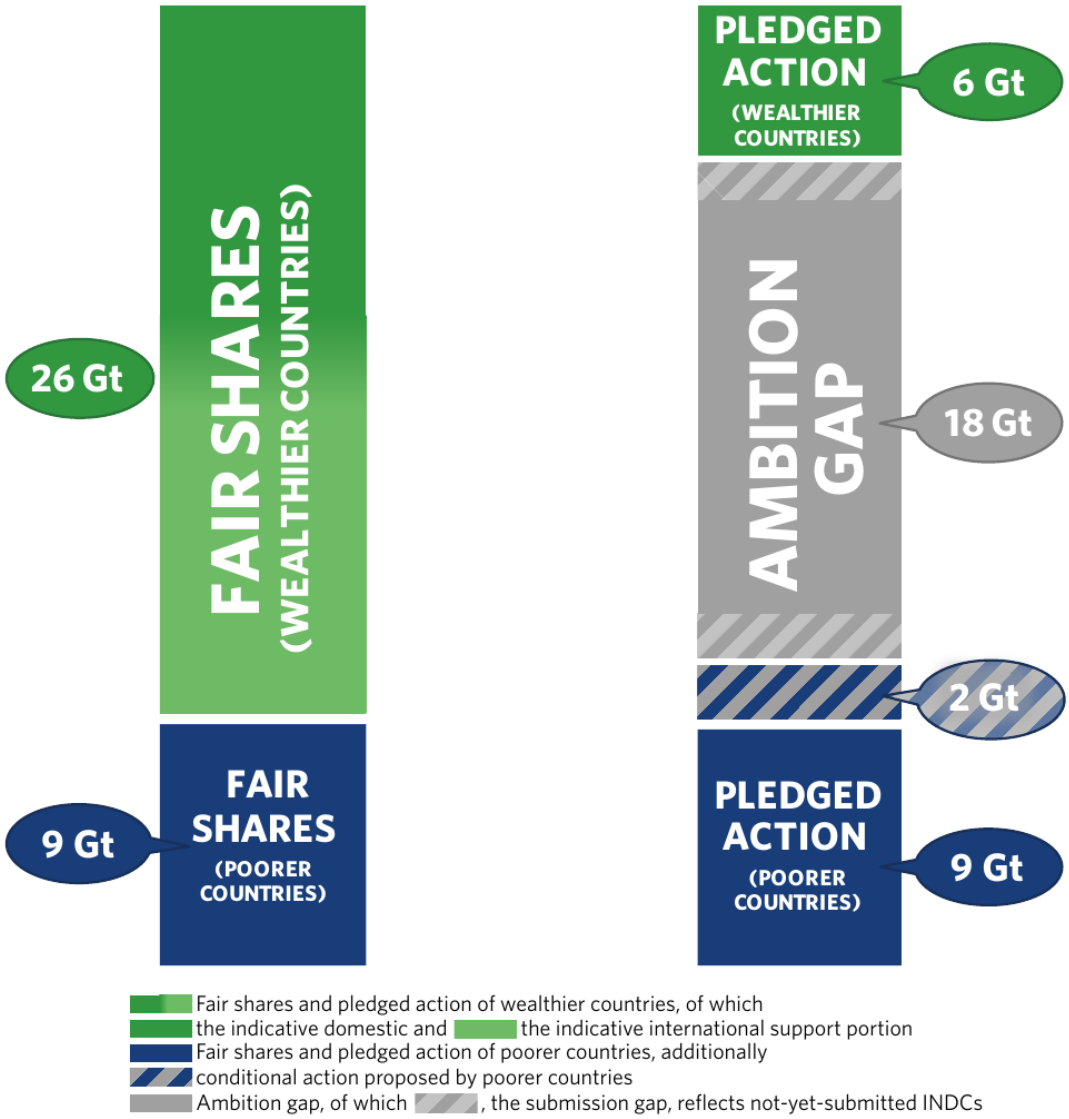


Abbildung 7.3: Fair Shares vs. Pledged Action (mitigation in 2030 below baseline in Gt CO2eq). `https://climateequityreference.org`

Literatur

[cer] *The Climate Equity Reference Project*. `http://www.climateequityreference.org`.

[IPC14] IPCC: *Climate Change 2014: Synthesis Report – Summary for Policymakers*, 2014.

[NAS] NASA: *GISS Surface Temperature Analysis*.

[RS12] RAHMSTORF, STEFAN und JOACHIM SCHELLNHUBER: *Der Klimawandel. Diagnose, Prognose, Therapie*. Beck, München, 2012.

[Wor09] WORLDWATCH: *Livestock and climate change*, 2009.

Der Pakt mit dem Teufel

Ein Essay über die Erfüllung von Utopien in Schöner Literatur

Helena Henkel

Als mein persönliches Thema für das Romseminar habe ich mir den Pakt mit dem Teufel vorgenommen. Ich habe meine Zuhörer zu einer literarischen Reise eingeladen.

In *Momo* von Michael Ende versuchen unheimliche graue Herren, die Gesellschaftsstruktur zu ihren Zwecken umzuformen, um den Menschen ihre Lebenszeit zu rauben. Dabei gaukeln sie vor, persönliche Wunschträume erfüllen zu können.

In *Matthias und der Teufel* von Gerald Messadié macht ein junger Maler sich auf eine Reise durch die Jahrhunderte, erfüllt von der Suche nach der ewigen Liebe, nachdem ihm der heraufbeschworene Teufel ewiges Leben geschenkt hat.
Wirken sich solch teuflische Elemente auch auf unser Leben aus?

Bei der Bologna-Reform gab es große Ziele und Versprechen, aber kaum ein Student oder Lehrender ist glücklich mit ihr. Hat uns der Teufel schon die Seele geraubt und webt sein Netz der Täuschung, um uns auf der Suche nach der wahren Bildung zu stoppen?

Ich habe dieses Thema gewählt, weil die Bücher mich schon viele Jahre begleiten und in meiner Phantasie zum Leben erwacht sind, und hier habe ich den Raum, diese Inspiration auch mit anderen zu teilen. Als Studentin und eine der ersten Versuchspersonen der Bologna-Reform liegt mir das Thema Bildung besonders am Herzen.

8.1 Teufel und Utopie

> **Teufel** (lat. *diabolus*) ist eine mit extrem negativen Eigenschaften ausgestattete Symbolgestalt, die generell der Verarbeitung der Erfahrungen des Bösen dient, wobei Probleme und Konflikte nicht rational angegangen, sondern auf eine mythische Personifikation projiziert werden.
> (RITTER: *Historisches Wörterbuch der Philosophie*)

Bei einer vormaligen Utopie, die sich in eine Dystopie verwandelt, kann dieser Definition entsprechend gesagt werden, dass der Teufel im Spiel ist. Entweder wirkt er mittelbar in seiner Eigenschaft als Täuscher und Blender, indem er uns Dinge erstrebenswert erscheinen lässt, die es nicht sind. Oder er greift unmittelbar in unsere Handlungen ein. In beiden Fällen ist er ein Teil unserer Psyche, auf den wir Charakterzüge projizieren, die wir nicht als Teil von uns akzeptieren wollen. So spalten wir ihn ab und erschaffen uns einen Teufel.

Was wäre, wenn dieser ausgelagerte Teil unserer eigenen Persönlichkeit nicht nur als eigene Wesenheit existieren würde, sondern sogar übermenschliche Fähigkeiten hätte und uns nicht nur Erstrebenswertes vorgaukeln könnte, sondern uns diese Wünsche auch erfüllen würde? Solche Fragen haben sich auch Literaten gestellt, wofür wir im Folgenden Beispiele betrachten, um anschließend den Kreis wieder zu schließen hin zur Überlegung, ob wir selbst vielleicht unlautere, teuflische Dinge tun, um Visionen zu realisieren.

> Ich schränke also den Begriff der **Utopie** (Anm.: griech. *outopos* = „Nichtort“ bzw. *eutopos* = „Guter Ort“) [...] auf den Bereich der realisierbaren Möglichkeiten ein, verstehe aber unter Utopie nicht ein bloßes Gebilde des Bewusstseins, [...] sondern die antizipierte Gestalt der Zukunft selbst, also eine mögliche Realität. Der Begriff der Utopie hat dann die Funktion, zwischen Bewusstsein und zukünftiger Wirklichkeit zu vermitteln. [...] Sie zwingt uns, nicht nur unsere Erkenntnis, sondern auch unsere Hoffnungen und Wünsche, unsere Ideologien und unsere Träume am Maßstab kritisch

> antizipierter Realität zu prüfen. [...] Prognose ist Antizipation der Zukunft durch Theorie. Planung ist Antizipation der Zukunft für die Praxis. Aber beide Weisen des Vorgriffs in die Zukunft werden nur dadurch möglich, dass zuvor die produktive Einbildungskraft ein Schema des Spielraums der Möglichkeiten (Anm.: gemeint ist die Utopie) entwirft, innerhalb deren Prognose und Planung ihr Feld entdecken.
>
> [Pic67, S. 39ff]

Picht definiert Utopien auf rein gesellschaftlicher Basis. In der Alltagsbedeutung des Begriffes Utopie wird dieser oft mit Wünschen und Träumen in einen Topf geworfen, also individuellen Thematiken, die nicht die ganze Gesellschaft betreffen. In *Matthias und der Teufel*[1] beispielsweise kommen gesellschaftliche Utopien nur am Rande ins Spiel, weil der Protagonist Matthias durch die Heraufbeschwörung des Teufels zur Erfüllung seiner persönlichen Sehnsüchte die Gelegenheit erhält, verschiedene Gesellschaftsstrukturen und deren Umbruch im Zeitraffer kennen zu lernen. In der Erzählung *Momo*[2] wiederum ist beides wiederum eng verflochten, weil die teuflischen grauen Herren an den Wünschen Einzelner ansetzen, um letztendlich die ganze Gesellschaftsstruktur zu verändern.

8.2 Ein Ausflug in die Literatur

Der Vorteil einer literarischen, also fiktiven Herangehensweise an ein Thema ist, dass hier eine Utopie sehr detailliert aufgespannt werden kann und eine Reihe möglicher Folgen eines Handlungsansatzes betrachtet werden, ohne direkt den Anspruch erfüllen zu müssen, alle Folgen und deren Eintrittswahrscheinlichkeit erläutern zu müssen. Durch diese größere Freiheit können fruchtbarere Ergebnisse zustande kommen, als wenn man durchgängig streng wissenschaftlich vorgehen müsste. In diesem Bereich kann unterschieden werden zwischen „schöner Literatur“, die hier näher betrachtet wurde, und religiösen Texten, in denen der Teufel eine wichtige Rolle spielt (zum Beispiel Bibel und Koran) und die sowohl religionswissenschaftlich als auch literaturwissenschaftlich interpretiert werden können. Für ein stimmiges Bild unserer Wirklichkeit ist es notwendig, Fiktion und Realität anschließend wieder sorgfältig voneinander zu trennen.

8.3 Momo: Schein und Wirklichkeit

8.3.1 Inhaltsskizze

Momo von Michael Ende ist eine märchenhafte Erzählung, die üblicherweise in die Kinderliteratur eingeordnet wird, aber auch Erwachsenen spannende Einblicke liefern kann. Die Handlung spielt sich in einer kleinen italienischen Stadt ab, in der es die Ruine eines uralten römischen Amphitheaters gibt. Dort hat sich ein obdachloses Mädchen, Momo, ein Zuhause zwischen Mauerlücken eingerichtet.

[1] Gerald Messadié, 1990
[2] Michael Ende, 1973

Durch ihre geduldige und aufmerksame Wesensart wird Momo schnell zur beliebten Spielkameradin für Kinder und auch zur angenehmen Gesellschaft für Erwachsene. In dieses Kindheitsparadies dringen aber seltsame Schattengestalten ein, die grauen Herren, die das Zeit-Sparen unter den Menschen verbreiten und dadurch die Gesellschaft zu ihren Gunsten verändern. Die Existenz dieser Graumänner ist zwingend abhängig davon, dass sie in jeder Sekunde auf einen großen Vorrat an gestohlener Lebenszeit zugreifen können. Momo, deren größter Reichtum ihre Zeit ist, erweist sich als natürliche Feindin der grauen Herren und nach vielen schönen, aber auch bitteren Lernerfahrungen und massiver Isolation kann sie die Schattengestalten in einem spannenden Showdown besiegen.

8.3.2 Die grauen Herren

MICHAEL ENDE skizziert die grauen Herren als unnahbare Geschäftsleute, die in feinen Anzügen, Hüten und mit einer Zigarre im Mundwinkel durch die Stadt reisen und die Menschen davon überzeugen, sich ihrem Zeitspar-Lebensmodell anzuschließen. Hier fällt schon auf, dass diese Graumänner keine klischeehaften Teufel sind, die mit Bannkreisen und magischen Zeichen heraufbeschworen werden, sondern dass sie von sich aus auf die Menschen zugehen und diese verführen wollen. Es ist zunächst nicht direkt erkennbar, dass sie extrem negative Eigenschaften haben sollen (siehe Definition), sondern sie spielen mit der Verlockung, dass das, was sie vorschlagen, den Menschen deren geheimste Wünsche und Sehnsüchte erfüllen soll. Dabei spannen sie ein riesiges Netz der Täuschung auf, denn das, was sie nicht offen sagen, ist, dass die ersparte Zeit nicht den Menschen selbst zugute kommt, sondern diesen für immer verloren ist. Die grauen Herren existieren nach einer Art Schneeballprinzip: Je mehr Zeit sie zur Verfügung haben, desto mehr ihrer Art können entstehen, die dann selbst weitere Menschen dazu überreden, Zeit zu sparen. (Wie so ein „Überredungsgespräch“ beispielhaft abläuft, ist nachzulesen in [End96, S. 64ff].)

8.3.3 Gesellschaftswandel und die Kinder

Der Autor beschreibt hier einen tiefgreifenden Gesellschaftswandel, der alle Arbeitsvorgänge effizienter macht und den Wohlstand in der Stadt massiv steigert. Da nun aber alle Handlungen, die nur dem Vergnügen und Zeitvertreib dienen, wegrationalisiert werden, bleiben auch die kleinen Glücksmomente der Menschen aus und das Leben wird immer trostloser.

Die zum Negativen veränderte Gesellschaft verdeutlicht MICHAEL ENDE an den Kindern, deren Verwahrlosung und gesteigerte Aggression bei gleichzeitiger Perspektivlosigkeit er darstellt, um dann die Reaktion der grauen Herren darauf zu zeigen, die Kinder schon von klein auf zu formen.

> Stattdessen geschah etwas ganz anderes.
>
> Eines Tages nämlich begegnete Momo in der Stadt drei Kindern, die früher immer zu ihr gekommen waren. Es waren Paolo, Franco und das Mädchen Maria, das früher immer das kleine Geschwisterchen Dede

herumgetragen hatte. Alle drei sahen ganz verändert aus. Sie trugen eine Art grauer Uniform, und ihre Gesichter wirkten seltsam erstarrt und leblos. Selbst als Momo sie jubelnd begrüßte, lächelten sie kaum. „Ich hab euch so gesucht“, sagte Momo atemlos, „kommt ihr jetzt wieder zu mir?“

Die drei wechselten Blicke, dann schüttelten sie die Köpfe.

„Aber morgen vielleicht, ja?“ fragte Momo. „Oder übermorgen?“

Wiederum schüttelten die drei die Köpfe.

„Ach, kommt doch wieder!“ bat Momo. „Früher seid ihr doch auch immer gekommen.“

„Früher!“ antwortete Paolo, „aber jetzt ist alles anders. Wir dürfen unsere Zeit nicht mehr nutzlos vertun.“

„Das haben wir doch nie getan“, meinte Momo.

„Ja, es war schön“, sagte Maria, „aber darauf kommt es nicht an.“ Die drei Kinder gingen eilig weiter. Momo lief neben ihnen her.

„Wo geht ihr denn jetzt hin?“ wollte sie wissen.

„In die Spielstunde“, antwortete Franco. „Da lernen wir spielen.“

„Was denn?“ fragte Momo.

„Heute spielen wir Lochkarten“, erklärte Paolo, „das ist sehr nützlich, aber man muss höllisch aufpassen.“

„Und wie geht das?“

„Jeder von uns stellt eine Lochkarte dar. Jede Lochkarte enthält eine Menge verschiedener Angaben: wie groß, wie alt, wie schwer, und so weiter. Aber natürlich nie das, was man wirklich ist, sonst wäre es ja zu einfach. Manchmal sind wir auch nur lange Zahlen, MUX/763/y zum Beispiel. Dann werden wir gemischt und kommen in eine Kartei. Und dann muss einer von uns eine bestimmte Karte herausfinden. Er muss Fragen stellen, und zwar so, dass er alle anderen Karten aussondert und nur die eine zum Schluss übrigbleibt. Wer es am schnellsten kann, hat gewonnen.“

„Und das macht Spaß?“ fragte Momo etwas zweifelnd.

„Darauf kommt es nicht an“, meinte Maria ängstlich, „so darf man nicht reden.“

„Aber worauf kommt es denn an?“ wollte Momo wissen.

„Darauf“, antwortete Paolo, „dass es nützlich für die Zukunft ist.“

Inzwischen waren sie vor dem Tor eines großen grauen Hauses angekommen. *Kinder-Depot* stand über der Tür.

„Ich hätte euch so viel zu erzählen“, sagte Momo.

„Vielleicht sehen wir uns irgendwann mal wieder“, antwortete Maria traurig.

> Um sie herum waren noch mehr Kinder, die alle in das Tor hineingingen. Und alle sahen ähnlich aus wie die drei Freunde von Momo. „Bei dir wars viel schöner“, sagte Franco plötzlich. „Da ist uns selber immer eine Menge eingefallen. Aber dabei lernt man nichts, sagen sie.“
>
> „Könnt ihr denn nicht einfach ausreißen?“ schlug Momo vor.
>
> Die drei schüttelten die Köpfe und blickten sich um, ob es jemand gehört hatte.
>
> „Ich hab's schon ein paar Mal versucht, am Anfang“, flüsterte Franco, „aber es ist zwecklos. Sie kriegen einen immer wieder.“
>
> „So darf man nicht reden“, meinte Maria, „schließlich wird doch jetzt für uns gesorgt.“
>
> Alle schwiegen und blickten vor sich hin. Schließlich fasste Momo sich ein Herz und fragte: „Könntet ihr mich mitnehmen? Ich bin jetzt immer so allein.“
>
> [End96, S. 225ff]

Verschiedene Redewendungen, die die Kinder im zitierten Text verwenden, zeigen Symptome einer Diktatur, wie „so darf man nicht reden“, das sich mehrmals wiederholt. Tatsächlich gibt es aber keinen Diktator, strenggenommen hätte die gesellschaftliche Veränderung sogar stattfinden können, ohne dass die grauen Herren eingegriffen hätten. Das einzige, das sich geändert hat, ist die Einstellung der Menschen.

8.3.4 Seelenverlust und Illusion(slosigkeit)

Der Autor führt die Schattengestalten als greifbares Feindbild ein. Sie sind sichtbare Gegenspieler, die von Momo bekämpft und besiegt werden. Eben diese Parallele mit der Definition des Teufels aus dem historischen Wörterbuch der Philosophie (vgl. mythische Personifikationen) erlaubt es überhaupt, einen Text, in dem das Wort *Teufel* kein einziges Mal vorkommt, mit in eine Betrachtung darüber aufzunehmen.

In diesem Märchen-Roman lassen sich die Menschen nicht, um erstrebenswerte Ziele zu erreichen, auf einen zweifelhaften Pakt mit dem Teufel ein, der Seelen bekommt, sondern das Fragwürdige sind die Ziele selbst. Diese zu erreichen führt schon aus sich heraus zu einem „Seelenverlust“, das heißt einer Einschränkung der Wahrnehmung von Freude und Glück.

Mit seiner *Momo* warnt der Autor demnach vor der Art von Lebensführung, zu der seine grauen Herren verführen, und die Parallelen, die er zu unserer Gesellschaft zieht, sind nicht zu übersehen. Spannend ist aber auch der andere Aspekt, dass Menschen, die ähnlich wie Momo nicht zum gesellschaftlichen Mainstream gehören, sondern sich nahezu gegenteilig verhalten und nicht an dem üblichen „Höher – Schneller – Weiter“ beteiligt sind, ebenfalls darunter leiden, dass alle anderen unter Zeitdruck stehen. Denn die Momos unter uns werden zu Außenseitern und die daraus entstehende Isolation ist kaum zu ertragen.

Das teuflische Element, das die grauen Herren (bzw. das Graumännische in uns) in die Stadt getragen haben, wird zum Selbstläufer und braucht gar keinen personalen Teufel mehr, um sich weiter zu verbreiten.

Laut Georg Picht [Pic67] muss eine Utopie gesellschaftliche Ausmaße haben, um unter diesen Begriff zu fallen, während Träume und Sehnsüchte einzelner Personen nichts mit diesem Thema zu tun haben. Um den Schritt von der Utopie über die Prognose und Planung zur Umsetzung zu machen, setzt Picht Macht und Einfluss voraus. Interessant ist nun, wie Michael Ende mit diesen Elementen umgeht. Der Wandel, der in seiner Erzählung geschieht, ist in letzter Folge gesellschaftlich und nimmt dystopische Formen an, während die Macht, diese Veränderungen voranzutreiben, einzig und allein der Illusion jedes Einzelnen entspringt, sich damit die persönlichen Wünsche erfüllen zu können. Hier wird einmal deutlich, wie einflussreich jemand sein kann, wenn er es schafft, die Emotionen der Menschen zu bündeln und alle Zielstrebigkeit zu vereinen zu einem gemeinsamen Ziel.

Die einzige erkennbare Utopie und die damit verbundene Ausrichtung in die Zukunft ist die der grauen Herren, alle Zeit aller Menschen vollständig zu kontrollieren. Die Menschen werden als ziellos (bis auf das gemeinsame Ziel des Zeit-Sparens) und leicht beeinflussbar charakterisiert und entwickeln keine eigene Utopie, was sie angreifbar für die teuflischen Ideen der grauen Herren macht.

8.4 Matthias und der Teufel: Das ewige Leben

8.4.1 Inhaltsskizze

Die Basis für diesen Abschnitt ist die romanartige Erzählung *Matthias und der Teufel* von Gerald Messadié.

Der Text startet mit einem jungen Maler, der sich in ein Mädchen verliebt und mit ihr ein Kind zeugt. Als Auszubildender kann er sich eine Hochzeit mit ihr nicht leisten und wird zwangsweise von ihr getrennt. In seiner jugendlichen Verzweiflung beschwört er den Teufel herauf und bekommt von ihm die schöpferische Fähigkeit, die Menschen auf seinen Bildern zum Leben zu erwecken. Sein Versuch, die verlorene Freundin Marisa dieserart wieder zu sich zu holen und für sich zu gewinnen, schlägt fehl: Er wird von „ihr“ zurückgewiesen. Im Laufe der Zeit verbessert er seine malerischen und damit schöpferischen Fähigkeiten und glaubt irgendwann, den Teufel überlistet zu haben, da er auch sich selbst malen und verjüngen kann. Die Erzählung begleitet Matthias durch mehrere Jahrhunderte voller Selbsterkenntnis und Gesellschaftskritik, bevor er schließlich doch stirbt.

8.4.2 Die Bilderhölle

Das Buch lebt vor allem auf einer persönlichen Ebene, denn Matthias muss entdecken, dass diese Fähigkeit, Bilder von anderen und sich selbst zum „Leben“ zu erwecken und dieserart selbst die Zeit zu überdauern, letztendlich sehr einsam und unglücklich macht. Denn die Erfahrung, eine echte Beziehung zu einem Gegenüber aufzubauen, das nicht er zum Leben erweckte, fehlt ihm mehr und mehr. Beispielsweise spiegeln

die von ihm erschaffenen Frauen durchweg sein eigenes Wesen wieder und damit auch seine eigenen Schwächen. Mit der Zeit wird ihm sein Wunschtraum zu einem Alptraum und damit stellen sich dem Leser Fragen: Wie können wir wissen, ob das, was wir uns wünschen, wirklich gut für uns ist? Befriedigen Wünsche, die durch eine wie auch immer geartete Abkürzung (beispielsweise durch eine Teufelsbeschwörung) erfüllt werden, gleichermaßen wie hart und langwierig erarbeitete.

Die Antwort, ob Matthias seine große Liebe noch einmal von sich hätte überzeugen können, wenn er den menschlichen Weg gegangen wäre, nämlich sie zu umwerben und sich den gesellschaftlichen und finanziellen Hintergrund für eine Heirat zu erarbeiten, bleibt offen. Ebenfalls offen bleibt die Frage, ob sie nur eine idealisierte Jugendliebe ist.

Ob nun tatsächlich neben Matthias noch ein Teufel im Spiel ist oder nicht, spielt letztendlich (ähnlich wie bei Momo) keine Rolle mehr, denn der von MESSADIÉ beschriebene Teufel ist im Prinzip harmlos: Er raubt Matthias nicht die Seele und wirft ihn auch nicht in die Hölle. Stattdessen erleidet Matthias in seinem langen Leben, das ja materiell und gesundheitlich nichts zu wünschen übrig lässt, so viele widersprüchliche Erfahrungen, dass er abgestumpft und gleichgültig wird und keine echte Liebe mehr empfinden kann.

8.4.3 Der Teufel im Kopf

MESSADIÉ verzichtet auf teuflische Attribute wie den Pferdefuß und charakterisiert den Teufel (den er schlicht „Mann in Grau“ nennt) als gepflegten Geschäftsmann.

> Die Katze drehte den Kopf. Mit etwas müdem Schritt betrat ein Mann das Zimmer, der seinen tabarro auf dem Boden hinter sich herschleifen ließ. Vierzig Jahre? Fünfzig? Ein schöner Kopf jedenfalls, und nichts Schwefliges an ihm. Ein gepflegter grauer Anzug, seidene Kniestrümpfe und ein Zopf. Ein Mann, der niemandem aufgefallen wäre, es sei denn wegen der Schönheit seines Gesichts und des gepflegten Äußeren. Seine Nase war ein wenig gekrümmt, gerade genug, um eine gewisse Autorität auszustrahlen, der Mund war wohlgeformt und fleischig. Er hatte eine hohe Stirn und gepuderte Haut. Der Blick war wie der Schritt, ironisch und müde. Er zog sich einen Stuhl heran, legte die Beine übereinander, kraulte den Kopf der Katze und sagte:
>
> „Es geht um Marisa, nicht wahr?“
>
> [Mes91, S. 100]

Damit ist der Weg des Romans vorgezeichnet, dass nämlich der Teufel nicht die Rolle des offensichtlich Bösen spielt, nicht einmal die eines Verführers, sondern einfach auf Abruf kommt, dann aber nur zu seinen Bedingungen handelt.

Im Laufe der Geschichte reflektieren die Protagonisten mehr und mehr die Einflussnahme des Teufels auf ihr eigenes Schicksal und Handeln. Matthias langjähriger Gefährte Zanotti dichtet dem Teufel menschliche Eigenschaften wie die Langeweile an und beschreibt Matthias und ihn als Gefangene in einem System, das sich verselbstständigt hat und in dem sie zum Handeln gezwungen werden.

Matthias und der Teufel ist demnach ein großes Gedankenspiel: Der Autor lässt Matthias zunächst seine malerische Schöpferkraft erkunden, hinsichtlich derer er den anderen Menschen überlegen ist, zwingt ihm dann aber die Einsicht auf, dass er nur ein Spielball des Teufels ist, und weiter lässt er in ihm die Erkenntnis reifen, dass er selbst teuflische Aspekte in sich trägt.

> „Warum hast du es dann getan?"
>
> „Ich habe es nicht getan", murmelte Thomas niedergeschmettert, „es war der Teufel, der mich dazu gebracht hat. Sie hat mich gestreichelt, und dann..."
>
> „Und dann", fiel ihm Matthias mit einem unterdrückten Seufzer ins Wort. „Der Teufel, der dich dazu gebracht hat, ist in dir", fügte er hinzu.
>
> [Mes91, S. 401]

In der Begegnung mit jüngeren Menschen erlebt Matthias, wie sie (in diesem Fall sein Lehrling Thomas) negative Eigenschaften vollständig dem Teufel andichten, um sich selbst zu schützen und die innere Zerrissenheit zu reduzieren.

Matthias' Verständnis der Welt hingegen baut sich auf zwei Ebenen auf: Einerseits hat er (anders als seine Mitmenschen) den Teufel als direktes Gegenüber kennen gelernt und mit ihm gesprochen. Andererseits erwägt er, dass der Teufel eine interne Struktur in den Köpfen der Menschen ist. Matthias lebt also im schwierigen Spannungsfeld der Frage: Ist der Teufel eine eigenständige Wesenheit?

Auch wenn in Matthias schon lange die Erkenntnis dämmert, dass der Teufel primär ein Teil seiner selbst ist, nimmt er ihn weiterhin als ein Gegenüber wahr, das mit seinem Leben spielt und in einigen Aspekten mächtiger ist als er selbst.

Matthias durchlebt auch frustrierende Aspekte der Selbsterkenntnis: ihm sind nicht nur durch den Teufel Schranken gesetzt.

> Und er war erschreckt, nein, niedergeschmettert von dem, was ihm in diesem Moment zu dämmern begann: daß die außergewöhnlichste Fähigkeit, die einem menschlichen Wesen verliehen werden kann – die Fähigkeit, ein anderes menschliches Wesen zu erschaffen –, zu nichts nutze ist als zur Befriedigung geheimer, einsamer und dunkler Begierden.
>
> [Mes91, S. 385]

Trotz des schalen Beigeschmacks, den die Erschaffung von Menschen mittlerweile für ihn hat, macht sich Matthias nochmals daran, eine Frau zu malen und zum Leben zu erwecken. Myra scheint nahezu perfekt zu sein und bekommt Angebote als überzeugende Schauspielerin. Doch Matthias erkennt, dass ihm solche „Schöpfungen" nicht mehr weiterhelfen, da seine Begabung und Vorstellungskraft nicht ausreichen, etwas zu erschaffen, das mehr ist als er selbst.

> Hinfort war er ein Mensch wie alle anderen. Er hatte seine Grenzen erreicht. Der Mann in Grau war für ihn nutzlos gewesen.
>
> [Mes91, S. 533]

8.4.4 Macht und Moral

Hier ist wieder ein Vergleich mit dem Text von PICHT interessant. Um in einer Gesellschaft etwas zu verändern, benötigt man Utopien. Prognosen und Planungen – ohne Utopien – sind nicht möglich. Die Fähigkeit, einen Plan in die Tat umzusetzen, kann vielleicht ein Teufel zur Verfügung stellen, aber es ist nicht möglich, ein klares Ziel außerhalb des Vorstellungsvermögens zu finden. Einer der Kerngedanken des Romans ist der Folgende:

> „Die größte List des Teufels besteht darin, uns glauben zu machen, er sei eine Person oder er sei an einem festen Ort lokalisierbar, so daß man nur das eine oder das andere zerstören müsse, um ihn selbst vernichten zu können. Diese Vorstellung mündet stets in Fanatismus, das heißt also in Ungerechtigkeit. Konsequenterweise müsste man sogar sagen, daß die größte List des Teufels darin besteht, uns glauben zu machen, es gebe ihn wirklich."
>
> [Mes91, S. 602]

Hier wird die große Gefahr thematisiert, die eine strikte Trennung zwischen Mensch und Teufel und die damit einhergehende Unterteilung der Welt in Gut und Böse mit sich bringt. Geht von diesen Unterscheidungen eine Gefahr aus, so ist es nur konsequent, sie wiederum dem Teufel selbst zuzuschreiben.

MESSADIÉ erläutert diesen Gedanken im anschließenden Absatz genauer und zieht die Schlussfolgerung, dass wir Menschen uns zur Sicherung des sozialen Überlebens einen Weg aus diesem Dilemma gesucht haben, indem wir bestimmte Moralvorstellungen theologisch untermauern.

> „Wir alle neigen unwillkürlich dazu, das Leiden dem Bösen zuzuschreiben und folglich die Freude dem Guten. Aber wenn einer am Leiden des anderen Gefallen findet oder umgekehrt, so müssen wir anerkennen, dass diese Verkehrung jedes Lebewesen, und sei es eine Fliege, zum Teufel für ein anderes macht. Um aus dieser Sackgasse herauszukommen, haben die Propheten und die Philosophen Gut und Böse so konzipiert, daß es die Leiden der Individuen lindert und gleichzeitig ihre Freuden einschränkt. So wird es zum Beispiel unmoralisch sein zu stehlen, wenn die Freude des Diebs das Leid seines Opfers mit sich bringt. Aber es handelt sich dabei um eine soziale Strategie, nicht um eine ethisch fundierte Herleitung."
>
> [Mes91, S. 602]

Diese Gedankengänge sind inhaltlich in den Roman eingebunden als schriftliche Nachlässe von Matthias, der seine Erfahrungen mit dem Teufel in einem Tagebuch verarbeitet. Bewusst sind sie aber nicht als abschließende Wahrheiten geschrieben, sondern es sind Zeilen eingestreut, die provozieren und den Leser im Zweifel lassen, ob nicht auch der Teufel ein Mitautor der Aufzeichnungen ist.

8.4.5 Utopie und Gesellschaft

Der Bezug auf das Thema Utopie ist nicht ganz offensichtlich, denn der Roman befasst sich zwar sehr ausführlich mit den persönlichen Wünschen des Protagonisten und den Ambivalenzen, die bei deren Erfüllung auftreten, aber gesellschaftliche Themen werden oft nur implizit thematisiert. Matthias gehört zu den privilegierten Menschen, die in unbegrenztem Reichtum leben, denn das Geld kann er sich ja auch malen, und deutet gelegentlich an, dass Sozialismus für ihn keine Option wäre, weil darin Gleichheit auf einem Niveau hergestellt wäre, das keinen Raum für Schönheit und Kunst lassen würde. Mit politischen Themen wird er immer wieder am Rande konfrontiert, wenn eines seiner Geschöpfe einer mächtigen Persönlichkeit zu sehr den Kopf verdreht, oder weil es schwieriger wird, ohne Spuren der Vergangenheit zu leben in Zeiten, wo man sich regelmäßig ausweisen muss und die Papiere wichtiger sind als der persönliche Eindruck. Grundsätzlich ist er aber ein absolut unpolitischer und vornehmlich egozentrischer Mensch.

Ein Zusammenhang lässt sich dann herstellen, wenn man davon ausgeht, dass zwischen dem Schicksal einer Einzelperson und dem Schicksal einer Gesellschaft viele Parallelen bestehen. Ein einzelner Mensch hat Wünsche und Ängste, eine Gesellschaft hat Utopien und Dystopien, beide versuchen jeweils eine Umsetzung des Guten, wobei dies aber für eine Gesellschaft wesentlich komplexer ist, da nicht nur die Befindlichkeit einer einzelnen Person wichtig ist, sondern das Wohlergehen von Vielen.

8.5 Utopie und Realität

8.5.1 Übermenschliche Gefahr

Die interessante Frage ist nun, wie viel Realität die beiden zitierten Romane in sich bergen und wie viel davon nur literarische Spielerei ist.

Zunächst einmal ist unklar, ob eine Utopie überhaupt realisiert werden kann, ohne dass höhere Mächte im Spiel sind. In beiden Romanen sieht es zunächst danach aus, dass übermenschliche Fähigkeiten eine ganz wichtige Rolle spielen. Die Grauen Herren können Gegenstände erschaffen und kontrollieren, außerdem besitzen sie die Fähigkeit, sich schnell zu vermehren, unheimlich schnell fortzubewegen und in sehr kurzer Zeit sehr viele Menschen zu einem gemeinsamen Ziel zu überreden. Der Mann in Grau wiederum verleiht Matthias die übermenschliche Fähigkeit schöpferischer Malerei.

Bei genauerer Betrachtung wird aber klar, dass diese Elemente nur literarisches Beiwerk sind und vieles nicht anders geschehen würde, wenn diese Möglichkeiten nicht bestünden – aber wohl nicht in dieser Dichte und Geschwindigkeit.

Auch aus unserer eigenen Geschichte heraus ist klar, dass ein Gesellschaftswandel möglich ist. Vieles von den Strukturen, in denen wir jetzt leben, war noch im Mittelalter reine Utopie.

In Momo werden die Menschen allerdings während der Umsetzung der Utopie immer unglücklicher, während Matthias mit dem Teufel implizit einen Pakt schließt, dass dieser seine Seele haben kann. Hier wird es also ambivalent. Dass Utopien

grundsätzlich einen Weg in die Realität finden können, scheint klar. Offen bleibt aber, welchen Preis wir zahlen müssen und ob dieser ähnlich groß ist wie der Verkauf einer Seele.

8.5.2 Realitätsprobe

Für unsere Realität, also für unser Leben, stellen sich bezüglich der Realisierung gesellschaftlicher Utopien Fragen, die in den beiden Romanen nicht thematisiert sind. Um nur einige Beispiele zu nennen: Wer sind die Beteiligten und um welche Inhalte geht es? Wer hat Interesse daran, Strukturen zu verändern, und wer macht das dann? Gibt es noch eine verborgene Motivation hinter offensichtlichen Plänen? Was sind die Folgen, wenn ein Plan umgesetzt wird, und was verhindert den Erfolg? Was passiert, wenn die Umsetzung einer Utopie scheitert?

Betrachtet man die Begriffswelt von GEORG PICHT [Pic67], so ist die Utopie nicht etwas, das scheitern kann, sondern ein Bindeglied zwischen einer prognostizierten Zukunft und einem praktischen Plan. Die Erkenntnis, dass Strukturen geändert werden müssen, fällt also in den Bereich der Prognose, während die Zielsetzungen, die einem Gesetzentwurf vorausgehen, unter den Begriff Utopie fallen und von unterschiedlichen Personen und Interessengruppen gestaltet werden können. Die Bündelung dieser Utopien in einem Gesetzentwurf fallen unter den Begriff Planung. Ein solcher Plan kann dann scheitern, wenn die Machtverteilung nicht solcherart ist, dass die Menschen, die bereit sind, an der Umsetzung zu arbeiten, auch die Möglichkeit dazu haben, oder wenn die Zielsetzungen unvereinbar sind.

8.6 Bologna-Prozess: Realisierung einer Utopie als wirkliches Problem?

Ein Versuch, die gestellten Fragen etwas präziser zu betrachten, soll in folgendem Abschnitt am Beispiel des Bologna-Prozesses umgesetzt werden.

Im Rahmen des Romseminars konnten wir uns mit der jetzigen Botschafterin und ehemaligen Bildungsministerin ANNETTE SCHAVAN unterhalten. Die Universitäten hätten sich, so ihre Aussage, die auftretenden Probleme selbst geschaffen und die Politik habe einfach nur einen Rahmen definiert, innerhalb dessen agiert werden muss.

Diese Reform des Bildungssystems soll(te) vor allem Mobilität, internationale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigungsfähigkeit fördern. Zur Umsetzung wurden vermehrt Qualitätssicherungsmaßnahmen wie Akkreditierungsprozesse eingeführt sowie die Studiengänge modularisiert und in kleine ECTS-Häppchen eingeteilt.

Um die Forderungen aufzustellen, die in den Bologna-Prozess eingegangen sind, haben verschiedene Interessengruppen (z.B. Politik oder Arbeitgeberverbände) zusammen gearbeitet. Nach PICHT sollte vor dem Prognose- und Planungsprozess eine Utopie stehen. Tatsächlich ist diese Utopie aber nirgends wirklich offen formuliert, was daran liegen mag, dass jede Gruppe eine andere Vorstellung hat, wie es sein könnte und sollte.

Eine Beobachtung der Politik war vor einigen Jahrzehnten, dass das Bildungssystem in Europa eine Reform benötigt, weil die meisten Forschungspreise an die USA vergeben werden und viele junge asiatische Forscher eher dort studieren, als nach Europa zu kommen. Ganz banal lässt sich also sagen, die Utopie dahinter ist, es soll genauso funktionieren wie dort. Dieser Wunsch erfüllt allerdings noch nicht die Anforderungen einer Picht'schen Utopie im engeren Sinne, die so detailliert wie möglich ausgeformt sein muss, um daraus neue Erkenntnisse zu gewinnen. Eine vergleichende Analyse des europäischen und amerikanischen Bildungssystems ist hier also notwendig.

Aus Sicht von Arbeitgeberverbänden sind die Forderungen klarer, hier wird vor allem das Ideal eines jungen motivierten Arbeitnehmers visualisiert, der schon in enger Kooperation mit Unternehmen gelernt hat und alle Fähigkeiten mitbringt, die für seine Berufsausübung wichtig sind.

Es gibt bei einer so großen, umfassenden Reform viele Kritikpunkte, an denen man ansetzen kann. Manche befassen sich eher mit Detailfragen oder mit kleinen Ursachen, die aber zu sehr einschneidenden Folgen geführt haben. Andere kritisieren eher das grundsätzliche Wesen des Bologna-Prozesses, der zwar von sich behauptet, das Ideal von Forschung und Bildung im Sinne Humboldts beizubehalten, letztendlich aber m.E. doch eher auf Nützlichkeit abzielt.

Eines der genannten Details sind die ECTS, die laut Stefan Kühl dazu führen, dass wie bei einem Sudoku so lange mit Zahlen hin und her geschoben werden muss, bis es passt; vgl. [Kü13]. Daraus folgt dann, dass die Module kaum noch flexibel sind und damit auch ein Universitätswechsel nicht mehr ohne größere Umstände möglich.

Das Augenmerk auf die Nützlichkeit, d.h. die direkte Verwendbarkeit, erinnert an Momo und die grauen Herren. Ebenfalls naheliegend ist die Vorstellung von einem Teufel, der seine Verführungskräfte dazu genutzt hat, den Menschen vorzugaukeln, dass es enorm wichtig ist, in einem Wettbewerb mit anderen Kontinenten mit zu halten und den Arbeitgebern die Mitarbeiter zu geben, die sie benötigen. Dieser Teufel hat die Ziele so schmackhaft gemacht, dass die Umsetzung überstürzt erfolgt ist und weder zusätzliche Gelder zur Verfügung standen, um die nötigen Strukturen zu schaffen, noch die Studiengänge entsprechend der kürzeren Studienzeit adäquat abgespeckt und gestrafft wurden.

> Zensuren sind dann nicht mehr das Mittel, um Schülern eine Kontrolle ihrer Lernfortschritte zu ermöglichen, sondern werden zum eigentlichen Motiv für das Lernen.
>
> [Kü16, S. 6]

Stefan Kühl hat im Zusammenhang mit der Exzellenzinitiative eine Zweck-Mittel-Verdrehung beobachtet: Beispielsweise ist es nicht mehr das Ziel, Drittmittel einzuwerben, um damit Forschung zu betreiben, sondern die Einwerbung wird zum Selbstzweck und so werden nur noch Dinge erforscht, die entsprechend Drittmittel einbringen. Ähnliches ist auch bei Schülern und Studenten zu beobachten, die in ihrem Studium primär den Creditpoints hinterherjagen. Hier liegt wieder der Verdacht nahe, dass so etwas wie die grauen Herren am Werk ist. Tatsächlich scheint es aber eher ein schleichender Zeitgeist zu sein, der sich selbst verstärkt, weil immer

stärkere Bedürfnisse nach Sicherheit und sozialer Anerkennung dazu führen, dass die Studenten sich dementsprechend anpassen, um ihre Ängste zu zügeln. Und je mehr Studenten so handeln, umso eher werden die übrigen zu isolierten Außenseitern, ähnlich wie Momo im oben zitierten Buchausschnitt.

Auch Hochschulverantwortliche leiden unter dieser Verunsicherung. Da neue in ihren Konsequenzen noch unbekannte Regeln gelten, wird mit Überanpassung gearbeitet, um keine Fehler zu machen und unter den Folgen zu leiden, wie beispielsweise Entzug von Geldern und Prestige. Der auftretende Nebeneffekt ist, dass die Sache, also Forschung und Lehre, sich in den Hintergrund verschiebt, um in den Kontrollen gut abzuschneiden, die ursprünglich zur Qualitätssicherung eingeführt wurden.

Meine Beobachtung an der Universität Siegen ist, dass zu viele Gruppen mit einander widersprechenden Positionen versuchen, ihre Ansichten durchzusetzen: es entstehen einerseits einige Module, die maximal verschult sind und kaum Freiraum lassen, andererseits gibt es aber auch Module, in denen man sich die Lerninhalte fast vollständig selbst erarbeiten muss. Ich finde, dass die meisten Arbeitsgruppen sehr bemüht sind, gute Lehre zu machen, aber während die einen bis ins kleinste Detail vorgeben, was gelernt werden muss, bieten die anderen motivierte Ansprechpartner an, denen man auch Fragen abseits des kanonischen Lehrstoffs stellen darf. Einerseits gibt es große Massenveranstaltungen, deren Inhalte verpflichtend sind, andererseits gibt es aber auch freiwillige Kleingruppenangebote, die eng verbunden mit der aktuellen Forschung sind. Sehr schade finde ich, dass solche Angebote kaum besucht werden, weil hier die Belohnung in Form von ECTS-Punkten fehlt. Dieser Trend lässt sich durch straff durchgetaktete Stundenpläne erklären, die eingehalten werden müssen, um beispielsweise den BAföG-Anspruch zu erhalten.

Tatsächlich erinnert das ein bisschen an einen Pakt mit dem Teufel. Die Verantwortlichen wollten eine Reform für das tatsächlich verkrustete Bildungssystem, haben einige Ziele formuliert und sich dann dem Teufel anvertraut. Dieser nimmt nun alle Ziele wörtlich und versucht mit allen Mitteln, den Pakt zu seinen Gunsten zu verschieben, sodass zum Beispiel Studenten ausbrennen und Depressionen bekommen, oder blind Noten und Punkten hinterher laufen, ohne sich noch auf die Inhalte näher einzulassen.

Im Zuge der Bologna-Reform ließen sich anekdotisch Fälle beobachten, in denen das Chaos überhand genommen hat. In einem Fach wurden etliche Angebote umbenannt, ohne klarzustellen, für welche Leistung es wie viele oder überhaupt Punkte gibt, und die Studierenden mussten den Schock ertragen, dass ihnen plötzlich niemand mehr sagt, was sie tun sollen, um soziale Anerkennung und eine Handvoll nette Sammelpunkte zu bekommen.

Offen bleibt, ob genau solche Aktionen Angriffe des Teufels sind oder ob in solchen Momenten der Teufel sogar die Kontrolle verliert.

8.7 Rom-Seminar: Ein Refugium echter Bildung

Auch im Zeitalter von Bildungsreformen gibt es noch Zufluchtsorte wahrer Bildung, die sich wie gallische Dörfer gegen die Macht Roms – Bolognas – stellen. Eines davon

ist genau unser Rom-Seminar. Hier werden die Seminarinhalte nicht nach ihrer Nützlichkeit zur Verwendung auf dem Arbeitsmarkt bewertet, sondern die Veranstalter versuchen, die Entwicklung als Individuum zu unterstützen. Wir Studierenden sind wieder Studenten in dem wörtlichen Sinn, dass wir uns redlich bemühen. Dabei versuchen unsere Lehrer nicht einfach nur, Lehrbuchwissen in uns hineinzugießen, sondern sie investieren viel Zeit, um uns bei unseren eigenständigen Versuchen zu unterstützen. Und so sind wir als interessierte Individuen nach Rom gereist, um Zeugen einer Menschheitsgeschichte der Bildung zu sein.

Literatur

[End96] Ende, Michael: *Momo oder Die seltsame Geschichte von den Zeit-Dieben und von dem Kind, das den Menschen die gestohlene Zeit zurückbrachte*. Wilhelm Heyne Verlag, München, 1996.

[Kü13] Kühl, Stefan: *Der Sudoku-Effekt. Hochschulen im Teufelskreis der Bürokratie*. Transcript Verlag, Bielefeld, 2013.

[Kü16] Kühl, Stefan: *Exzellente Beantragung. Eine alternative Evaluation der Exzellenzinitiative*, 2016.

[Mes91] Messadié, Gerald: *Matthias und der Teufel*. Langen Müller, München, 1991.

[Pic67] Picht, Georg: *Prognose, Utopie, Planung. Die Situation des Menschen in der Zukunft der technischen Welt*. Ernst Klett, Stuttgart, 1967.

Big Data – wo bleibt die Romantik?

Holger Bensch

Wir bekommen personalisierte Werbung, Google sagt die Grippewelle voraus und Musik-Streaming-Dienste spielen das, was wir hören wollen – hinter all dem verbirgt sich *Big Data*. Ein Begriff über den man heute nicht nur im Internet, sondern mittlerweile auch im Alltag stolpert. Doch was steckt hinter diesem Buzzword und welche Bereiche sind eng damit verknüpft? Welche Chancen bietet Big Data und welche Gefahren verbergen sich dahinter? Im Folgenden wird besonders darauf

eingegangen, wie Big Data mit Musik im Zusammenhang steht. Ebenfalls wird Big Data mit der Zeit der Romantik verglichen.

Mit der Weiterentwicklung der Computer-Technik ist es heutzutage möglich, mehr Daten zu speichern und zu verarbeiten als es das noch zu Beginn der Jahrtausendwende war. Bis 2003 existierten weltweit fünf Milliarden Gigabyte an Daten, die gleiche Menge wurde 2011 in zwei Tagen erzeugt. Nur zwei Jahre später wurde diese Menge in nur zehn Minuten erstellt. Die Big-Player Youtube, Facebook und Google spielen dabei eine wesentliche Rolle, sind aber längst nicht die einzigen, die im großen Datenspiel mitmischen. 2014 wurden auf Youtube 72 Stunden Videomaterial pro Tag hochgeladen. Im gleichen Jahr verzeichnete Facebook einen täglichen Upload von über 350 Millionen Fotos. Google verarbeitete 2013 täglich 20 Petabyte (1 PB = 10^{15} Bytes). Dies sind Beispiele, wie umfangreich die Daten momentan ausgelesen und analysiert werden.

Geht man in der Zeit zurück, findet man bei der Erfindung des Buchdrucks um das 15. Jahrhundert eine ähnliche Entwicklung im Bezug auf die Zunahme und die Vervielfältigung von Daten. Durch die Druckerei und die Möglichkeit Kopien anzufertigen verdoppelte sich die Menge an Daten mit dem Beginn des Buchdrucks innnerhalb von 50 Jahren. Von 1987 bis 2007 verhundertfachte sich diese Menge auf Grund des Fortschritts bei der Computer Technik. Das bedeutet, dass auch der Begriff *big* nicht festgelegt ist, sondern mit der Zeit wächst.

Volume, Velocity und Variety sind drei Begriffe, die häufig im Zusammenhang mit Big Data fallen. Während Volume die eigentliche Datenmenge bezeichnet, steht Velocity einerseits für die Rechenleistung, mit der die Daten ausgewertet werden, und auf der anderen Seite dafür, dass die Daten nahezu in Echtzeit analysiert werden können. Variety steht für die Vielfalt bzgl. Struktur, Quelle und Art der gesammelten Daten.

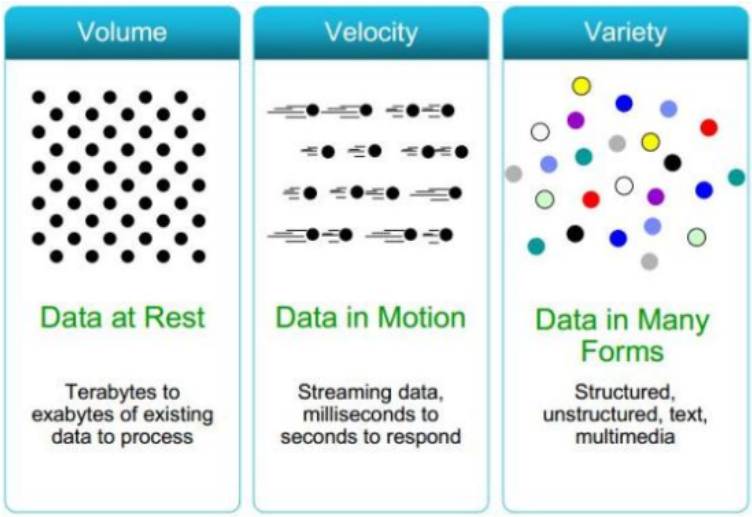


Abbildung 9.1: Was bedeuten die drei V's im Zusammenhang mit Big Data[1]

[1]Quelle: http://api.ning.com/files/tRHkwQN7s-Xz5cxylXG004GLGJdjoPd6bVfVBwvgu*F5MwDDUCiHHdmBW-JTEz0cfJjGurJucBMTkIUNdL3jcZT8IPfNWfN9/dv1.jpg

Ein weiteres Schlagwort, eng mit Big Data verknüpft, ist Datafizierung. Daten können heutzutage fast zu jeder Zeit und an jedem Ort ausgelesen werden. Dabei beschränken sich diese Daten längst nicht mehr auf Position und Zeitstempel des Nutzers. Wie lange verweilt mein Mauszeiger auf einem Angebot, wie oft nutzt man welchen Link, was wird eingekauft oder in welchen sozialen Netzwerken agiert der Nutzer und mit wem? Auch das Smartphone ist längst nicht mehr nur ein Telefon, sondern dient als Terminplaner, Wecker, Fitnessgerät und Fernsteuerung. Das *Internet der Dinge* – also dass nicht nur Computer und Smartphones mit dem Netz verbunden sind, sondern beispielsweise auch Fernseher und sogar Wärme- und Lichtsteuerung eines Wohnhauses – erleichtert das Auslesen von Informationen, die bisher nur der Nutzer selbst kannte. So lassen sich durch entsprechende Analyse bestimmte Muster und Zusammenhänge erkennen, zu denen man noch vor Kurzem keinen Zugang hatte. Ein Beispiel hierfür ist das individuelle Sitzverhalten jedes Menschen, welches der Autoindustrie dazu dient, eine neuartige *Wegfahrsperre* zu entwickeln, die in den Autositzen eingebaut wird. Auch die Verbreitung der Grippe, die Google durch bestimmte Suchwörter vorhersagt, gehört zu dieser Mustererkennung.

Abbildung 9.2: Welche Menge an Daten wird täglich pro Minute umgesetzt[2]

Diese Art des Datensammelns bringt natürlich einen großen Kosten- und Zeit-Vorteil mit sich. Das Versenden von extra angefertigten Fragebögen und persönliche Interviews fallen weg. Die meisten von uns besitzen ein Smartphone und tragen damit die nötigen „Sensoren“ fast rund um die Uhr bei sich. Zudem werden die Daten quasi in Echtzeit ausgewertet. So nutzt die Navigations-App *Waze* den Ort

[2]Quelle: `https://web-assets.domo.com/blog/wp-content/uploads/2015/08/15_domo_data-never-sleeps-3_final1.png`

und die Geschwindigkeit der einzelnen Nutzer, um aktuelle Routenempfehlung für die gesamte Waze-Community zu erstellen. Der Fahrer kann also in Echtzeit gewarnt werden, um Staus auszuweichen. Desweiteren sind die Daten mehrfach wiederverwendbar bzw. auswertbar. Es besteht die Möglichkeit, die Fragestellung im Nachhinein zu präzisieren oder gar zu ändern. Auch die Gewichtung und der Fokus auf bestimmte Datenpunkte kann geändert werden. Durch die riesige Datenmenge wird eine höhere Genauigkeit erzielt, da durch mehr Datenpunkte Ausreißer nicht relevant werden.

Das Verfahren hat jedoch nicht nur Vorteile. Das Voraussagen menschlichen Handelns scheint möglich. Der Bürger kann rund um die Uhr überwacht werden und hat bei der Nutzung von Apps auf dem Smartphone wenig Wahlmöglichkeiten, was er von sich preisgibt oder nicht. Bei Vertragsabschluss hat man kaum Verhandlungsmöglichkeiten. „Wem gehören diese Daten?“ ist eine wichtige Frage, die es zu beantworten gilt. Wo entstehen Daten-Monopole? Werden die Ergebnisse aus der Lauf-App *Runtastic* an Dritte weitergegeben, um Fitness und Sportverhalten zu dokumentieren. Alles Daten, die für Firmen aus dem Gesundheitssektor interessant sind. Auch sollte Transparenz bezüglich der Verknüpfung von Daten geschaffen werden.

Weiterhin muss der Unterschied zwischen Kausalität und Korrelation beachtet werden. Während Kausalität bedeutet, dass sich zwei Ereignisse bedingen (Ursache und Wirkung), bezeichnet Korrelation, wie wahrscheinlich zwei Ereignisse zusammen auftauchen. Korrelation bezeichnet also einen statistischen Zusammenhang. Bei Big Data bleibt daher die für die Wissenschaft bisher so wichtige Frage nach dem *warum* meist außer Acht. Im US Bundesstaat Illinois wurden Bücher an Haushalte mit Schülern versandt, da man herausgefunden hatte, dass es eine hohe Korrelation zwischen Schulnoten und im Haushalt verfügbaren Büchern gab. Man hatte jedoch das *warum* nicht geklärt. Haushalte, in denen das Lernen von den Eltern gefördert wurde, hatten tendenziell schon mehr Bücher und die Schulnoten verbesserten sich durch das Versenden der Bücher nicht.

Die Webseite *Spurious correlations*[3] zeigt Korrelationen witziger Art und kann so als warnendes Beispiel dienen, dass die beiden Begriffe dringend zu unterscheiden sind. Sonst könnte jeder mit der Steigerung des eigenen Mozzarella Konsums einen Anstieg bei den Bauingenieur Promotionen bewirken, wie Abbildung 9.3 zeigt.

9.1 Was hat Big Data mit Musik zu tun?

Um den Zusammenhang herzustellen, schauen wir uns die Entwicklung des Radios und die Entstehung von Charts im heutigen Format an. Am Anfang wurde das Radio hauptsächlich zur Bildung und Informationsvermittlung genutzt. Unterhaltung spielte eher eine Nebenrolle. Die Hörer schalteten gezielt zu ihren Lieblingssendungen ein. Mit der Popmusik kam dann der Begriff *Pop-Radio* auf. Die Unterhaltung trat in der Vordergrund und das Radio sollte den Hörer durch den Tag begleiten. Dies führte dazu, dass mehr Musik gespielt wurde und die Wortbeiträge kürzer ausfielen. Mit dem Entstehen des Privatfunks trat den öffentlich rechtlichen Sendern zudem ein

[3] `http://www.tylervigen.com/spurious-correlations`

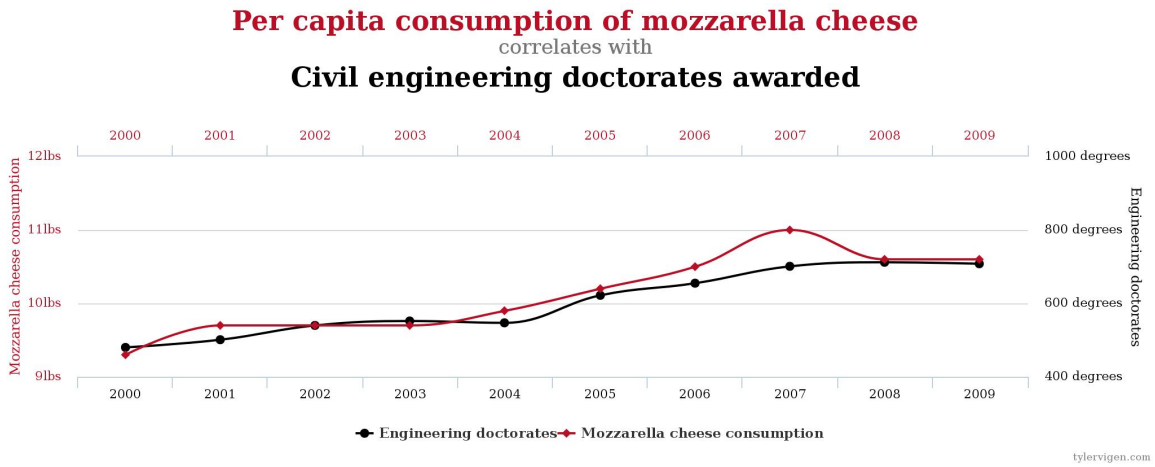


Abbildung 9.3: Korrelation vs. Kausalität – bedingt der Mozarella Konsum die Promotion von Bauingenieuren?[4]

neuer Konkurrent gegenüber. Es ging plötzlich darum, den Hörer auf der eigenen Frequenz zu halten und die Einschaltquoten zu steigern. Dies ist mit dem Begriff der *Durchhörbarkeit* aus der Musikwissenschaft verknüpft. Einzelne Sendungen spielten Musik in ähnlichen Tonarten, aus verwandten Genres und mit ähnlichem Tempo. Es ging also weniger um die Bildung, die Information und das Erleben von Musik. Durch den Quotenzwang rückte die Analyse des Hörers und dessen Hörverhaltens in der Vordergrund. Charts wurden zu ihren Anfängen durch die Radio DJs ermittelt. Diese gaben eine Liste ihrer gespielten Lieder weiter. Die Auswertung war ein langer Prozess und deshalb gab es anfangs nur monatliche Musik-Charts. Mittlerweile werden die sogenannten *Airplay-Charts* auch mit Hilfe des digitalen Fingerabdrucks, den jedes Lied individuell hat, erstellt. Auch die Verkaufscharts sind in diesem Rahmen zu nennen. Sie beinhalten Verkäufe von Tonträgern jeder Art, auch digitale Verkäufe. In einem Londoner Bezirk erlaubten sich die Besitzer von Plattenläden einen Spaß. Sie vertauschten die Platzierungen der Top10, d.h. die Plätze eins bis zehn wurden in umgekehrter Reihenfolge ausgeschrieben. Dies führte dazu, dass nun mehr Kunden den eigentlichen zehnten Platz favorisierten.

Spotify und Shazam sind zwei bekannte Firmen, die Big Data im Zusammenhang mit Musik nutzen. Spotify ist ein Streaming-Service, über den man Musik großer und kleiner Labels hören kann. Aus dem Hörverhalten der Nutzer, z.B. Klicks, Hördauer und Suchanfragen, kann Spotify Top-Titel analysieren und entsprechend Charts zusammen stellen. Shazam ermöglicht es, in Kombination mit einem Smartphone oder Tablet ein Lied zu erkennen, das in der momentanen Umgebung läuft. Das hat für den Nutzer den Vorteil Titel herauszufinden. Auf Seiten von Shazam lassen sich diese Suchanfragen wiederum zu weltweiten und sogar lokalen Charts verarbeiten. Mit den Informationen an welchem Ort und zu welcher Tageszeit bestimmte Titel gehört, bzw. gesucht werden, lassen sich in Zusammenarbeit mit anderen Diensten (Spotify, Soundcloud, Pandora etc.) die nächsten Hits und sogar Newcomer voraussagen. Dabei kommt u.a. die Bayessche Statistik ins Spiel. Die eingehenden Daten, die

[4]Quelle: `http://www.tylervigen.com/spurious-correlations`

z.B. aus sozialen Netzwerken, Online Shops oder unterschiedlichen Blogs stammen, werden für die Voraussagen täglich neu gewichtet.[5] Für Künstler ist dies interessant, da man sieht, wo auf der Welt die eigene Musik gehört wird. Auf welchem Markt ist man stark vertreten und wo würde sich beispielsweise eine Tour lohnen? Für die Nutzer dieser Art von Streaming-Dienste ergibt sich eine Anpassung an den Alltag. Die Programme merken sich, welche Musik man zum Aufstehen hört, was man zum Autofahren bevorzugt und welcher Titel den joggenden Hörer bei einem steilen Berg besonders leichtfüßig macht. Im Jahr 2000 wurde das *Music Genome Project* gegründet. Dabei werden Lieder analysiert und in einem Vektor mit bis zu 450 Einträgen (genannt *Gene*) festgehalten. Diese Einträge umfassen zum Beispiel Details zu Tempo, Rhythmus, Tonart, aber auch zu Instrumentalisierung oder Geschlecht der Lead-Stimme.

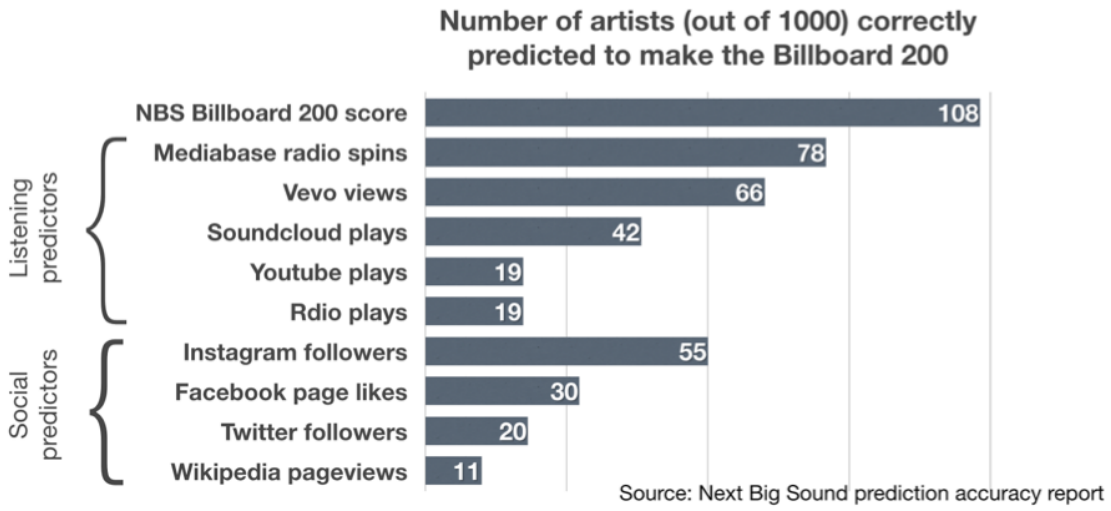


Abbildung 9.4: Indikatoren bei der (richtigen) Vorhersage von Künstlern, die es in die Bildboard Charts geschafft haben[6]

Das Ganze gilt es jedoch auch kritisch zu betrachten. Auf der einen Seite könnte man evolutionspsychologisch sagen, dass uns Bekanntes genehm ist und uns ein gutes Gefühl gibt. Auf der anderen Seite hat die Orientierung an der Durchhörbarkeit dazu geführt, dass Lieder zum Teil nach einer Art Formel geschrieben werden. Was über die letzten Jahre auch zur *Heavy Rotation* im Radio geführt, d.h. dass erfolgreiche Titel häufig wiederholt werden. Damit kann das Hören bestimmter Radiosender als eine Art Einheitsbrei aufgefasst werden. Plattenfirmen suchen zudem neue Künstler, die klingen wie bisher bekannte Künstler, oder sie produzieren Musik, die ähnlich wie die momentan erfolgreiche klingt. Der Einsatz von Saxophonen in der House-Musik wäre so ein Phänomen der letzten Jahre. Ein weiteres Indiz ist, dass die Tonhöhen in der Popmusik von 1955 bis 2010 unvariabel geblieben sind. Hierzu lohnt es sich das Video zum „4 Chord Song" der Band *The Axis of Awesome*[7] anzuschauen, welches den Gebrauch der gleichen Akkorde in sämtlicher Pop-Musik der letzten Jahre zeigt.

[5] siehe `http://www.nextbigsound.com`
[6] Quelle: Alistair Croll: Music Science
[7] siehe `https://www.youtube.com/watch?v=oOlDewpCfZQ`

Abbildung 9.5: Ein Blick ins Unbekannte – „der Wanderer über dem Nebelmeer“ von Caspar David Friedrich[8]

9.2 Was ist Romantik?

Liest man im Duden die Definition von Romantik, findet man folgendes: „Epoche des europäischen, besonders des deutschen Geisteslebens vom Ende des 18. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts, die im Gegensatz steht zur Aufklärung und Klassik und die geprägt ist durch die Betonung des Gefühls, die Hinwendung zum Irrationalen, Märchenhaften und Volkstümlichen und durch die Rückwendung zur Vergangenheit."

In der Romantik spielte das individuelle Erleben eine große Rolle, denn das Schöne und Wunderbare ist nicht objektiv. Die rationale, kapitalistische Welt, in der stets nach Nützlichkeit und Wachstum gestrebt wird, wird in der Romantik abgelehnt. Der Industrialisierung und der Welt der Zahlen steht eine Welt der Gefühle und der Leidenschaft gegenüber. Die Sehnsucht und das Träumen rücken wieder in den Vordergrund. Man genießt das Geheimnisvolle und strebt nach dem Wunderbaren.

[8]Quelle: `http://www.art-perfect.de/sites/default/files/archiv/cdf.jpg`

Die Gedanken der Romantik sind auch als Reaktion auf die vernunftgerichtete Philosophie zu betrachten.

Im Bereich der Musik änderte sich die Melodik, Harmonik und Rhythmik. Der strenge Stil und die Formen der bis dahin vorherrschenden Klassik wurden unter dem Einsatz neuer musikalischer Mittel aufgelöst. Musikalische Werke wurden auch mit Dichtung und Literatur verbunden. Die Musik verliert so ihren *Ernst* und dient zunehmend der Unterhaltung. Auf diese Weise fand eine Art Befreiung aus dem Herkömmlichen statt.

9.3 ... und wo bleibt die Romantik?

Die Anwendung von Big Data ist sicherlich eine sinnvolle und revolutionäre, technische Entwicklung, die in bestimmten Bereichen (z.B. Medizin, Astronomie) sehr hilfreich ist oder sein wird. Wir können uns jedoch in bestimmten Bereichen, in denen es um eigene Erfahrungen und vor allem Emotionen geht, etwas von der Romantik abschauen. Dabei gilt es zu akzeptieren, dass es hier nicht nur die eine (algorithmische) Wahrheit gibt, sondern dass mehrere Realitäten gleichzeitig existieren. Effizienz sollte dabei keine Rolle spielen. Das Finden des schönsten Liedes, des besten Bildes oder des artistischsten Tanzes ist nicht von Bedeutung, sondern der Moment an sich und das damit verbundene subjektive Erlebnis. Schönheit ist eben nicht objektiv und löst an sich auch keine Probleme. Ein Großteil der Gesellschaft hat sich daran gewöhnt, dass die meisten Dinge messbar und regelbar gemacht werden (können). Durch diesen Optimierungswahn findet eine Art Entzauberung statt. Vieles ist vorhersagbar, die Wunder bleiben aus und das Geheimnisvolle bleibt auf der Strecke. Vielleicht helfen uns *romantische Gedanken*, die hier nicht mit überschwänglichen Liebesbekundungen gleichgesetzt werden sollen. Vielmehr gilt es zu bedenken, in welchen Bereichen eine Optimierung sinnvoll ist. Vielleicht bringen uns eben diese *romantischen Gedanken* wieder eine Verzauberung durch eine *Ent-Optimierung*.

Literatur

[Atl] `http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2014/12/the-shazam-effect/382237/`.

[bri] `http://www.brightcomputing.com/Blog/bid/200074/Correlation-Causation-and-Big-Data`.

[Cro15] CROLL, ALISTER: *Music Science – How Data and Digital Content Are Changing Music*. O'Reilly, 2015.

[Dud] `http://www.duden.de/rechtschreibung/Romantik`.

[For] `http://www.forbes.com/sites/lisaarthur/2013/08/15/what-is-big-data/`.

[gra] `http://www.splicemachine.com/how-big-data-has-driven-music-intelligence-just-in-time-for-the-grammys/`.

[Gua] https://www.theguardian.com/technology/2014/apr/09/music-analytics-is-helping-the-music-industry-see-into-the-future.

[hbr] https://hbr.org/2013/04/the-hidden-biases-in-big-data/.

[MS13] Mayer-Schönberger, Viktor: *Big Data: Die Revolution, die unser Leben verändern wird*. Realine Verlag, 2013.

[Pan] https://www.pandora.com/about/mgp.

[sz] http://www.sueddeutsche.de/kultur/digitales-zeitalter-die-total-technisierte-gesellschaft-braucht-romantik-1.2645569.

[tim] http://timleberecht.de/article/mehr-mut-zur-romantik-in-zeiten-der-daten/.

[wir] http://insights.wired.com/profiles/blogs/big-data-s-slippery-issue-of-causation-versus-correlation.

Predictive Policing

Zukunft ohne Verbrechen

Moritz Haas

„Wann war der letzte tatsächlich begangene Mord?“
„Vor fünf Jahren“ antwortete Anderton, mit Stolz.[1]

Bereits 1956 schreibt Phillip K. Dick von der Welt ohne Morde. In Minority-Report können sogenannte Precogs die Zukunft vorhersehen und so kennt die Polizei immer

[1] frei übersetzt aus Minority Report von Phillip K. Dick, 1956

schon im voraus Täter, Opfer, Ort und Zeitpunkt eines Mordes. Darauf wird die heutige Polizei noch lange warten müssen, doch ermöglichen moderne Computer mithilfe von Simulation und Statistik heute schon in bestimmten Bereichen Vorhersagen über Verbrechen zu machen. Mit dem tatsächlichen Einsatz dieser Computervorhersagen drängen sich schwierige Fragen auf. Wollen wir soviel Verantwortung in die Hände von Computern legen, sind Computer fair oder wichtiger, können Daten fair sein? Muss man ein Urteil nachvollziehen können und darf man jemanden einsperren, der noch nichts getan hat? Gibt es Mord zu 70%?

10.1 Was macht man?

Predictive Policing – das Vorhersagen von Verbrechen um sie zu verhindern – ist so alt wie die Polizeiarbeit selbst. Mit einfacher Mustererkennung versucht der erfahrene Beamte vorherzusagen, wann und wo der Täter noch einmal zuschlagen wird. Psychologen versuchen zu beantworten, ob der Gefangene erneut eine Straftat begehen wird oder ob man ihn in die Freiheit entlassen kann. Dieser Frage versuchte die US-Justiz bereits in den Siebzigern mit harter mathematischer Statistik beizukommen – damals noch mit hohem Personalaufwand und Stift und Papier.

Heute wird diese Statistik von Computern mit riesigen Datenmengen betrieben. In Pennsylvenia bekommt der Richter das Ergebnis in Form einer Zahl. Auf Grund dieser Zahl entscheidet er über die Freiheit des Gefangenen.

In den Neunzigern versuchte die New-Yorker Polizei die erste Frage mit dem „broken-window-Effekt“ zu beantworten. Danach steigt in der Nähe eines Tatorts die Wahrscheinlichkeit für ein Verbrechen. Die Idee dahinter ist, dass bei einem Haus mit zerbrochenen Fenstern der Verbrecher weniger Skrupel hat einzubrechen.

Dabei erweisen sich die Ergebnisse als überraschend gut. Software wie PREDPOL oder PRECOBS, die seit einigen Jahren in den USA und jetzt auch in Deutschland in Pilotprojekten zur Vorhersage von Einbrüchen im realen Einsatz sind, basieren zu einem guten Teil auf diesem Effekt. Auf diese Weise sollen Hotspots des Verbrechens gefunden und ihre Entwicklung vorhergesagt werden, sodass vor Ort die Polizeipräsenz erhöht werden kann um potenzielle Täter abzuschrecken. Gerade bei organisiertem Verbrechen erkennt der Computer subtile Zusammenhänge und Muster.

Neben der professionellen Software gibt es mittlerweile Freeware zum analysieren von Verbrechensdaten, wobei diese oft frei zugänglich ist. Auf `crimemap.info` lassen sich beispielsweise alle registrierten Verbrechen in Queensland der letzten 15 Jahre einsehen.

10.2 Was kann man?

> „Man kann bei einem ungeborenen Kind mit ziemlicher Sicherheit sagen, ob es einmal eine Straftat begehen wird.“

Das sagt Richard Berk, ein anerkannter Wissenschaftler auf dem Gebiet des Predictive Policing. Die Devise heißt mehr Daten. Ob Daten aus sozialen Netzwerken,

Überwachungskameras, Wettervorhersagen, Krankenkassen oder Telefonüberwachung, jedwede bringen potenziell bessere Vorhersagen. Alles weitere ist ausgefeilte Statistik und Rechenpower. Dies wagt, das sagt auch Richard Berk, jedoch in diesem Umfang noch keiner. In Chicago allerdings werden diese Mittel in gewissem Umfang bereits eingesetzt: Die Polizei warnt Personen, die Gefahr laufen als Täter oder Opfer Teil eines Gewaltverbrechen zu werden. Müssen wir uns auf Anrufe der Polizei einstellen, in denen wir gebeten werden, nicht straffällig zu werden? Wie fühlt man sich, wenn einem gesagt wird, dass man mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit demnächst umgebracht wird?

10.3 Was darf man?

„Sie sind verhaftet wegen dem zukünftigen Mord an ...“

Dieser Satz aus dem Film Minority-Report[2] sollte zum nachdenken anregen. Darf man jemanden verhaften nur weil man glaubt, dass er ein Verbrechen begehen wird?

Darauf antwortet der Tübinger Jurist Prof. Dr. Jörg Kinzig, dass man einer Gesellschaft den eigenen Schutz nicht verwehren könne. Die Sicherungsverwahrung ist ein Ergebnis dieser Antwort. Jedoch muss man etwas präziser sein. Die Sicherungsverwahrung ist keine Bestrafung wie im Film, sondern eine Maßregel. Diese Unterscheidung ist wichtig, so wichtig, dass nach einer Klage vor dem Bundesverfassungsgericht 2011 die Sicherungsverwahrung aus eben jenem Grund reformiert wurde. Die entscheidende Frage ist nun, ab wann man jemanden zum Schutz der Gesellschaft einsperren darf. Wie sicher muss man sich sein und welches Risiko muss die Geselschafft tragen? Die Sicherungsverwahrung ist erst nach Begehung einer schweren Straftat möglich. Weiterhin muss die Gefährlichkeit von einem Psychologen festgestellt werden. Diese Prognosen sind nach einigen Studien wenig zutreffend, so dass Juristen dankbar über neue Hilfsmittel wären [Kin15]. Dabei ergeben sich neue juristische Probleme. Es müssen Möglichkeiten gefunden werden, wie ein Computer sich vor Gericht erklären kann, eine Black-Box darf es nicht geben. Weiterhin sind faire oder rassistische Daten ein wichtiges Thema. Ein Computer wird auch Ungrechtigkeiten, wie die erhöte Inhaftierung von Schwarzen in den USA, in die Zukunft projezieren. Man wird den Einfluss von ethnischer oder gesellschafftlicher Zugehörigkeit, Geschlecht oder Alter auf ein Urteil nie ganz beseitigen können, aber darf man es schwarz auf weiß in einen Algorithmus einprogrammieren?

10.4 Was sollte man?

Bei aller Euphorie über die Software zur Einbruchsvorhersage sollte man nicht vergessen, dass gerade die organisierte Kriminalität, die dadurch bekämpft werden soll, sich darauf einstellen wird. Es gibt bereits Fälle, bei denen vermutet wird, dass beispielsweise mit bewusst verdächtigen Telefonaten der Computer auf eine falsche Fährte geführt wurde.

[2] Minority report, Steven Spielberg, 2002, USA

Dass in den USA die Nutzung der Software von privaten Unternehmen an die Behörden vermietet wird, ohne dass sie wissen, was die Software überhaupt macht, ist sicher kein guter Weg und der Glaube, ein Computer würde die Entscheidung über Freiheit oder Gefängnis einfacher machen eine Utopie. Vielleicht kann ein unterstützender Computer aber zu einem besseren Ergebnis führen.

BERRY KRISBERG, ein Pionier auf dem Gebiet des *predictive policing*, sieht heute seine Arbeit missbraucht. Er wollte Jugendlichen helfen, indem er mit Computern zeigte, dass sie nicht so gerfährlich sind, wie alle behaupten. Sein Leitgedanke, Computer nur zum Positiven der Beschuldigten einzusetzen ist ein bewundernswerter Ansatz.

Literatur

[Dep15] DEPARTMENT OF CRIMINAL JUSTICE, COLLEGE OF LIBERAL ARTS: *Near Repeat Calculator*, 2015. `http://www.cla.temple.edu/cj/center-for-security-and-crime-science/projects/nearrepeatcalculator/`.

[Ger14] GERNERT, JOHANNES: *Gefährlichkeitsbewertung von Häftlingen*. taz, die tageszeitung, 2014. `http://www.taz.de/Gefaehrlichkeitsbewertung-von-Haeftlingen/!5244806/`.

[Ger15] GERNERT, JOHANNES: *Algorithmen im Justizsystem*. taz, die tageszeitung, 2015. `http://www.taz.de/!5027702/`.

[Kin15] KINZIG, JÖRG: *Sicherungsverwahrung auf dem Prüfstand*. In: HÖFFLER, KATRIN (Herausgeber): *Brauchen wir eien Reform der freiheitsentziehenden Sanktionen?*, Band 27 der Reihe *Göttinger Studien zu den Kriminalwissenschaften*. Universitätsverlag Göttingen, 2015.

[PRE14] PREDPOL, 2014. `http://www.predpol.com`.

[Sch14] SCHLIETER, KAI: *„Verbrechensvorhersage" in Bayern*. taz, die tageszeitung, 2014. `http://www.taz.de/!5027702/`.

[SDP+08] SHORT, M. B., M. R. D'ORSOGNA, V. B. PASOUR, G. E. TITA, P. J. BRANTINGHAM, A. L. BERTOZZI, and L. B. CHAYES: *A statistic model of criminal behavior*. Mathematical Models and Methodes in Applied Sciences, **18**:1249–1267, 2008.

Die Zukunft des Internets

Zwischen Nerdistan, Neuland, Gedankenpolizei und Anarchie

Benedikt Schmitz

In diesem Beitrag sollte dargestellt werden, wie verschiedene Utopien auf das Medium „Internet“ einwirken. Es soll erläutert werden, welche Methoden und welche Ziele verschiedene Utopien verfolgen. Dies ist keinesfalls eine vollständige Auf- und Gegenüberstellung aller Argumente und Aspekte. Es stellt stattdessen einige Aspekte da, die das Bild der zitierten Videos ergänzen sollen. [Juib][Juia]

11.1 Einführung

Hier wird nicht die technische Entwicklung des Internets betrachtet, sondern der gesellschaftliche Einfluss, der sich durch die zunehmende Allgegenwärtigkeit des Internets in einem Wandel befindet.

Die Präsenz des Internets in der modernen Welt nimmt zu. Viele Menschen, gerade in den Industrienationen, benutzen es täglich. Ebenso besitzt ein großer Teil der Bevölkerung mindestens ein Mobilgerät, welches immer mitgeführt wird und dabei mit dem Internet verbunden ist.

Dass jede Änderung, die das Internet betrifft, auch diese Menschen betrifft, ist eine manifeste Konsequenz dieses Systems. Aber auch Menschen, die das Internet nicht direkt verwenden, sind von Änderungen betroffen. Dies folgt daraus, dass das Internet sich – technisch betrachtet – zu einem „Internet der Dinge“ entwickelt.

Dies ist eine Zukunftsvision, eine Prognose, die vorhersagt, dass alle Gegenstände des täglichen Lebens zunehmends vernetzt werden. Der Heimcomputer als Zentrum der Vernetzung mit dem Internet wird schrittweise abgelöst. Ersetzt wird dies durch kleine Computer, die sich überall befinden: in der Waschmaschine, Mikrowelle und der Toilette genauso wie im T-Shirt, dem Bürostuhl und dem Kopfkissen – natürlich alles via IP-Adresse mit dem Internet verbunden. [MF10]

11.2 Zukunft die begeistert?

Diese Entwicklung hin zur insgesamten Zunahme von „smarten“ Gegenständen hat zwei Seiten:

Zum einen wird das Leben leichter, angenehmer und bequemer, da die Sensoren die Gewohnheiten eines Menschen aufzeichnen und verschiedene Algorithmen beginnen Wünsche und Verhaltensweisen vorherzusagen. Die Gegenstände, die sich zum Computer entwickeln, lernen einfachste Aufgaben zu übernehmen. Zum Beispiel wäre der Kühlschrank in der Lage, flexibel die Sachen nachzubestellen, die ich „mag".

Hier tritt bereits die zweite Seite der Medaille zu Tage: Die Gegenstände sammeln Daten, viele Daten. Aus diesen Daten wird berechnet, was ich mag, was ich gerne esse, trinke oder trage. Der Besitzer dieser Daten kann ein Profil von jedem Menschen anfertigen. Er weiß, was dieser Mensch für Vorlieben hat, den Familienstand, etc. Grundsätzlich wird alles Wissen mit einander verbunden, welches durch die smarten Gegenstände erfasst werden kann.

11.3 Chilling Effects

Überwacht werden kann damit auch leicht, was jemand im Internet sucht, wofür er sich interessiert, was er wissen möchte und worüber er sich im Zuge der öffentlichen Diskussion informiert.

Aber ist das schlimm? Ist es schlimm, dass jeder – mit ausreichenden Rechten oder Fähigkeiten – jederzeit herausfinden kann, was jemand wissen möchte?

Es gibt die Theorie der „chilling effects". Auf deutsch „Abschreckungseffekte". Dieser Effekt funktioniert einfach über das Warnen vor Repressionen, falls etwas passiert. Diese Bedingungen können subtil aber auch offensichtlich sein.

Ein Beispiel für eine offensichtliche Abschreckung war die nukleare Vergeltung im Kalten Krieg. Hier wurde offensichtlich auf die Abschreckungswirkung der nuklearen Arsenale gesetzt.

Im Internet besitzen wir keine offensichtlichen Weltzerstörungswaffen, aber auch hier tritt der Effekt auf. Eine Theorie besagt, dass allein das Wissen, dass die Suche nach bestimmten Begriffen überwacht werde, zu geringeren Suchanfragen führt.

Beispiel: Werden gewisse Selektoren der Geheimdienste veröffentlicht, dann werden sich weniger Menschen mit diesen Selektoren befassen, aus Angst vor möglichen repressiven Maßnahmen.[1]

11.4 Erster Konfliktpunkt – Überwachung

Im SotA[2] Internet – dem Internet auf dem aktuellen Stand der Technik – gibt es bereits viele Versuche und auch erfolgreiche Bemühungen, um Überwachung zu implementieren.

Im folgenden soll kurz das WER und das WARUM erläutert werden.

[1] Ein starker Hinweis auf diese Vermutung wurde Ende April 2016 veröffentlicht. [Pen16] Der abschließende Beweis steht in diesem Bereich noch aus, aber die Indizien sprechen für diese Hypothese.

[2] State of the Art – Aktueller Stand der Technik

11.4.1 WER und WARUM

Zuerst fällt auf, dass viele öffentliche Vorschläge zur Überwachung aus der Politik kommen. Politiker im Bundestag und im Europaparlament fordern mit den verschiedensten Argumenten die Implementierung von Überwachungssysteme [CDU15], [Hoh16]. Wie lässt sich dies erklären?

Zum einen muss man sich vor der Diskussion klar werden, dass die Prävention von Straftaten in erster Linie eine Aufgabe der Exekutive eines Staates ist. Häufig wird in Diskussionen die Argumentation geführt: Die Sicherheitsmaßnahmen sind nicht ausreichend, daher müssen neue Gesetze eingeführt werden und das Leben wird sicherer.

So pauschal ist dies falsch. Dies ist besonders falsch, wenn Gesetzesverschärfungen gefordert werden, die keinen wissenschaftlich fundierten Nährwert besitzen – Beispiele: VDS (s.u.). Viele Gesetzesinitiativen in diesem Bereich werden nach großen Anschlägen in die Parlamente gebracht. Das erste Beispiel [CDU15] nach den Anschlägen von Paris (13.11.2015) und [Hoh16] ebenso nach den Anschlägen von Paris mit einer Verschärfung der Forderungen nach den Anschlägen von Brüssel (22.3.2016).

Zeitgleich gibt es aber das Phänomen, dass trotz internationaler Zusammenarbeit kein Datenaustausch zwischen Geheimdiensten/Sicherheitsbehörden stattfindet: *„Wir haben nach den Terroranschlägen von Istanbul und Brüssel in Berlin noch einmal genau überlegt, was ist zu tun. Einer der Hauptkritikpunkte war: Die Terroristen sind international vernetzt, wir aber nicht als Sicherheitsbehörden.“* [dM16]

Betrachten wir nun beide Aussagen, legt dies nahe, dass auf Grund politischer Entscheidungen (oder mangelnder Kommunikation) ein internationaler Datenabgleich, der seit dem 11. September 2001 eingeführt werden sollte, immer noch nicht stattfindet. Es heisst aber in jeder Parlamentsdiskussion, dass die *Informationsmenge* nicht ausreiche, während über den Datenaustausch in der Diskussion nie geredet wurde.

Was hier geschieht, ist Aktionismus, um vor dem Wähler nicht schlecht auszusehen. Man möchte, dass der Wähler sagt: „xy tut was für unsere Sicherheit!“ Viele verabschiedete Gesetze bringen entweder keinen positiven Sicherheitsgewinn oder sind sogar schädlich. Ein Beispiel wäre hier die Vorratsdatenspeicherung die bereits mehrfach vom Bundesverfassungsgericht als verfassungswidrig beurteilt worden ist.

Der zweite Grund, der hervorsticht, ist der zunehmende finanzielle Profit, der mit dem Verkauf von Überwachungssystemen erwirtschaftet wird. Analog zu der Verwirtschaftlichung der Rüstungsproduktion nach dem zweiten Weltkrieg, vor der bereits Dwight D. Eisenhower gewarnt hatte (Stichwort: Militärisch-Industrieller-Komplex [Eis61]), gibt es nun eine Entwicklung ähnlicher Natur in der Sicherheitsbranche.

Diese Verwirtschaftlichung führt zu Lobbyarbeit, da die Gewinnmargen hochgehalten werden sollen. Wie der militärische Komplex zu Krieg anstatt zu diplomatischen Lösungen führt, kann damit die Überwachung auch wegführen von ursprünglichen Methoden und Zielen – aber von wo zu was, das ist noch Teil der dystopischen Literatur nach Orwell [Orw49].

Ebenso ist eine Verzahnung von politischen und wirtschaftlichen Aspekten zu

beobachten. Lobbyismus durch Bundestagsabgeordnete für Sicherheitsunternehmen ist zu beobachten. Beispiel Krauss-Maffei Wegman: Export Leopard Panzer nach Saudi Arabien, Outsourcing von Bundeswehraufgaben.[3]

Warum sollte sich dies nicht auch auf Überwachung und Sicherheit erstrecken? Warum sollten nicht auch Telekommunikationsunternehmen in dieses Geschäft mit einsteigen?

Der dritte Aspekt der durch Überwachung erreicht werden kann oder soll, ist der des Machtausbaus.

Widmen wir uns nun dem bereits diskutierten Abschreckungseffekt (Abschnitt 11.3) und den Möglichkeiten der smarten Gegenstände (Abschnitt 11.2). Führen wir nun die beiden Aspekte zusammen:

Die Kopplung der Intensivierung von Überwachungsmaßnahmen durch staatliche oder gewählte Repräsentanten mit den bereits oben benannten *chilling effects* führen zu Einschränkung der Diskussionsfähigkeit der gesamten Bevölkerung: Die Gefahr ist nicht, dass wie aus dem nichts ein Ozeanien [Orw49] entsteht, sondern dass die Zunahme an Überwachung die *chilling effects* vergrößert und damit die Diskussion immer weiter eingeschränkt wird.

Eine Demokratie, die auf dem Diskurs und der Kontrolle von exekutiven, legislativen und judikativen Organen durch Bürger basiert, wird durch eine Einschränkung dieser Eigenschaften immer weiter ad absurdum geführt.

Auf lange Sicht führt dies dazu, dass nicht nur Terroristen sondern auch – aus heutiger Sicht – unbescholtene Bürger und kritische Menschen unterdrückt werden können.

Überspitzt kann vielleicht behauptet werden: Aus den Dienern des Staates werden Herrscher und Despoten, aus Unterstützung wird Selbstzweck.

11.5 Zweiter Konfliktpunkt

Das Internet als Medium ist weit verbreitet. Viele Menschen weltweit nutzen es, teilweise exzessiv (Facebook, smombie [Hil15]), teilweise sporadisch.

Der Anteil an Nutzern die es häufig verwenden, stieg in den letzten Jahren stark an. Je weiter sich dies fortsetzt, desto wertvoller wird das Internet nicht nur für einzelne Menschen, die Kontakt halten wollen, sondern auch für den Staat und die Unternehmen.

Je mehr Leute z.B. in sozialen Netzwerken unterwegs sind oder smarte Produkte besitzen/nutzen, desto eher können die Profile für die kommerzielle Nutzbarkeit ausgewertet werden.

Grundsätzlich ist es nicht verwerflich, maßgeschneiderte Produkte für jeden Menschen auf den Markt bringen zu wollen: Die Wirtschaft lebt von der Innovation, davon Sachen zu entwickeln und die Menschen so zu beeinflussen, dass sie diese Produkte haben möchten. Aber ungefragte Datensammelei und das Zurechtschneiden von Produkten, die nicht gefordert sind, können zu einer Abhängigkeit führen, wenn

[3] KMW spricht auf der eigenen Homepage von Sicherheitsaspekten, niemals vom Begriff Rüstung. `http://www.kmweg.de`

das Unternehmen über psychologische Beeinflussung seine Produkte platzieren möchte. Als weiterführende Lektüre ist hier [Cia09] zu empfehlen.

Über diese Beeinflussungsmöglichkeiten und Strategien kann nicht nur ein Unternehmen Menschen beeinflussen, sondern auch staatliche Stellen können dort Einfluss nehmen. „Brot und Spiele“ und „Opium für die Massen“ sind die Schlagworte, mit denen von den römischen Herrschern bis zu neuzeitlichen Philosophen diese Prinzipien beschrieben werden – mal negativ, mal positiv?

Literatur

[CDU15] CDU/CSU und SPD Bundestagsfraktion: *Entwurf eines Gesetzes zur Einführung einer Speicherpflicht und einer Höchstspeicherfrist für Verkehrsdaten*. Deutscher Bundestag, Drucksache 18/5088, 9. Juni 2015.

[Cia09] Cialdini, Robert B.: *influence*. Collins Business Essentials. Harper Collins, 2009.

[dM16] Maiziere, Thomas de: *Interview zur Sicherheitsfrage*. ARD, 1. Juni 2016.

[Eis61] Eisenhower, Dwight D.: *Eisenhower's farewell address*. Speech, Washington DC, 17. Januar 1961.

[Hil15] Hildebrand, Kathleen: *Sie nannten ihn „Smombie“*. Süddeutsche Zeitung, 3. November 2015. `http://www.sueddeutsche.de/kultur/wort-wahl-sie-nannten-ihn-smombie-1.2735892`.

[Hoh16] Hohlmeier, Monika (CSU): *Entwurf eines Berichts über den Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Terrorismusbekämpfung und zur Ersetzung des Rahmenbeschlusses 2002/475/JI zur Terrorismusbekämpfung*. Europäisches Parlament, 2015/0281, 9. März 2016.

[Juia] Juice Rap News: *Big Brother is WWWatching You - feat. George Orwell*. `https://www.youtube.com/watch?v=o66FUc61MvU`.

[Juib] Juice Rap News: *Fate of the INTERNET - Feat. Dan Bull*. `https://www.youtube.com/watch?v=fzzfxmKBz2g`.

[MF10] Mattern, Friedemann und Christian Flörkemeier: *Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge*. Informatik-Spektrum, **33**(2):107–121, April 2010.

[Orw49] Orwell, George: *Nineteen Eighty-Four*. Secker & Warburg, London, 8. Juni 1949.

[Pen16] Penney, Jon W.: *Chilling Effects: Online Surveillance and Wikipedia Use*. Berkeley Technology Law Journal, **31**(1):117–182, 2016.