

# Die Effizienz der Humboldtschen Universität

Eine empirische Analyse über Verbundeffekte und organisationale  
Unterschiedlichkeit im deutschen Hochschulwesen

zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Wirtschaftswissenschaften

Dr. rer. pol.

von der KIT-Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

genehmigte Dissertation

von

Lorenz Bernhard Kemper

Referent: Prof. Dr. Berthold U. Wigger

Korreferent: Prof. Dr. Ingrid Ott

Tag der mündlichen Prüfung: 28.08.2019

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis .....	VI

### Teil I

1 Einleitung .....	2
2 Die Spezialisierung von Organisationen .....	6
2.1 Adam Smith und die Spezialisierung .....	6
2.2 Arbeitsteilung und die Spezialisierung von Organisationen.....	7
2.2.1 Die Organisation als Steuerungsinstrument der Arbeitsteilung.....	9
2.2.2 Die Organisation als Resultat ihrer Produktionstechnologie .....	12
3 Die Vielfalt von Hochschulen .....	16
3.1 Aspekte der Hochschulvielfalt .....	17
3.2 Die ökonomische Bedeutung von Hochschulvielfalt .....	21
3.2.1 Nachfrage nach Hochschulvielfalt .....	22
3.2.2 Hochschulvielfalt in dynamischen Prozessen.....	24

### Teil II

4 Diversität im Hochschulwesen.....	30
5 Literatur .....	32
5.1 Taxonomien.....	32
5.2 Clusteranalysen .....	34
5.3 Diversitätsindizes .....	37
6 Clusteranalyse und externe Diversität .....	39
6.1 Konzept .....	39
6.1.1 Distanzmaße.....	39
6.1.2 Hierarchisches Clustering.....	41
6.1.3 Clustering mit fester Gruppenanzahl.....	43
6.2 Daten.....	46

6.3	Methode.....	50
6.3.1	Dimensionsreduktion .....	51
6.3.2	Erkennung von Ausreißern.....	53
6.3.3	Sonstige Verfahrensproblematiken .....	54
6.4	Ergebnisse.....	56
6.4.1	Analyse.....	57
6.4.2	Zwischenfazit .....	68
7	Zustand und Entwicklung der internen Diversität.....	71
7.1	Daten.....	71
7.2	Methode.....	73
7.3	Ergebnisse.....	75
7.4	Zwischenfazit .....	83
<b>Teil III</b>		
8	Verbundeffekte im Hochschulwesen .....	86
9	Literatur .....	89
10	Einführung in die Produktionstheorie .....	92
10.1	Modelleinführung.....	93
10.1.1	Die Produktionstechnologie.....	93
10.1.2	Die Produktionsfunktion .....	95
10.1.3	Die Transformationskurve.....	96
10.1.4	Die Ertragsfunktion.....	97
10.2	Modellerweiterung unter Ineffizienz: Die Output-Distanzfunktion .....	99
10.2.1	Definition der Output-Distanzfunktion.....	99
10.2.2	Interpretation der Output-Distanzfunktion .....	101
10.2.3	Bewertung der Kurvenform mithilfe der Output-Distanzfunktion.....	103
10.3	Modellanwendung: Quantifizierung der Funktionseigenschaften .....	105
10.3.1	Verbundeffekte .....	105
10.3.2	Kennzahlen.....	107
10.3.3	Exkurs: Skaleneffekte .....	108

11 Die empirische Messung von Verbundeffekten.....	114
11.1 Konzept: Übertragung des theoretischen Modells.....	114
11.1.1 Wahl der Funktionsform.....	116
11.1.2 Herleitung der Schätzfunktion .....	117
11.1.3 Berechnung der Kennzahlen.....	119
11.2 Daten.....	120
11.2.1 Inputs und Outputs.....	120
11.2.2 Datensatz .....	123
11.2.3 Diskussion .....	124
11.3 Modell.....	127
11.4 Ergebnisse.....	129
11.4.1 Schattenpreise .....	131
11.4.2 Verbundeffekte .....	134
11.4.3 Skaleneffekte.....	138
11.4.4 Zusammenfassung.....	143
11.5 Robustheit der Ergebnisse.....	145
12 Schlussbemerkungen .....	149
Literaturverzeichnis.....	153
Anhang.....	162
A1. Herleitung der 1. und 2. partiellen Ableitung der Outputdistanzfunktion.....	162
A2. Bestimmung einer Proxy-Variablen zur Schätzung des Zitationsoutputs .....	163
A3. Bestimmung der Kennzahl der relativen Opportunitätskosten .....	165
A4. Darstellung der Wertverteilungen aller Morishima-Elastizitäten.....	166
A5. Monotonieverhalten der Schätzfunktion.....	167

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufgliederung der Hochschuldiversität nach Birnbaum (1983) & Stadtman (1980).....	18
Abbildung 2: Kategorien der Carnegie Klassifikation 1973.....	32
Abbildung 3: Schematische Darstellung multidimensionaler Raster im Sinne von Birnbaum (1983).....	33
Abbildung 4: Dendrogramm des Clusterings australischer Universitäten (Stanley und Reynolds 1994).....	35
Abbildung 5: Schematische Abbildung der k-means Lösung in Abhängigkeit des Parameters k.....	43
Abbildung 6: Anteile der Studenten nach Fachbereichen in Deutschland seit 1992 (eigene Berechnung).....	49
Abbildung 7: Schematische Darstellung des Transformationsvorgangs der Hauptkomponentenanalyse.....	52
Abbildung 8: Darstellung der dichteasierten Klassifizierung.....	53
Abbildung 9: Distanzen zum k-nächsten Nachbarn (mit $k=5$ ) und die Schnittlinie.....	53
Abbildung 10: AIC Werte und das korr. Bestimmtheitsmaß verschiedenen k-means Modelle.....	55
Abbildung 11: Dichteverteilung der Herfindahl-Hirschman-Indexwerte pro Hochschultyp.....	76
Abbildung 12: Durchschnittliche HH-Indexwerte nach Hochschultyp von 1992 bis 2014.....	79
Abbildung 13: Anteil der Fachbereiche an der Gesamtstudierendenschaft für die gesamte Universitätslandschaft .....	80
Abbildung 14: Der Finanzierungsanteil der Dritt- & Grundmittel über alle Universitäten .....	86
Abbildung 15: Anstieg der Studierenden- und Zitationszahlen aufsummiert über alle Universitäten zwischen 2007 & 2013.....	87
Abbildung 16: Produktionsmöglichkeiten für ein Output und ein Input bei linearer Technologie.....	95
Abbildung 17: Produktionsmöglichkeiten im Zwei-Output-Fall für ein fixes Inputbündel.....	96
Abbildung 18: Feststellung des Optimums entlang der Transaktionskurve mithilfe einer Ertragsfunktion (eigene Darstellung in Anlehnung an Coelli et al. 2005).....	98
Abbildung 19: Output-Distanzfunktion und Produktionsmöglichkeiten.....	100
Abbildung 20: Technische und ökonomische Effizienz .....	104
Abbildung 21: Der Outputquotient („Strahl“) in seiner doppelten Rolle als Indikator für Spezialisierung und als „Abtaster“ der Transformationskurve.....	106
Abbildung 22: Zusammenhang zwischen der Form der Transformationskurve und der Entwicklung der Grenzrate der Transformation bei einem sich ändernden Outputquotienten („Strahl“)......	107
Abbildung 23: Ausprägungen der Transformationskurve verschiedener Skalen- und Verbundeffekte.....	111
Abbildung 24: Geschätzte vs. tatsächliche Zitationshäufigkeit im proportionalen Modell (Lag 3, siehe A2.).....	122
Abbildung 25: Box-Plots der Schattenpreise für die Variablenausprägungen aller Hochschulen.....	131
Abbildung 26: Ausprägungen der Grenzzraten der Transformation im Verhältnis zum Outputquotienten über alle Hochschulen und Outputkombinationen.....	135
Abbildung 27: Partielle Inputelastizitäten beide Inputvariablen pro Hochschule.....	138
Abbildung 28: Verteilung der Skalenelastizitäten über alle Hochschulen .....	139
Abbildung 29: Skalenelastizitäten & Effizienz der Hochschulen nach der Höhe des Gesamtbudgets.....	139
Abbildung 30: Grenzzraten der techn. Substitution zwischen Dritt- & Grundmitteln über alle Hochschulen.....	140
Abbildung 31: „Partielle Skalenwirkung“ der Ausweitung von Drittmittel.....	142
Abbildung 32: Verteilung der Effizienzwerte pro Modellspezifikation (Markierung: Median).....	146
Abbildung 33: Verteilung der Grenzzraten der technischen Substitution (Drittmittel/Grundmittel) pro Modellspezifikation (Markierung: Median).....	148
Abbildung 35: Jährliche Zitationshäufigkeit im jeweiligen Jahr nach Veröffentlichung.....	163
Abbildung 36: Verteilung der Morishima-Elastizitäten für alle gegenseitigen Outputkombinationen .....	166
Abbildung 37: Outputelastizitäten für alle Hochschulen und für den jeweiligen Output.....	167
Abbildung 38: Inputelastizitäten für alle Hochschulen und für den jeweiligen Input.....	168

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Merkmale/Daten in ausgewählten Forschungspapieren von Birnbaum (1983), Huisman, Meek und Wood (2007) und Morphew (2009). .....	34
Tabelle 2: Deskriptive Statistiken für alle Datendimensionen .....	47
Tabelle 3: Durchschnittliche Merkmalsausprägungen pro Cluster („Zentroide“) .....	57
Tabelle 4: Kennzahlen der Hochschuldiversität für verschiedene Hochschulcluster. ....	60
Tabelle 5: „Orchideenhochschulen“ in der Hochschullandschaft .....	70
Tabelle 6: Aggregierte Strukturdaten des Hochschulsystems nach offiziellem Hochschultyp.....	73
Tabelle 7: Die 30 Hochschulen mit der höchsten programmatischen internen Diversität. ....	76
Tabelle 8: Normalisierte Indexwerte des offenbaren komparativen Vorteils (GS), also dem relativen Engagement eines Hochschultyps im jeweiligen Fachbereich.....	77
Tabelle 9: Durchschnittliche HH-Indexwerte nach Hochschultyp bei Markteintritt. ....	81
Tabelle 10: Indexwerte $Div^d$ nach Hochschultyp (Differenzen zwischen 1992 und 2014). ....	81
Tabelle 11: Die Universitäten mit den niedrigsten $Div^d$ Einzelwerten in den Ingenieurwissenschaften. ....	82
Tabelle 12: Übersicht von SFA Studien, die Verbundeffekte im Hochschulwesen untersuchen. ....	90
Tabelle 13: Entscheidende Voraussetzungen für die Anwendung verschiedener Funktionen zur Analyse der Produktionsmöglichkeiten. ....	101
Tabelle 14: Beschreibende Definitionen der Input und Outputs des Modells .....	120
Tabelle 15: Deskriptive Statistiken der In- und Outputs .....	123
Tabelle 16: Ergebnisse der Schätzung des ZI-Modells einer Outputdistanzfunktion mit vier Outputs und zwei Inputs normiert mit der Outputvariable $y_{zit}$ . ....	129
Tabelle 17: Variablenausprägungen der Zentroide (Mittelwerte) aller universitären Cluster .....	131
Tabelle 18: Partielle Funktionsableitungen („Schattenpreise“) für die Variablenausprägungen der Clusterzentroide (auf der effizienten Hülle mit $D(x_c, y_c)=1$ ). ....	133
Tabelle 19: Grenzzraten der Transformation für die Variablenausprägungen der Clusterzentroide (auf der effizienten Hülle mit $D(x_c, y_c)=1$ ). ....	133
Tabelle 20: Übersicht über die Morishima-Elastizitäten aller Hochschulen gemessen an den Medianwerten (links) und an der Anzahl positiver Ausprägungen (rechts). ....	136
Tabelle 21: Morishima-Elastizitätswerte für die jeweiligen Variablenausprägungen der Clusterzentroide (gemittelt für $M_{m/n}$ und $M_{n/m}$ ). ....	137
Tabelle 22: Grenzzraten der technischen Substitution der Clusterzentroide. ....	141
Tabelle 23: „Partielle Skalenwirkung“ der Ausweitung von Drittmittel der Clusterzentroide. ....	142
Tabelle 24: Vergleich der Schätzparameter für drei unterschiedlichen Modellspezifikationen. ....	145
Tabelle 25: Korrelationsmatrix der Effizienzwerte pro Modellspezifikation.....	146
Tabelle 26: Korrelationen der Schätzungen der Grenzzraten der Transformation für alle Spezifikationskombinationen. ....	147
Tabelle 27: Mittelwerte der geschätzten Grenzzraten der Transformation über alle Hochschulen im Vergleich zwischen den Modellspezifikationen. ....	147
Tabelle 28: Vergleich der Medianwerte der Morishima-Elastizitäten für alle Hochschulen und für die jeweiligen Modellspezifikationen (COLS / SFA ZI / SFA ZV). ....	147
Tabelle 29: Relative Opportunitätskosten (RMRT).....	165

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

AIC	Akaike-Informationskriterium
COLS	corrected least squares
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DM	Drittmittel
GM	Grundmittel
HRG	Hochschulrahmengesetz
ibid	Weiterführung des Quellenverweises
ING	Ingenieurwissenschaften
KUW	Kunst und Kunstwissenschaft
LSDV	least squares dummy variable
MNW	Mathematik, Naturwissenschaften
MOOC	massive open online course
MRT	Grenzrate der Transformation
MRTS	Grenzrate der technischen Substitution
OVB	omitted variable bias
PCA	Hauptkomponentenanalyse
RWS	Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
SFA	Stochastic Frontier Analysis
SKW	Sprach- und Kulturwissenschaften
SLINK	single-linkage clustering
<i>sub</i>	relative Opportunitätskosten
TE	technische Effizienz
TU7	TU9 (ohne die Universitäten Hannover und Braunschweig)
TU9	Zusammenschluss neun führender Technischer Universitäten
UPGMA	unweighted pair group method with arithmetic mean clustering
ZI	zeitlich invarianter Fehlerterm
ZV	zeitlich varianter Fehlerterm

### Modellvariablen

$\alpha$	Inputparameter
<i>art</i>	„Arts“
$\beta$	Outputparameter
$\gamma$	Interaktionsterm
$C$	Kostenfunktion
$D_o$	Output-Distanzfunktion
<i>Dist</i>	Distanzmetrik
<i>Div/Spez</i>	Indexwert interne Differenzierung
$\epsilon_x$	Skalenelastizität
$GS$	offenbarter komparativer Vorteil
$HH$	Herfindahl-Hirschman-Index
$M$	Morishima-Elastizität
$N$	Normalverteilung
$P$	Produktionsmöglichkeiten
$p$	Preis
$p^*$	Schattenpreis
$R$	Ertrag
$sc$	„Science“
$T$	Produktionstechnologie
$\tau$	Zeitparameter
$\theta$	Distanzmultiplikator
$u$	Ineffizienzterm
$v$	Fehlerterm
$x$	Input
$y$	Output
<i>zit</i>	Zitationen

Teil I:

Die bildungsökonomische  
Theorie der organisationalen  
Spezialisierung

# 1 Einleitung

*An des Königs Majestät [Friedrich Wilhelm III.]*

*Königsberg, den 24. Juli 1809:*

*[...] Man fühlte, dass jede Trennung von Fakultäten der ächt wissenschaftlichen Bildung verderblich ist, dass Sammlungen und Institute [...] nur erst dann recht nützlich werden, wenn vollständiger wissenschaftlicher Unterricht mit ihnen verbunden wird, und dass endlich, um zu diesen Bruchstücken dasjenige hinzuzusetzen, was zu einer allgemeinen Anstalt gehört.*

*– Wilhelm von Humboldt (1809)*

*(aus dem Antrag zur Gründung der Universität zu Berlin)*

Wer in Deutschland über die Organisation des Hochschulwesens diskutiert, trifft unweigerlich auf die Leitsätze des preußischen Bildungsreformers Wilhelm von Humboldt. Wie im einleitenden Zitat zu lesen ist, ließ er sich bei der Gründung der heutigen *Humboldt-Universität zu Berlin* vom Ideal der sogenannten „*universitas litterarum*“ leiten. Dieses Ideal beschreibt eine Universität, die unter einem organisationalen Dach sowohl alle akademischen Fachrichtungen als auch alle klassischen Missionen, sprich Lehre und Forschung, miteinander vereint (Humboldt-Universität zu Berlin 2010).

Heute als *Volluniversität* bekannt, hat sich die *universitas litterarum* ohne Zweifel als ein prägendes Konzept der Organisationstheorie behauptet. Sie gilt nicht nur als Leitlinie deutscher Hochschulpolitik, sondern ebenso als Vorbild international renommierter Organisationen wie der Harvard oder der Yale University (Rorty 2004). Auch nach Humboldts Tod machten sich zahllose Bildungsreformer und -wissenschaftler Gedanken über die effektive Gestaltung von Hochschulen. Doch ungeachtet der sich wandelnden Fachbereiche, Denkschulen und politischen Stimmungen erfreut sich die *universitas litterarum* unverändert großer Beliebtheit (Metzler 2017, Schwennicke 2017, Wissenschaftsrat 2000).

Die Organisation deutscher Hochschulen im Sinne Humboldts Ideals ist keine Selbstverständlichkeit. Tatsächlich fand sein Leitsatz der Einheit von Lehre und Forschung erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine weitreichende Umsetzung in der deutschen

Hochschullandschaft (Paletschek 2007). Seither wird an deutschen Universitäten jedoch mehr als nur gelehrt – tatsächlich gelten sie im internationalen Vergleich als besonders wissenschaftsorientiert (Teichler 2005). Der Integration verschiedener Funktionen und Themen unter einem Dach liegt die Annahme zugrunde, es bestünden synergetische Beziehungen zwischen den jeweiligen Einzeleinheiten. Die Volluniversität ist nach diesem Verständnis mehr als die Summe ihrer Teilbereiche. An anekdotischen Beispielen für diese These mangelt es nicht: Ein Professor kann das Wissen aus der eigenen Forschung an seine Studierenden weitergeben, unterschiedliche Fakultäten können ihre jeweiligen Stärken in Schnittstellenstudiengängen vereinen und die fächerübergreifende Forschungskoooperation ermöglicht eine kombinatorische Innovation.

Eine vermeintlich entgegengesetzte Grundanschauung liegt den Wirtschaftswissenschaften zugrunde – die *Spezialisierung*. Diese Kontraposition nimmt in der wirtschaftswissenschaftlichen Ideengeschichte einen prominenten Stellenwert ein. So handelt gleich das erste Kapitel des *Wohlstands der Nationen*, dem Hauptwerk des Gründungsvaters der Nationalökonomie Adam Smith, von der produktivitätssteigernden Wirkung der Spezialisierung. In seinem berühmten Beispiel der Nadelfabrik schreibt er über eine Handvoll ungelerner Arbeiter, die im vorindustrialisierten Schottland in spezialisierter Arbeitsteilung fast 50.000 Stecknadeln produzieren konnten, alleine dagegen weniger als 20 – vielleicht noch nicht einmal eine einzige (Smith 1904)<sup>1</sup>. Dieses eindrucksvolle Plädoyer für die Aufgliederung von Arbeitsschritten sensibilisiert seither die Disziplin für die potentielle Kraft der Spezialisierung und schafft eine gewisse Skepsis gegenüber organisationalen Alleskönnern.

Im Zuge der Weiterentwicklung wirtschaftswissenschaftlichen Denkens wurde das Prinzip der Spezialisierung von dem Individualfall auf die Organisationsebene übertragen (z.B. Williamson 1990). Und auch in der praktischen Hochschulgestaltung fordern theoretische wirtschaftswissenschaftliche Organisationsprinzipien wie schlanke Steuerungsmöglichkeiten,

---

<sup>1</sup> Erstauflage 1776

direkte Belohnungen oder geringere interne Transaktionskosten (vgl. Edwards 2014; Wigger 2015) das Humboldt'sche Ideal heraus. Auch in der praktischen und wissenschaftlichen Diskussion haben die Ideen unter den Namen der „Differenzierung“ oder der „Profilbildung“ Einzug in die Richtliniensetzung der Hochschulpolitik gehalten (Wissenschaftsrat und DFG 2008; Wissenschaftsrat und DFG 2015).

Diese Arbeit beschäftigt sich im Folgenden mit der vermeintlichen Kollision dieser beiden Grundüberzeugungen und ihrer Ausprägung in der deutschen Hochschullandschaft. Dazu beginnt die Ausarbeitung im **ersten Teil** mit einem Einblick in die theoretische Literatur der organisationalen Spezialisierung und die Vorteile des Verbunds. Es werden Überlegungen dazu angestellt, in welche Puzzleteile sich eine Hochschule überhaupt aufteilen (und wieder zusammensetzen) lässt. In diesem Zusammenhang folgt eine Vorstellung davon, was *Unterschiedlichkeit* sowohl innerhalb der Menge an Komponenten in einer Organisation, als auch zwischen gesamten Organisationen bedeuten kann. Schließlich endet der einführende Literaturteil mit einer Begründung, warum es sich aus ökonomischer Sicht lohnt, sich mit dieser Fragestellung zu befassen.

Der **zweite Teil** der Arbeit greift die theoretischen Überlegungen zur Unterschiedlichkeit von Hochschulorganisationen auf und ergänzt sie durch zwei ausführliche empirische Analysen. Die erste der beiden Analysen nimmt eine datenbasierte Klassifizierung der deutschen Hochschullandschaft vor. Sie verfolgt dabei das Ziel zu evaluieren, welche vielfältigen Arten von Hochschulen sich identifizieren lassen und inwiefern sich diese *zwischen einander* unterscheiden. Die zweite Analyse fokussiert sich auf die programmatische Unterschiedlichkeit *innerhalb* der individuellen Hochschule. Sie stellt also weniger die Frage, inwieweit sich eine Hochschule als Gegenpol zu anderen Hochschulen spezialisiert, sondern wie spezialisiert sie in sich aufgestellt ist.

Der **dritte Teil** dieser Arbeit greift die Untersuchungen des Vorkapitels auf und erweitert diese um eine normative Note. Während Teil II noch die *positive* Frage stellt, ob und in welcher Form sich Hochschulen spezialisieren, fragt Teil III vielmehr, ob es *normativ* überhaupt sinnvoll ist, dass sich Universitäten spezialisieren – oder ob ihre Dienstleistungen

doch eher im Verbund erbracht werden sollten? Um diese Frage zu beantworten, beginnt Teil III mit einer ausführlichen Darstellung der mikroökonomischen Produktionstheorie. Aus dieser Fundierung heraus wird ein ökonometrisches Modell hergeleitet, das die Produktionsfunktion deutscher Universitäten abbildet. Die Parameterwerte der Produktionsfunktion ermöglichen schließlich die Berechnung von Kennzahlen zur Existenz von Spezialisierungs- und Verbundeffekten im deutschen Hochschulwesen.

## 2 Die Spezialisierung von Organisationen und ihre Betrachtung im Verlauf der ökonomischen Ideengeschichte

*Each person [...] might be considered as making four thousand eight hundred pins in a day. But if they had all wrought separately and independently, and without any of them having been educated to this peculiar business, they certainly could not each of them have made twenty, perhaps not one pin in a day.*

– Adam Smiths Beschreibung einer Nadelfabrik (1776)<sup>2</sup>

### 2.1 Adam Smith und die Spezialisierung

Wie zu Beginn beschrieben, nimmt die Idee der Spezialisierung in den Wirtschaftswissenschaften eine herausragende Rolle ein. Wenn man Adam Smiths *Wohlstand der Nationen* (Smith 1904) näher betrachtet, so findet man neben seiner Illustration der Nadelfabrik eine differenzierte Darstellung von vier Wirkungsweisen, die erklären, warum die Spezialisierung als entscheidender Treiber der Produktivität wirkt. Erstens führt Spezialisierung nach Smith zur wiederholten Durchführung bestimmter Arbeitsschritte, wodurch die dafür benötigten Fähigkeiten im Laufe der Zeit entwickelt werden können. Zweitens lassen sich Zeit und Aufwand eines Wechsels von einer Aktivität zur nächsten vermeiden. Drittens begünstigt die Konzentration auf eine Tätigkeit den Innovationsprozess, indem einzelne Schritte gezielt optimiert werden können; was, viertens, einen Anreize zur Erfindung spezialisierter Maschinen schafft (*ibid* S. 9 ff.).

Heute besteht kein Zweifel, dass Adam Smiths Vorhersage einer Durchdringung von Wirtschaft und Gesellschaft durch die Spezialisierung zutreffend war (North 1991). Die Manifestation seiner Analyse lässt sich heute überall beobachten – sei es in Form von spezialisierten Sportlern, die ihre Disziplin so gut beherrschen wie kein Mensch je zuvor oder in Form von ganzen Betrieben, die nicht etwa ganze Autos, sondern nur die dafür benötigten Scheinwerfer produzieren. Den eindrucklichsten Nachweis des Aufstiegs der Spezialisierung liefert wohl die Auffächerung der Berufsvielfalt selbst. So übten die meisten Menschen in

---

<sup>2</sup> aus Smith (1904)

Smiths Zeiten bestimmte namensgebende Professionen aus – Beispiele dafür nennt er mit dem „Fleischer, dem Mälzer oder dem Bäcker“ sogar in einem seiner berühmtesten Zitate selbst.<sup>3</sup> Diese limitierte Menge an Berufen steht dabei kaum im Verhältnis zu den etwa 10.000 unterschiedlichen Berufen, die die Bundesagentur für Arbeit bereits im Jahre 1975 führte. Bis 2010 wuchs dieser Katalog sogar weiter auf über 24.000 unterschiedliche Berufstitel an. Es scheint also, als sei die Entwicklung der Berufsspezialisierung noch immer im vollen Gange (Bundesagentur für Arbeit 1975, Bundesagentur für Arbeit 2010).

Hochschulen sind von dieser Entwicklung keineswegs ausgenommen. Vielmehr bietet der Wissenssektor sogar ein besonders großes Potenzial zur Arbeitsteilung und der Schöpfung damit verbundener Spezialisierungsgewinne (Carnegie Commission 1973). Immerhin war schon zu Adam Smiths Zeiten die Fülle des Wissens zu sehr angewachsen, als dass es eine einzelne Person, der Universalgelehrte, vollständig hätte erlernen können. Mittlerweile gilt es als selbstverständlich, dass einzelne Wissenschaftler nur noch an der eigenen, individuellen Wissensfront arbeiten und danach streben, diese spezialisiert Stück für Stück nach vorne zu verschieben.

## 2.2 Arbeitsteilung und die Spezialisierung von Organisationen

Ein Grundmotiv, das sich durch sämtliche Werke Adam Smiths zieht, ist das Verhältnis zwischen Individuum und Kollektiv. Dabei stellt der Autor wiederholt die Frage, wann das mikro- und makroökonomische Wirken gleichgerichtet sind und wann sie auseinanderdriften. So beschäftigt sich Adam Smith in seiner *Theorie ethischer Gefühle* (1759) aus einer moralphilosophischen Perspektive mit der Frage, wie Individuen im Verhältnis und unter Beobachtung anderer Menschen (dem „Kollektiv“) Entscheidungen treffen. Im Wohlstand der Nationen untersucht er dagegen, welches Kollektivergebnis entsteht, wenn viele Individuen selbstständige ökonomische Entscheidungen treffen.

---

<sup>3</sup> Das Originalzitat lautet: „It is not from the benevolence of the *butcher, the brewer, or the baker* that we expect our dinner, but from their regard to their own interest.“ (Kapitel 2 im Wohlstand der Nationen)

Gleichermaßen ist es auch in die DNA der Wirtschaftswissenschaften übergegangen, zwischen verschiedenen Ebenen der Aggregation zu unterscheiden. Ein gerne bemühtes Beispiel dafür ist die schwäbische Hausfrau, für die bekanntermaßen andere Wirkungsmechanismen gelten als für die Volkswirtschaft als Ganzes. Genauso muss die produktivitätssteigernde Wirkung der Spezialisierung individueller Arbeitsschritte nicht gleichbedeutend damit sein, dass ganze Unternehmen Vorteile aus der Spezialisierung der eigenen Produktion ziehen.

In der Tat spricht der Wirtschaftsnobelpreisträger Oliver Williamson von „*einem ungelösten Rätsel*“, hinsichtlich seiner Beobachtung, dass Großunternehmen in vielen Fällen nicht alles erreichen, was eine äquivalente Gruppe kleiner Unternehmen zu Stande bringt – „*und noch mehr*“ (1990). Eigentlich, so schreibt er herausfordernd, dürfte ein Zusammenschluss von Unternehmen nur Vorteile mit sich bringen. Seiner Logik nach könne der Geschäftsführer einer neu geformten Organisation die Untergliederungen schlicht weiterhin unabhängig voneinander produzieren lassen. Über ein *selektives Eingreifen* in ausgewählten Bereichen ließen sich dann gezielte Pareto-Verbesserungen erzielen. Ein Großunternehmen dürfte demzufolge niemals weniger, aber manchmal mehr als die Gruppe unabhängiger Unternehmen leisten (*ibid* S. 152).

Die Beobachtung, dass sich diese Logik in der Realität nicht immer bewahrheitet, motivierte Williamson dazu, eine Erklärung für sein Rätsel zu finden. Wie die kommenden Unterkapitel zeigen werden, stellten sich im Laufe der Zeit aber auch andere Ökonomen die Frage, welche Merkmale und Mechanismen die Grenzen einer Organisation bestimmen. Warum folgen Apotheken einer anderen Organisationsform als öffentliche Verwaltungsämter und warum unterscheiden sich diese wiederum von multinationalen Automobilkonzernen? Welche Faktoren bestimmten die Spezialisierung und den Umfang einer Organisation?

### 2.2.1 Die Organisation als Steuerungsinstrument der Arbeitsteilung

Adam Smith war bereits gestorben, als Wilhelm von Humboldt Anfang des 19. Jahrhunderts die preußische Bildungslandschaft reformierte. Trotzdem steckte die Volkswirtschaftslehre auch in dieser Zeit noch in ihren Kinderschuhen – es sollte über 100 weitere Jahre dauern, bis die Disziplin die Bedeutung von Organisationen in der Steuerung der Arbeitsteilung erkannte (North 1993). 1937 veröffentlichte der heutige Nobelpreisträger Ronald Coase seinen Aufsatz *The Nature of the Firm* und revolutionierte damit das ökonomische Denken. Während klassische Volkswirte wie Adam Smith oder David Ricardo und ihre neoklassischen Nachfolger wie Léon Walras oder Alfred Marshall noch die Bedeutung des Marktes zur Koordination einer arbeitsteiligen Wirtschaft hervorhoben, stellte Coase dem Markt die Rolle der Organisation entgegen. In *The Nature of the Firm* fragt Coase provokativ, warum es überhaupt Organisationen gebe, wenn einzelne Menschen ihre Dienste auch einfach direkt über den Markt handeln könnten. Seine eigene Antwort lautet, dass die Nutzung des Marktmechanismus *Transaktionskosten* verursacht. Die Koordination über den Markt erfordert, so Coase, beispielsweise eine Produkt- und Preissuche. Weiter führt sie mitunter zu (mehrstufigen) Verhandlungen, schafft Unsicherheit oder bürdet dem Unternehmen regulatorischen Kosten, wie die Besteuerung von Transaktion außerhalb einer Organisation, auf (*ibid* S. 390 ff.). Letztendlich sind der Markt und die Organisation nach Coase nur zwei *alternative* Modelle zur Realisierung der *gleichen* Transaktionen, für die lediglich unterschiedliche Kosten der Koordination von Arbeitsteilung anfallen (*ibid* S. 388). Es ist also nicht nur von Bedeutung, welche Personen an einem arbeitsteiligen Wirtschaftsprozess teilnehmen und in welche Bestandteile er aufgeteilt ist, sondern ebenso, in welche Institutionen und Organisationen diese eingebettet sind (Wilson 1989). Die Ausprägung des Organisationsumfangs ergibt sich in diesem Sinne aus einem Kompromiss zwischen verschiedenen Kräften.

Diese Erkenntnis erinnert stark an die kollidierenden Prinzipien der organisationalen Spezialisierung und der synergetischen Kräfte des Verbunds. So kann die Vermittlung des Smith'schen arbeitsteiligen Prozesses ihre Transaktionskosten sowohl entkoppelt

(außerhalb) als auch vereinigt (innerhalb) in einer Organisation verursachen. Nach Milgrom und Roberts lässt sich diese Vermittlung der Arbeitsteilung wiederum in drei Bereiche einteilen: *Koordination*, *Information* und *Motivation* (1992). Die Art und Weise, wie die einzelnen Faktoren in unterschiedlichen Branchen in Angriff genommen werden, beeinflusst jeweils die Größe und den Umfang der in ihnen agierenden Organisationen.

*Koordination* ist eine notwendige Voraussetzung für einen auf mehreren Schultern verteilten Produktionsprozess vieler direkt oder indirekt voneinander abhängigen Einzelleistungen. Nach Coase nimmt die Komplexität einer solchen Koordination mit der Anzahl der involvierten Individuen zu. Er spricht von „abnehmenden Grenzerträgen der Unternehmensführung“ mit zunehmender Größe einer Organisation (Coase 1937). Die Organisationsform ist nach dieser Überlegung das Resultat eines Abwägungsprozesses zwischen unternehmensinternen und -externen Koordinationskosten. Im Stile der neoklassischen Maximierungslogik vergrößert sich ein Unternehmen nach Coase also so lange, bis die Managementkosten einer zusätzlichen Transaktion innerhalb des Unternehmens den Kosten einer selben Transaktion über den Markt gleichen (*ibid* S. 405).<sup>4</sup> Überdies erfordert die Koordination allumfassender Organisationen besondere Mühen in der Abstimmung und der Aufrechterhaltung der Gruppenstruktur. Ein Beispiel dafür ist der zunehmend komplizierte Umgang mit Gemeinschaftsressourcen und die damit verbundene Trittbrettfahrerproblematik <sup>5</sup> (Olson 1992, Ostrom 1990). Dagegen sind große Organisationen mitunter in der Lage, Ordnungen zu schaffen, um solche Koordinationsprobleme zu bewältigen. Ein naheliegendes Beispiel ist der Aufbau einer professionellen Verwaltungsstruktur, die als teilweise fixer Kostenpunkt zudem Potenzial für Skaleneffekte mit sich bringen kann. Und selbst Herausforderungen der Ressourcenallokationen können beispielsweise durch die Einführung von

---

<sup>4</sup> Die Leitfrage lautet dann: „Sollte eine weitere Aktivität innerhalb meiner Organisation durchgeführt werden oder nicht?“

<sup>5</sup> Dieses ökonomische Problem einer Unterversorgung (öffentliche Güter) oder Übernutzung (Allmendegüter) von Gemeinschaftsressourcen tritt immer dann auf, wenn sich einzelne Gemeinschaftsmitglieder nicht effektiv vom Konsum einer solchen kollektiven Ressource ausschließen lassen.

Transferpreissysteme auch *organisationsintern* gemeistert werden (Milgrom und Roberts 1992).

Preise sind nicht nur ein Instrument der Koordination, sondern ebenso eines zur Übermittlung von *Informationen*. Marktprozesse verdanken ihre Popularität unter anderem genau ihrer Eigenschaft, mithilfe von Preisen Informationen über Knappheit, Technologien und Präferenzen effektiv zu kommunizieren (Hayek 1945). Generell entscheidet sich die Eignung einer Organisationsform durch ihre Fähigkeit, im arbeitsteiligen Wirtschaftsprozess Informationen schnell, günstig und wahrheitsgetreu zu übertragen.<sup>6</sup> Die Übertragung von Informationen ist ein zentraler Punkt, an dem große Organisationen scheitern. Ursächlich dafür sind die Informationsunterschiede zwischen verschiedenen subsidiären Ebenen, die sich insbesondere unter Arbeitsteilung zwangsläufig entwickeln. Gründe für den Wissensvorsprung lokaler Einheiten gegenüber ihrer zentralen Führung sind zum Beispiel der direkte Kontakt, eine thematische Spezialisierung oder begrenzte Kontrollmöglichkeiten (vgl. Hayek 1975). Gerade der Hochschulbereich stellt ein Paradebeispiel für diese Informationsasymmetrien dar – wissenschaftliche Forschung und Lehre können aufgrund ihrer Spezifität nur schwer von anderen eingeschätzt werden. Breit aufgestellte Hochschulorganisationen müssen ihre dezentralen Ebenen insofern zwangsläufig einbinden, um so von ihrem lokalen Wissen zu profitieren.

Zuletzt stellt die Aufteilung von Verantwortungen und Leistungen im Zuge der Arbeitsteilung die *Motivation* der Beteiligten auf die Probe. Die Volkswirtschaftslehre beschäftigt sich in dieser Hinsicht insbesondere mit der Agenturproblematik hierarchischer Handlungsbeziehungen (Pauly 1968, Jensen und Meckling 1976).<sup>7</sup> Den Bildungssektor betreffend äußert sich diese Thematik beispielsweise in der Verfolgung bürokratischer Eigeninteressen oder im Vorurteil fauler Beamter (Dixit 2002, Delfgaauw und Dur 2008). Auch Oliver Williamson entdeckt die Antwort auf sein *Rätsel* im Bereich der *Motivation*.

---

<sup>6</sup> Welche Institutionen sich für diese Aufgabe eignen, ist das Thema der Informationsökonomik (vgl. Stiglitz 2002).

<sup>7</sup> „Prinzipal-Agenten Theorie“

Er schreibt, dass große Organisationen Anreizverschlechterungen in Bezug auf Innovation und Anstrengung mit sich bringen (1990). Diese Einschätzung trifft er im Kontext des Marktes, weil dort ein Zusammenschluss verschiedener Einzelorganisationen die Verfügungsrechte über Profite und die damit verbundenen Anreize verwässern kann. Eine eng verwandte Problematik, die diese Logik auch für den Fall öffentlicher Organisationen relevant macht, ist die zunehmend unklare Zurechenbarkeit zwischen Organisationseinheiten und Leistungen und die damit einhergehende Anreizverschlechterung (*ibid* S. 161, vgl. z.B. Holmstrom 1982). Nicht nur die generelle Motivation von Leistung, sondern auch die Verhandlung über die Art der Leistung kann in großen Organisationen Kosten verursachen. So wächst der erwartete Ertrag aus interner Beeinflussung mit der Größe des Mittelvergabeprozesses (vgl. Milgrom und Roberts 1990) und eine Annäherung an monopolistische Strukturen motiviert Rent-Seeking Verhalten<sup>8</sup> (vgl. Tullock 1967).

### 2.2.2 Die Organisation als Resultat ihrer Produktionstechnologie

Neben dem Umgang mit Transaktionskosten beeinflussen auch andere Faktoren den Umfang von Organisationen. Manche dieser Faktoren, wie zum Beispiel politische Regulierungen oder die Größe des Marktes, liegen außerhalb einer Organisation, andere befinden sich indes organisationsintern – dazu gehört die Ausprägung der *Produktionstechnologie*.

Im volkswirtschaftlichen Sinne bezeichnet eine *Technologie* den Produktionsprozess, aus einer Menge von Inputs eine Menge von Outputs zu erzeugen (10.1.1). Die Art und Weise, wie dies in einer bestimmten Branche geschieht, entscheidet dabei maßgeblich über die Ausgestaltung der in ihr agierenden Organisationen. Wenn eine Technologie sinkende Durchschnittskosten in der Produktion zusätzlicher Outputs aufweist, wird in der Branche mit positiven *Skaleneffekten* produziert (Baumol et al. 1982). Der durchschnittliche Output pro Input wächst dann mit zunehmendem Produktionsvolumen. In einer solchen Branche

---

<sup>8</sup> Unter Rent-Seeking versteht man die unproduktive Ausnutzung politischer Einflussnahme, um innerhalb bürokratischer Strukturen bestehende Ressourcen oder Gelder für die eigenen Zwecke zu vereinnahmen.

erlangen Unternehmen allein durch ihre schiere Größe einen Wettbewerbsvorteil, sodass sich tendenziell wenige Wettbewerber durchsetzen und den Markt dominieren (z.B. Varian 2006).<sup>9</sup> Positive Skaleneffekte treten beispielsweise bei Technologien auf, die geringe Grenzkosten aufweisen, deren hohe Fixkosten sich über viele Einheiten aufteilen lassen<sup>10</sup> oder bei denen mit einer zunehmenden Produktionsmenge Lerneffekte auftreten. Als ein Beispiel aus dem Hochschulbereich gilt die Bereitstellung von Vorlesungen, da es mit verhältnismäßig geringen Kosten verbunden ist, diese Dienstleistung für weitere Studierende zu öffnen. Diese Technologieeigenschaft stellt auch die betriebswirtschaftliche Grundlage des Aufkommens sogenannter Massive Open Online Courses („MOOCs“) dar.<sup>11</sup>

Allerdings können auch Skaleneffekte auch mit einem vergleichsweise geringen Organisationsumfang einhergehen, sobald die agierenden Unternehmen eine hinreichend kleine Nische für sich wählen. Diese Beobachtung ist von besonderer Relevanz für die deutsche Wirtschaft, da auf ihr der Erfolg des hiesigen Mittelstands fußt. Die Fokussierung auf ein bestimmtes, hochqualitatives Produkt, also eine organisationale Spezialisierung, gilt hier bekanntermaßen als eine erfolgsversprechende Unternehmensstrategie (z.B. Eisert et al. 2013). In diesem Zusammenhang weist Williamson (1990) darauf hin, dass positive Skaleneffekte in einer Branche, gleichzeitig zu einem *geringeren* Organisationsumfang in einer anderen führen können. So können bestimmte, entkoppelbare Leistungen an Organisationen ausgelagert werden, die so über die Aggregation von Nachfrage Skaleneffekte umsetzen. Die auslagernde Organisation wird dabei wiederum schlanker.<sup>12</sup> Viele deutsche

---

<sup>9</sup> Im Extremfall existierte sogar Subadditivität in den Kosten, das heißt, dass ein Unternehmen das Branchengut günstiger herstellen kann als zwei (oder mehr) Unternehmen. Dieses Szenario wird allgemein als *Natürliches Monopol* bezeichnet.

<sup>10</sup> Die *Fixkostendegression* bezeichnet die Aufteilung fixer Produktionskosten auf zusätzliche Produktionsmengen. Im Zuge dessen fallen die Stückkosten der Produktion mit steigender Ausbringung.

<sup>11</sup> Es bleibt eine interessante Frage der näheren Zukunft, ob sich diese Kostenvorteile langfristig gegen die Gemeinschaftseffekte der lokalen Bildungsinstitutionen durchsetzen werden. Für einen praktischen Kurzüberblick zu MOOCs in Deutschland siehe z.B. Rensing (2013).

<sup>12</sup> Unter Betrachtung des Anteils eigener Bruttowertschöpfung am Umsatz nimmt die Verflechtung in die arbeitsteilige Wirtschaft mit der Unternehmensgröße tendenziell zu. So schöpfen Unternehmen mit vielen Mitarbeitern nach Zahlen des Statistischen Bundesamts einen relativ niedrigeren Anteil der

Hochschulen haben beispielsweise die Entwicklung ihrer Informationssysteme an die genossenschaftliche HIS Hochschul-Informationssystem eG ausgelagert. Skaleneffekte können damit sowohl zur Ausweitung von Organisationen als auch zu ihrer Verschlankeung führen.

Skaleneffekte, die nicht durch die Ausweitung einer bestimmten Leistung, sondern durch die Aktivität in mehreren Produktbereichen erzielt werden, nennt man *Verbundeffekte*. Solche Produktionsvorteile können zum Beispiel entstehen, wenn zwei Produktbereiche mit komplementären Technologien produzieren. Wenn Verbundeffekte bestehen, sollten die in ihr agierenden Organisationen ein Bündel mehrerer Leistungen anbieten, da die gegenseitigen Komplementaritäten erst im Zuge dessen ausgeschöpft werden können. Häufig genannte Beispiele für komplementäre Bündel im Hochschulbereich sind die funktionale Verbindung von Forschung und Lehre oder die thematische Verknüpfung verschiedener Wissenschaftsgebiete. Dieser Fall ist für diese Arbeit von besonderem Interesse, da Verbundeffekte nicht nur die Vergrößerung einer Organisation, sondern explizit deren Ausweitung auf mehrere Bereiche motivieren. Technologien mit Verbundeffekten führen also tendenziell zu breit aufgestellten, nicht-spezialisierten Organisationen. Humboldts Ideal der *universitas litterarum* erinnert in diesem Sinne an das organisationale Streben nach der Umsetzung von Verbundeffekten.

Zusammenfassend hängt der Umfang einer Organisation also entscheidend von der jeweiligen Technologie und den Transaktionskosten der Arbeitsteilung in einer Branche ab. Skaleneffekte können je nachdem, ob sie organisationsintern oder -extern strukturiert werden, sowohl breite als auch zu schlanke Organisationen hervorbringen. Wenn Skaleneffekte über mehrere Produktbereiche anfallen, spricht man von Verbundeffekten. Verbundeffekte erinnern an ein wirtschaftswissenschaftliches Äquivalent zu Humboldts

---

von ihnen umgesetzten Werte selbst (siehe dazu auch De Grauwe und Camerman 2002). Der Zusammenschluss von vielen Menschen in einer Organisation kann dabei wie im Falle des Individuums in diesem Sinne zu einer Konzentration auf die eigenen Kernaufgaben führen.

Leitsätzen der organisationalen Vereinigung. Die Umsetzung von Skalen- und Verbundeffekten in arbeitsteiligen Produktionsprozessen treibt den inner- und außerorganisationalen Handel an. Die damit einhergehenden Transaktionen fordern Organisationen in den Bereichen der Koordination, Information und Motivation heraus. Die gewählte Organisationsform eines Unternehmens, wie auch einer Hochschule, ist somit der Ausdruck des Umgangs mit diesen Herausforderungen.

### 3 Die Vielfalt von Hochschulen und ihre Verknüpfung mit der organisationalen Spezialisierung

*Vielfalt, die: „Fülle von verschiedenen Arten, Formen o. Ä., in denen etwas Bestimmtes vorhanden ist, vorkommt, sich manifestiert.“*  
– Duden (2017)

Die Bedeutung des Begriffs der *Spezialisierung* wird im wirtschaftswissenschaftlichen Sinne zumeist als *interner* Fokus der Aktivitäten auf einen Leistungsbereich verstanden. In anderen Disziplinen, insbesondere in der Biologie, versteht man Spezialisierung dagegen häufig als eine Anpassung an *externe* Umstände, bzw. als *externe* Abgrenzung gegenüber anderen *Spezies* (im Sinne einer Taxonomie). Tatsächlich lässt sich die lateinische Wortwurzel *specialis* nicht nur als „speziell“, sondern auch als „besonders“ oder „eigentümlich“ übersetzen (Mackensen 2013). Auch Organisationen lassen sich von beiden Perspektiven betrachten - eine Organisation kann sich nicht nur intern *in sich*, sondern ebenso extern *gegenüber anderen* spezialisieren. Gerade in Hinblick auf die Untersuchung von Hochschulen ist die Unterscheidung von Bedeutung, da es nicht nur eine, sondern viele verschiedene Organisationsformen gibt. In der institutionsökonomischen Literatur spricht man bei dieser Begriffstrennung auch von *interner* und *externer Diversität* (Stadtman 1980). Hinsichtlich der Hochschullandschaft können sich so beispielsweise Programme, Lehrmethoden oder auch Studierende zwischen Fakultäten („intern“) oder zwischen Hochschulen („extern“) unterscheiden. Interne Diversität bezeichnet dann beispielsweise die gesellschaftswissenschaftliche Fakultät einer technischen Hochschule oder die Einführung eines MBA Programms an einer traditionellen Forschungsuniversität. Externe Diversität bezeichnet hingegen die Unterschiede zwischen gesamten Hochschulen, wie beispielsweise den Kontrast zwischen der privaten Wirtschaftsuniversität und der öffentlichen Kunsthochschule – übrigens eine externe Diversität zweier intern-spezialisierter Organisationen. Die Unterscheidung von externer und interner Diversität ist gerade für die Hochschulen von besonderer Bedeutung, da man in diesem freiheitlichen Sektor generell

(und in den Volluniversitäten im Speziellen) außergewöhnliche Unterschiedlichkeit innerhalb einer Organisation beobachten kann (Kapitel 6).

### 3.1 Aspekte der Hochschulvielfalt

*Vielfalt*, *Unterschiedlichkeit* und *Diversität* nehmen nicht nur eine zentrale Bedeutung in dieser Arbeit ein – sie sind auch zentrale Begriffe der Wirtschaftswissenschaften im Allgemeinen. Von moderneren Themen wie der Soziodiversität in Unternehmen bis hin zu ökonomischen Grundkonzepten wie dem Polypol stellt die Vielfalt in der Disziplin ein wiederkehrendes Motiv dar. Vielfalt entsteht in allen Systemen mit Unterschieden und Ähnlichkeiten, daher kann man sie im Zusammenhang mit vielen ökonomischen Begriffen wie etwa „Ausstattungen“, „Fähigkeiten“, „Präferenzen“ oder „Informationen“ wiederfinden.

Wie lässt sich jedoch organisationale Vielfalt insbesondere im Hinblick auf das Hochschulwesen verstehen? Zwei einander verwandte Versuche, diese Frage systematisch zu beantworten, finden sich in den Arbeiten von Verne Stadtman (1980) und Robert Birnbaum (1983). Beide Hochschulforscher arbeiten in ihren Werken Unteraspekte heraus, in denen sich Hochschulen voneinander unterscheiden können. So gliedert Stadtman die Hochschuldiversität in die fünf Dimensionen *Programm*, *Methode*, *System*, *Zusammensetzung* und *Reputation* auf. Birnbaum erweitert diese Struktur jeweils um Unterkategorien der organisationalen Vielfalt. Insgesamt lässt sich der Oberbegriff „Hochschuldiversität“ also in verschiedene Unterkategorien auffächern (Abbildung 1).

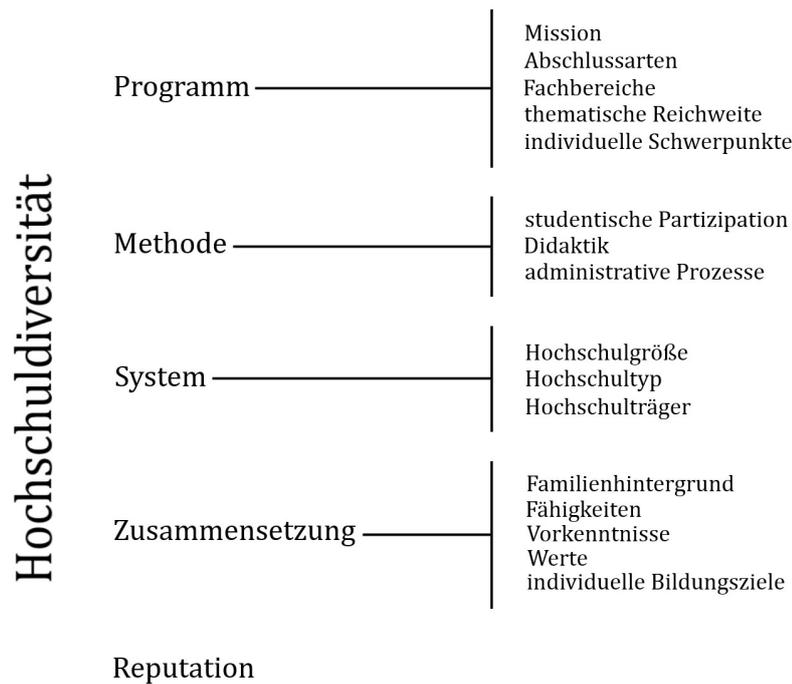


Abbildung 1: Aufgliederung der Hochschuldiversität in eigener Darstellung nach Birnbaum (1983) und Stadtman (1980)

Die *methodische* Dimension der Hochschuldiversität nimmt Bezug zur organisationalen Eigenschaft, *wie* eine Hochschule arbeitet. Im Bereich der Lehre stellen sich aus Perspektive der organisationalen Unterschiedlichkeit zum Beispiel die Fragen: Wie nah ist der studentische Kontakt zu den Dozenten? Wie frei sind Studierende in der Auswahl ihrer Studieninhalte? Wie stark werden sie mit in die Forschung eingebunden? Zugleich umfasst diese Dimension jedoch auch methodische Unterschiede in den wissenschaftlichen und administrativen Prozessen. Auch wenn die methodische Komponente der Hochschulvielfalt in den letzten Jahren durch den Aufstieg digitaler Bildungsmodelle an Bedeutung gewonnen hat, soll ihr innerhalb dieser Arbeit kein Schwerpunkt eingeräumt werden.

Genauso wenig sollen fortan die organisationalen Unterschiede in der *Zusammensetzung* der Studierenden- und Mitarbeiterschaft thematisiert werden. Unter dieser Quelle der Vielfalt verstehen Stadtman und Birnbaum, *wer* sich in einer Hochschule engagiert. Beispielhafte Unterscheidungen innerhalb dieser Dimension könnten lauten: Wie stark engagiert sich die Hochschule in der Erwachsenenbildung? Liegt der Fokus eher auf der Grundlagenbildung oder auf der Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern? Wie ausgeprägt ist das

Engagement der Hochschule in der Integration von Studierenden mit Migrationshintergrund?

Die dritte Quelle der Hochschuldiversität, die *Reputation*, stellt zugleich die am meisten beachtete als auch die umstrittenste aller Dimensionen dar. So spricht David Garvin vom Ruf der Hochschule als „dem wichtigsten Faktor im Hochschulwettbewerb“ (1980), da er wesentlich über den Erfolg einer Hochschule entscheide. Diese herausragende Bedeutung gewinnt die Reputation nach Niklas Luhmann, da sie wie eine „zweite selektive Codierung“ wirke, die immer dann das Bild einer Hochschule bestimme, wenn nähere Informationen über ihre Güte eigentlich fehlten (1990). Manche Stimmen unterstützen diese Form der Unterschiedlichkeit als inhärentes Bedürfnis der Gesellschaft nach Statusunterschieden. Andere betonen die selbstverstärkenden Effekte solcher Unterschiede, die zur sozialen Stratifikation beitragen können (Teichler 1974, 2005, Banscherus et al. 2015). Aktuell findet vor allem die Frage nach dem „besser“, sei es in der Exzellenzdiskussion oder in Hochschulrankings, öffentlich Gehör. In dieser Arbeit soll jedoch weniger das „besser“ als das „anders“ thematisiert werden. Daher wird im Folgenden auch auf diese Dimension der Hochschuldiversität kein spezielles Augenmerk gelegt. Vielmehr wird sich diese Arbeit weitestgehend mit der Vielfalt in den Aspekten *System* und *Programm* beschäftigen.

Die *programmatische* Vielfalt nimmt Bezug auf die Unterschiedlichkeit, mit *was* sich Hochschulen jeweils beschäftigen. Zu dieser Dimension zählt allen voran natürlich die thematische bzw. fachliche Ausrichtung der Hochschulen. Eine solche Unterscheidung wird in Deutschland beispielsweise durch das Statistische Bundesamt vorgenommen, das die Studiengänge einzelner Hochschulen jeweils einem der folgenden Fachbereiche zuordnet:

- |  |  |
|--|--|
| (1) Sprach- und Kulturwissenschaften             | (6) Veterinärmedizin                         |
| (2) Sport  | (7) Agrar-, Forst & Ernährungswissenschaften |
| (3) Rechts-, Wirtschafts- & Sozialwissenschaften | (8) Ingenieurwissenschaften                  |
| (4) Mathematik und Naturwissenschaften           | (9) Kunst und Kunstwissenschaft              |
| (5) Humanmedizin und Gesundheitswissenschaften   |  |

Robert Birnbaum hebt die *programmatische* Unterschiedlichkeit unter allen Dimensionen in besonderem Maße hervor (1983). Anekdotisch wird diese Wertung schnell deutlich, wenn man etwa Medizinische Hochschulen und Technische Universitäten oder private Wirtschaftsuniversitäten und die Kunsthochschulen einander gegenübergestellt. Insbesondere das anfangs erwähnte Ziel, die Volluniversität zu untersuchen, hebt die Bedeutung der programmatischen Diversität für diese Arbeit hervor. Denn immerhin definiert sich die Volluniversität eben über die Vereinigung aller großen Disziplinen unter dem Dach einer Organisation. Daher stellen die Art und der Umfang der programmatischen Vielfalt innerhalb und zwischen den Hochschulen einen Schwerpunkt dieser Arbeit dar.

Ein weiteres entscheidendes Element der programmatischen Hochschuldifferenzierung stellt die *Mission* dar. Sie beschreibt, je nach Perspektive, sogleich die Aufgaben als auch die Ziele einer Hochschule. Laut Hochschulrahmengesetzes lautet die allgemeine Mission der Hochschulen, „(...) *entsprechend ihrer Aufgabenstellung der Pflege und der Entwicklung der Wissenschaften und der Künste durch Forschung, Lehre, Studium und Weiterbildung in einem freiheitlichen, demokratischen und sozialen Rechtsstaat [zu dienen]*“ (§ 2 HRG). Ungeachtet dieser allgemeinen Definition unterscheiden sich die einzelnen Hochschulen natürlich in der Umsetzung und der Priorisierung der einzelnen Missionsaspekte. Innerhalb des Gesamtkanons von Missionen fokussiert sich die einschlägige bildungsökonomische Literatur auf das traditionelle Paar von „Forschung & Lehre“, unter das sich der Großteil der Hochschulaktivität gliedern lässt.<sup>13</sup> Mit unterschiedlichen Priorisierungen von Forschung und Lehre geht in vielen Hochschulsystemen eine *systemische* Trennung von „wissenschaftlichen“ und „anwendungsorientierten“ Hochschulen einher. Diese Trennung, die beispielsweise in der deutschen Hochschullandschaft zwischen „Universitäten“ und „Fachhochschulen“ vorgenommen wird, grenzt verschiedene Organisationstypen voneinander ab. Weitere formelle und informelle Hochschultypen in Deutschland sind beispielsweise die „Pädagogischen Hochschulen“ in Baden-Württemberg, die „privaten

---

<sup>13</sup> Zusätzlich betont die Literatur die zunehmende Bedeutung der sogenannten *dritten Mission* – dem Technologie- und Wissenstransfer zugunsten der Wirtschaft und anderen Teilen der Gesellschaft (Bonaccorsi et al. 2006).

Hochschulen“, die „Kunsthochschulen“, die „TU9“<sup>14</sup> und eben auch die „Volluniversitäten“. Insbesondere formell-systemische Abgrenzungen unterscheiden Hochschulen auf grundlegende Weise – beispielsweise in ihren Rechten, in ihrer Steuerung oder in ihrer Finanzierung. Beispiele für solche Unterschiede sind das Promotionsrecht, über das weitestgehend nur Universitäten verfügen oder die Trägerschaft, die eben per Definition öffentliche von privaten Hochschulen unterscheidet. Auch die systemische Dimension der Hochschuldiversität wird in dieser Arbeit aufgegriffen. So ist es das Ziel des sechsten Kapitels, bestimmte latente Hochschultypen auszumachen, die über die offizielle Klassifikation der Hochschularten hinausgehen.

### **3.2 Die ökonomische Bedeutung von Hochschulvielfalt**

Es kam bereits zur Sprache, dass die Organisation von arbeitsteiligen Prozessen einer effektiven Organisationsstruktur bedarf. Aber auch über Einzelprozesse hinaus, aus makroökonomischer Sicht, gewinnt die Wertschätzung von Institutionen als entscheidender Schlüssel nationaler Wohlfahrt zunehmend an Bedeutung (vgl. North 1994, Robinson et al. 2005). Ein passendes Beispiel dafür findet man im internationalen Standardwerk der ökonomischen Lehre *Principles of Economics* von Gregory Mankiw, das seit der fünften Auflage (2011) ein eigenständiges Kapitel über die nationalökonomische Bedeutung von Institutionen führt. Auch der Erfolg des Hochschulwesens ist keineswegs nur ein Produkt seiner Wissenschaftler und Studierenden, sondern ebenso einer der Ausgestaltung des Systems, in dem diese agieren. Im Folgenden werden verschiedene Aspekte herausgearbeitet, in denen die ökonomische und bildungswissenschaftliche Literatur einen Zusammenhang zwischen der Vielfalt des Hochschulsystems und dem nationalen, ökonomischen Erfolg erkennt.

---

<sup>14</sup> Die TU9 sind ein Zusammenschluss der neun führenden Technischen Universitäten in Deutschland.

### 3.2.1 Nachfrage nach Hochschulvielfalt

Der wohl sichtbarste Grund für die ökonomische Bedeutung von Hochschulvielfalt folgt aus der Vielschichtigkeit der Gesellschaft. Der zunehmend arbeitsteilige Wirtschaftsprozess stellt dabei nur ein Beispiel einer gesellschaftlichen Unterschiedlichkeit von Situationen, Hintergründen und Präferenzen dar, deren Nachfrage ein entsprechend diverses Angebot impliziert. Nach Ulrich Teichler lässt sich dieses gesellschaftliche Grundbedürfnis nach Hochschuldiversität in fünf Ursachenbereiche einteilen: *Wirtschaftlicher Bedarf, soziale Strukturen, Entwicklung der Wissenschaft, Verteilung von Befähigungen* und *Verteilung von Motiven* (2005).

Der *wirtschaftliche Bedarf* nach funktionaler und thematischer Vielfalt in der Hochschul-landschaft folgt direkt aus der Durchdringung der Wirtschaft durch die Arbeitsteilung. Je spezifischer die Tätigkeiten von Arbeitskräften werden, desto spezifischer müssen sie natürlich auch ausgebildet werden. So führt Studieren.de aktuell - von „3D-Design und Management“ bis „Zupfinstrumente“ – 7.812 verschiedene Studienfächer (2017).

Eine *soziale Struktur* kann man beispielsweise geographisch verstehen. So bevorzugen sowohl Studierende als auch Forschende zumeist Hochschulen in Nähe des eigenen Lebensmittelpunkts (vgl. Anderson, Bowman und Tinto 1972). Diese Präferenzen legen natürlich das Angebot räumlicher Auswahlmöglichkeiten nahe.

Auch die *Entwicklungen in der Wissenschaft* weisen einen Trend zur größeren Vielfalt auf. In der Volkswirtschaftslehre hat sich beispielsweise eine bemerkenswerte Anzahl an Unterdisziplinen herausgebildet. Exemplarisch dafür steht die bekannte Klassifikation des

Journals of Economic Literature (JEL), das zwanzig Haupt-<sup>15</sup> und über einhundert weitere Spezialbereiche führt (2018).<sup>16</sup>

Die *Verteilung der Befähigungen* schafft die Notwendigkeit für die Ausgestaltung unterschiedlicher Hochschulorganisationen und damit zur Schaffung externer Diversität. Ein Beispiel dafür findet man in Michal Spences Signaltheorie (1973), die 2001 mit dem Wirtschaftsnobelpreis gewürdigt wurde. Nach Spence ermöglichen differenzierte Bildungswege die Selbstselektion unterschiedlich begabter Personen. Durch die Wahl eines herausfordernden Studiengangs, der talentierten Studierenden vergleichsweise wenig Anstrengung aufbürdet, tun sich diese hervor und übertragen einem zukünftigen Arbeitgeber ein glaubwürdiges Signal über ihre Fähigkeiten. Damit passen Hochschulen ihr Angebot nicht nur im pädagogischen Sinne an die Befähigungen der Studierenden an, sondern beteiligen sich zudem an der Aufgabe, asymmetrische Information zwischen Bewerbern und Arbeitgebern zu abzubauen.

Der letzte Erklärungsansatz Teichlers ist die *Verteilung von Motiven*. Diese beschreiben die individuell-unterschiedlichen Antriebe und Vorhaben Studierender. Ein vielfältiges Bildungssystem ermöglicht es Studierenden, in Abhängigkeit der eigenen Interessen und Ziele die passende Nische zu finden. Ein Beispiel unterschiedlicher Motive stellt auch die Nachfrage nach Statusunterschieden dar, die über hierarchische Bildungsabschlüsse legitimiert werden sollen (Teichler 1974). So herrscht auch über die Verteilung der Befähigungen hinaus eine Nachfrage nach Hochschulunterschieden in Qualität oder Reputation.

---

<sup>15</sup> Allgemeine Ökonomie und Lehre; Ökonomische Ideengeschichte; Mathematische und quantitative Methoden; Mikroökonomie; Makroökonomie und Geldtheorie; Internationale Ökonomie; Finanzwirtschaft; Finanzwissenschaft; Gesundheit-, Bildungs- und Wohlfahrtsökonomie; Arbeitsmarktökonomik und Demographie; Recht und Ökonomie; Industrieökonomik; Betriebswirtschaftslehre; Wirtschaftsgeschichte; Entwicklungsökonomie, Innovation, Technologischer Wandel und Wachstumstheorie; Institutionenökonomie; Agrar-, Ressourcen- und Umweltökonomie; Stadt-, Immobilien-, Regional- und Verkehrsökonomik; sonstige Kategorien; andere Spezialthemen

<sup>16</sup> Z.B. Energie-, Familien- oder Sportökonomie

### 3.2.2 Hochschulvielfalt in dynamischen Prozessen

Neben ihrer Bedeutung im Wechselspiel zwischen Angebot und Nachfrage, nimmt die Hochschulvielfalt auch eine zentrale Rolle in der Entwicklung dynamischer Wirtschaftsprozesse ein. Ein Beispiel dafür stellt die Vielfalt in Wettbewerbsprozessen dar. Allein die *Vielzahl* von Anbietern entscheidet hier über die Marktmacht des einzelnen Marktteilnehmers und wirkt sich damit auf das Unterbietungs- und Preisnehmerverhalten auf der Angebotsseite aus (z.B. Eucken 1949). Neben der Vielzahl spielt aber auch die *Vielfalt* von Angeboten eine wesentliche Rolle, indem sie über den Preis hinaus die Konkurrenz der Produktqualität und -beschaffenheit anheizt und damit einen Anreiz für Innovationen schafft (Schumpeter 1912, Hayek 1968).

Friedrich Hayek hebt in diesem Zusammenhang die Rolle der Unwissenheit hervor (1945). Die Entwicklung von Systemen, Organisationen und Prozessen stellt nach seiner Auffassung einen andauernden Vorgang dar, der bei einem vielfältigen Angebot dadurch angetrieben wird, dass viele Individuen ihre unterschiedlichen Präferenzen in Form ihrer Nachfrage offenbaren. Hayek argumentiert, es sei ex ante unklar, welche Strukturen für eine Gesellschaft in ihrer Zeit passend sind. Diese könnten nur in einem gesellschaftlichen Experiment aufgedeckt werden (vgl. Hayek 1968). Erst die Unterschiedlichkeit der Möglichkeiten lässt eine Wahl und damit die Repräsentation individueller Präferenzen zu. Daher ist die Vielfalt von Organisationen unentbehrlich für den Erkenntnisgewinn in einer Gesellschaft und für die Entwicklung ihrer Organisationslandschaft.

Auch aus räumlicher Perspektive übt die Unterschiedlichkeit von Organisationen Einfluss auf den Wettbewerb aus. So weisen Hochschulen beispielsweise unterschiedliche Einzugsbereiche auf (Anderson, Bowman und Tinto 1972). An sich herrscht im Wettbewerb ein „Heimvorteil“ – Kosten (Wohnung, Umzug, Wegkosten, etc.) sind gering, Programme bekannt und heimatliche Beziehungen können aufrechterhalten werden (Quast und Scheller in Banscherus et al. 2015). Erst mit zunehmender Einzigartigkeit der Organisation wächst auch ihr Einzugsradius (Garvin 1980; Dotterweich und Baryla 2005). Durch auszeichnende Merkmale, sei es in ihrer Qualität oder in ihrem Profil, werden Hochschulen überregional

wahrgenommen und ein Wettbewerb gegenüber den Platzhirschen entwickelt sich. Man sollte an dieser Stelle jedoch einräumen, dass eine zunehmende Unterschiedlichkeit von Hochschulen, während sie einen überregionalen Wettbewerb stärkt, ihn dagegen regional abschwächen kann. Je unterschiedlicher Organisationen werden, desto stärker entfernen sie sich als gegenseitiges Substitut – das Polypol wird dann regional zur monopolistischen Konkurrenz.

So stellt eine solche Differenzierung nach Michael Porter eine effektive Strategie dar, den harten Wettbewerb um operationelle Exzellenz zu *umgehen* (1999) und auch Charles Darwin wusste schon, dass „der Kampf ums Dasein am heftigsten zwischen Individuen und Varietäten derselben Art“ sei (1859). In diesem Sinne ist Angebotsvielfalt nicht nur der Treiber des Wettbewerbs – vielmehr kann der Wettbewerb auch im Umkehrschluss zur Differenzierung führen. In Anlehnung an Ludwig von Mises Zweiteilung von „billiger oder besser“ (1940) unterscheidet auch Porter zwischen zwei generischen Strategien im Wettbewerb (1999). Unternehmen können sich entweder einem Preiswettbewerb stellen, indem sie nach operationeller Exzellenz streben oder sie umgehen diesen, indem sie sich differenzieren und ein heterogenes Produkt anbieten. Die Erschließung neuer Nischen stellt somit eine grundlegende Wettbewerbsstrategie dar und kann in einem automatischen Mechanismus zur Entwicklung von organisationaler Diversität führen.

Es liegt nahe, das Prinzip organisationaler Diversität mit Darwins Betrachtung der Artenvielfalt eines Ökosystems in Verbindung zu bringen. Dies tat auch der Soziologe Amos Hawley, der in seinem Werk *Human Ecology* die Evolution einer Gesellschaft im Stile Darwins *Entstehung der Arten* beschreibt (1950). In seinem Buch erklärt Hawley verschiedenste organisationale Entwicklungen mithilfe eines Prozesses natürlicher Selektion und schaffte es so bereits 1950, das zwiespältige Verhältnis zwischen dem Wettbewerb und der Diversität von Organisation darzustellen. In einem Modell der Wettbewerbskräfte beschreibt er die Entwicklung externer Diversität in vier Schritten: (1) Die Nachfrage konkurrierender Organisationen nach Ressourcen übersteigt das Angebot. (2) Die Wettbewerber passen sich in erstbesten Weise an die Umstände an und werden dabei

ähnlicher. (3) Die schwächsten Organisationen stehen unter der Bedrohung des Marktaustritts. (4) Um diese „natürliche Selektion“ zu verhindern, differenzieren sie sich. Aus dieser theoretischen Perspektive macht Wettbewerb Organisationen also zunächst ähnlicher, bevor sie wieder unterschiedlicher werden.

Hannan und Freeman (1977) präzisieren Hawleys Theorie dahingehend, dass Organisationen sich nicht nur durch natürliche Selektion, sondern ebenso durch *Adaption* verändern können. Sie nehmen im Verhältnis zu Hawley also die Rolle ein, die Lamarck damals im Verhältnis zu Darwin spielte. Im Gegensatz zur Entstehung der Arten, ist die Adaption in der Entwicklung von Organisationen jedoch selbstverständlich von entscheidender Bedeutung. Gerade die Hochschullandschaft zeigt nur eine verhältnismäßig geringe Prägung durch Markteintritte und -austritte – sie verändert sich vielmehr durch die Anpassung existierender Hochschulen.<sup>17</sup>

Welche Form eine solche adaptive Veränderung genau annimmt, ist dabei das Produkt verschiedener Einflüsse. Pfeffer und Salancik (1978) betonen in dieser Hinsicht die Bedeutung der Verfügbarkeit von Ressourcen, die eine Umwelt ihrer Organisationlandschaft bereithält.<sup>18</sup> Hinsichtlich der Diversität gilt für sie sowohl in der Hochschullandschaft als auch in der Ökologie, dass ein System genauso vielfältig ist, wie der Ressourcenpool, aus dem es sich versorgt. In Anlehnung daran schreiben Codling und Meek (2006, S. 7): „...variation in species is more likely to occur in a heterogeneous ecological environment, as organisms adjust to different local conditions. By contrast, if adapting organisms are subjected to the same environmental conditions, they will tend to evolve convergently. In

---

<sup>17</sup> Dazu schreibt Clark Kerr (1982, S. 152): „About eighty-five institutions in the western world established by 1520 still exist in recognisable forms, with similar functions and unbroken histories, including the Catholic church, the parliaments of the Isle of Man, of Iceland and of Great Britain, several Swiss cantons, and seventy universities. Kings that rule, feudal lords with vassals, guilds with monopolies are gone. These seventy universities, however, are still in the same locations with some of the same buildings, with professors and students doing much the same things, and with governance carried on in much the same ways.“

<sup>18</sup> Ein passendes Beispiel aus dem Hochschulbereich ist die organisationale Anpassung an die Ausweitung der Hochschulfinanzierung durch Drittmittel.

the world of higher education, the organism becomes the institution and the ecological environment becomes the higher education system.”

Die viel zitierte Arbeit von DiMaggio und Powell (1983) hebt in diesem Zusammenhang die Rolle von Normen im Entwicklungsprozess hervor. Nach ihrer Theorie *institutioneller Isomorphismen* werden sich viele Institutionen und Organisationen immer ähnlicher. Sie konvergieren in dreierlei Hinsicht: (1) Anpassung an zentrale Regeln und Gesetze, (2) Nachahmung von Marktführern, (3) Professionalisierung des gemeinsamen Berufsstandes. Eine Ausprägung eines solchen „mimetischen Verhaltens“, das in der Hochschulforschung Beachtung gefunden hat, ist der sogenannte *Academic Drift* (Riesman 1956, Neave 1979). Dieser beschreibt den in vielen Hochschulsystemen beobachtbaren Nachahmungsprozesses angewandter („polytechnischer“) Hochschulen in Richtung traditioneller Universitäten. Der Academic Drift zeigt, dass Vielfalt in einer Hochschullandschaft nicht zwangsläufig als Automatismus von alleine entstehen muss, womit die Untersuchung ihres Zustandes an Bedeutung gewinnt (vgl. Codling und Meek 2006).

Zusammenfassend lassen sich in der Literatur unterschiedlichste ökonomische und soziologische Mechanismen entdecken, in denen die Hochschulvielfalt eine zentrale Rolle spielt. Zunächst wird sie allein aufgrund der gesellschaftlichen Heterogenität nachgefragt – sei es aufgrund des wirtschaftlichen Bedarfs, sozialer und wissenschaftlicher Entwicklungen oder Unterschiedlichkeit in Befähigungen und Motiven. Ökonomische Bedeutung gewinnt die organisationale Diversität darüber hinaus aus ihrer Verbindung zum Wettbewerb. In der theoretischen Literatur lassen sich dabei Argumente für ein gegenseitiges Abhängigkeitsverhältnis finden, dessen Ausprägung sich situativ unterscheiden kann. Zuletzt kann die Hochschulvielfalt auch, beispielsweise unter Zuhilfenahme evolutionsbiologischer Mechanismen, als Faktor für die Entwicklung der Organisationslandschaft gesehen werden. Bedeutung gewinnt die organisationale Vielfalt dabei durch ihre Rolle im ökonomischen Entdeckungsverfahren guter Organisation und in der Entwicklung konvergierender Hochschulformen wie dem Academic Drift.



Teil II:

Diversität im Hochschulwesen

## 4 Diversität im Hochschulwesen

*„...eine äußerst eigentümliche Gruppe von Finken, welche in der Struktur ihrer Schnäbel, den kurzen Schwingen, der Form des Körpers und dem Gefieder miteinander verwandt sind; es sind dreizehn Spezies.*

*– Charles Darwin (1859)*

Der Zeit Charles Darwins folgt eine über 150 Jahre alte Geschichte der biologischen Taxonomie – der systematischen Zuordnung von Lebensarten zu hierarchischen Gruppen und Untergruppen. Die jeweilige Zuordnung ist ein Produkt der ihr zugrundeliegenden Systematik, also der spezifischen Definition, welche konkreten Unterschiede zu einer Trennung und welche konkreten Ähnlichkeiten zu einer Verwandtschaft der Spezies führen.

Die im einleitenden Zitat vorgenommene Klassifikation basiert auf einer *qualitativen* Einordnung. Sie zählt die Gemeinsamkeiten zwar auf systematische Weise auf, wirkt in ihrer Unschärfe aber zugleich anekdotisch. Qualitative Einschätzungen bieten sich immer dann besonders an, wenn sich der zu untersuchende Untersuchungsgegenstand nicht oder nur zu hohen Kosten in ein Zahlen-Korsett drängen lässt. *Quantitative* Techniken finden dagegen Anwendung, wenn man den jeweiligen Objekten eines Forschungsgegenstands konkrete Zahlenwerte zuordnen kann. Im Bereich der Hochschulforschung lassen sich Schulnoten oder Klassengrößen zum Beispiel vermeintlich einfach messen und vergleichen. Die Messwerte können dann addiert, verglichen und vermittelt werden. Gegenbeispiele stellen unterschiedliche Lehrmethoden oder Themen dar. Diese Charakteristiken lassen sich nur schwer auf einer Skala abbilden.

Nicht nur in der Biologie, sondern auch in der Bildungsforschung wurden rein quantitativ-methodische Arbeiten verfasst, die versuchen, die Hochschulvielfalt zu beziffern – ihre Anzahl ist allerdings gering (Huisman et al. 2007). Die wissenschaftliche Auseinandersetzung findet indes vor allem verbal oder in hybrider Form statt; beispielsweise indem auf die Entwicklung aktueller Studierendenzahlen oder auf Drittmittelquoten verwiesen wird.

Ein Grund für die geringe Anzahl quantitativer Untersuchungen liegt darin, dass es wohl kaum eine vielfältigere Organisationsform gibt als die Hochschule. Diese Vielfalt speist sich aus der Vielzahl heterogener Individuen mit heterogenen Hintergründen, Fähigkeiten und Zielen, die sich im Rahmen von Lehr- und Wissenschaftsfreiheit an diesen Orten zusammenfinden. Ungeachtet der empirischen Herausforderung soll im Folgenden der Versuch unternommen werden, sich von der qualitativen Ebene zu lösen und einen quantitativen Blick auf die organisationale Unterschiedlichkeit im deutschen Hochschulwesen zu werfen.

Bevor die beiden empirischen Beiträge vorgestellt werden, soll ein kurzer Literaturüberblick vermitteln, welche Ansätze frühere Arbeiten bislang dabei verfolgt haben, Hochschuldiversität in Zahlen wiederzugeben (**Kapitel 5**). Die Literatur – so viel sei vorweggenommen – betrachtet die Vielfalt aus beiden im ersten Teil eingeführten Perspektiven: *Zwischen ganzen Hochschulorganisationen* („extern“) und *innerhalb der einzelnen Hochschulorganisation* („intern“). Beide Perspektiven sollen im folgenden Kapitel jeweils einmal eingenommen werden.

**Kapitel 6** befasst sich mit der Unterschiedlichkeit *zwischen* verschiedenen Hochschultypen – also mit dem Thema der *externen* Hochschuldiversität. Die empirische Arbeit zeigt, wie man mithilfe geeigneter mathematischer Methoden ähnliche Hochschulen in homogenen Gruppen zusammenfassen kann. Als Resultat präsentiert die Arbeit eine vollständige Klassifikation der staatlichen Hochschulen in Deutschland.

**Kapitel 7** befasst sich hingegen damit, wie sich die *interne* Hochschuldiversität, also der aktuelle Stand der Spezialisierung, innerhalb von Hochschulen einzuschätzen lässt. Im Anschluss folgt eine Auswertung, inwieweit sich Hochschulen in dieser Hinsicht in den vergangenen Jahrzehnten entwickelt haben. Um diese Einschätzungen vornehmen zu können, werden am Ende des Kapitels verschiedene Kennzahlen entworfen, dargestellt und analysiert.

## 5 Literatur

Klassifikationen sind systematische Einteilungen einzelner Entitäten in vergleichsweise homogene Gruppen. Sie ermöglichen sowohl eine Darstellung von Ähnlichkeit als auch eine Abgrenzung von Unterschiedlichkeit. Entscheidend für die Zusammensetzung einzelner Gruppen ist dabei die zugrundeliegende Methodik. Das folgende Literaturkapitel gibt einen kurzen Überblick über unterschiedliche Ansätze, mit denen die Hochschullandschaft in früheren Arbeiten aufgeteilt und vermessen wurde.

### 5.1 Taxonomien

Die erste und wohl bekannteste Taxonomie einer Hochschullandschaft stellt die Carnegie Klassifikation dar. Sie erschien in erster Auflage im Jahre 1973 und umfasste damals fünf Haupt- und sieben Unter Kategorien US-amerikanischer Hochschulen (siehe Abbildung 2, Carnegie Commission 2001). Methodisch basierte die Einteilung der Gruppen auf einer Festlegung von Grenzwerten durch Expertengruppen. So musste eine Hochschule, die beispielsweise im Jahre 1994 als „Research I Universität“ gelten wollte, alle grundlegenden Studienfächer anbieten, hohe Forschungspriorität vorweisen, mindestens 50

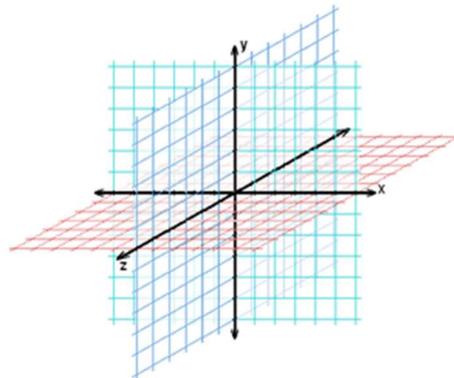
<ul style="list-style-type: none"> <li>Doctoral-Granting Institutions</li> <li>  Research Universities I</li> <li>  Research Universities II</li> <li>  Doctoral-Granting Universities I</li> <li>  Doctoral-Granting Universities II</li> <li>Comprehensive Universities and Colleges</li> <li>  Comprehensive Universities and Colleges I</li> <li>  Comprehensive Universities and Colleges II</li> <li>Liberal Arts Colleges</li> <li>  Liberal Arts Colleges I</li> <li>  Liberal Arts Colleges II</li> <li>Two-Year Colleges and Institutes</li> <li>Professional Schools &amp; other Specialized Institutions</li> <li>  Theological seminaries, Bible colleges and other institutions offering degrees in religion</li> <li>  Medical schools and medical centers</li> <li>  Other separate health professional schools</li> <li>  Schools of engineering and technology</li> <li>  Schools of business and management</li> <li>  Schools of art, music, and design</li> <li>  Schools of law</li> <li>  Teachers colleges</li> <li>  Other specialized institutions</li> </ul>
---

**Abbildung 2: Kategorien der Carnegie Klassifikation im Jahre 1973**

Dokortitel pro Jahr verleihen und eine bundesstaatliche Förderung von mindestens 40 Million Dollar erhalten (Carnegie Commission 1994). Im Jahre 2005 wurde die starre Klassifikation durch eine flexible, interaktive Einteilung ersetzt, deren Grenzwerte nun durch den einzelnen Benutzer der Website festgelegt werden konnten (van Vught et al. 2010). Dieser Entwicklung folgte auch das europäische Gegenstück zur Carnegie Klassifikation, *U-Map*, ein Projekt des Centre for Higher Education Policy Studies (CHEPS) im Auftrag der Europäischen Kommission. Tatsächlich lag es im Kern des Projekts „ein

Klassifizierungswerkzeug der europäischen Hochschullandschaft zu gestalten, das die Vielfalt von Mission und Profilen europäischer Hochschulorganisationen darstellen könne (van Vught et al. 2010).<sup>19</sup>

Was diese Ansätze, selbst in der interaktiven Form, vereint, ist die Gruppendefinition anhand von Grenzwerten. Solche Ansätze zur tatsächlichen Messung von Hochschuldiversität lassen sich auch in wissenschaftlichen Arbeiten wiederfinden. Die Pionierstudie, auf die sich die Literatur in dieser Hinsicht bezieht, ist Robert Birnbaums „Maintaining diversity in higher education“ (1983). Birnbaum kategorisiert darin die US-amerikanische Hochschul-



**Abbildung 3: Schematische Darstellung multidimensionaler Raster im Sinne von Birnbaum (1983).**

landschaft nach sechs verschiedenen Merkmalen mit jeweils bis zu vier unterschiedlichen Merkmalsausprägungen.<sup>20</sup> Zusammen teilen die Grenzwerte den Datenraum in Rasterbereiche ein, wodurch sich ein Hochschultyp, oder „Würfel“ (Abbildung 3), für jede Kombination von Merkmalsausprägungen ergibt.<sup>21</sup> Die Kategorien ermöglichen es Birnbaum die Hochschuldiversität zu quantifizieren, indem er die Streuung der Hochschulen über die einzelnen Würfel mithilfe von Verteilungskoeffizienten, wie der Anzahl ausgefüllter Hochschultypen oder dem Gini-Koeffizienten misst. In seiner Analyse kommt Birnbaum zu dem Ergebnis, dass die amerikanische Hochschulvielfalt trotz des starken Wachstums der Branche zwischen 1960 und 1980 nicht zugenommen habe. Er resümiert: „It appears that

<sup>19</sup> Mittlerweile wurde die Ergebnisse des U-Map Projekts in die Website [www.umultirank.org](http://www.umultirank.org) überführt.

<sup>20</sup> Merkmal (Wertebereiche): Größe (<1.000, 1.000 - 2.500, >2.500), Hochschulträger (öffentlich, unabhängig, religiös, proprietär), Geschlecht (gemein, nur männlich/weiblich), Fächergruppen (Freie Künste, beruflich oder technisch, Lehrerausbildung, umfassend), höchster Abschluss (zweijährig, vierjährig, Master, Doktor), Ethnische Zusammensetzung (über 50% weiße Studierende; unter 50%)

<sup>21</sup> Es gibt also  $768 = 3 \times 4 \times 2 \times 4 \times 4 \times 2$  einmalige Kombinationen oder Hochschultypen.

the higher education system has used the vast increase in resources primarily to replicate existing forms (...) rather than to create new ones" (*ibid* S. 144).

Birnbaums Ansatz wurde 2009 für die USA (Morphew 2009) und 2007 für Europa und Australien (Huisman et al. 2007) repliziert und in ausgewählten Aspekten, wie zum Beispiel der Datenauswahl, weiterentwickelt (siehe Tabelle 1).<sup>22</sup>

**Tabelle 1: Verwendete Merkmale/Daten in ausgewählten Forschungspapieren von Birnbaum (1983), Huisman, Meek und Wood (2007) und Morphew (2009).**

Birnbaum (1983)	Huisman et al. (2007)	Morphew (2009)
· Hochschulgröße	· Hochschulgröße	· Hochschulgröße
· Hochschulträger	· Hochschulträger	· Hochschulträger
· Fachbereiche	· Fachbereiche	
· Abschlusshöhe	· Abschlusshöhe	· Abschlusshöhe
· Geschlecht		· Geschlecht
· Ethn. Zusammensetzung	· Studienstruktur	· Studiengebühren

## 5.2 Clusteranalysen

Eine weitere Klassifikationsmethode aus der Literatur ist die Clusteranalyse (oder auch das „Clustering“). In den Worten von Charles Romesburg ist sie die „elementarste Methodik Ähnlichkeit zu schätzen“ (2004), denn sie stützt sich einzig und allein auf die Differenzen der einzelnen Datenwerte. Beim Clustering handelt es sich um eine Familie von mathematischen Verfahren, die ähnliche Datenpunkte einer gemeinsamen Gruppe (einem „Cluster“) zuordnet und unterschiedliche Datenpunkte voneinander trennt. In den meisten Arbeiten aus der Hochschulforschung dient die Clusteranalyse eher als ein vorbereitender Schritt, um eine darauf aufbauende, zweite Analyse durchzuführen. Allerdings lassen sich auch Arbeiten finden, die eine Clusteranalyse als alleinstehende Methodik zur Darstellung von Hochschuldiversität nutzen.

<sup>22</sup> Insbesondere auf Letztere ist die Idee des siebten Kapitels dieser Arbeit zurückzuführen, den Herfindahl-Hirschman-Index als Indikator organisationale Spezialisierung zu nutzen.

Ein Beispiel dafür stellt die Arbeit von Bonaccorsi und Daraio (2009) dar. Die Forscher nutzen ihr Clusterverfahren auf explorative Weise, um europäische Hochschulen in ihrer programmatischen Unterschiedlichkeit entlang des Lehre-Forschungsspektrums einzuordnen. Nach der Abgrenzung von forschungs- und lehrorientierten Hochschulen, sind sie in der Lage, die Einordnung der Hochschulen verschiedener Länder zu beobachten und Schlüsse über die Ausrichtung ihrer Hochschulsysteme zu ziehen.

Stanley und Reynolds (1994) untersuchen dagegen die hierarchische Abstufung von Ähnlichkeiten mithilfe des sogenannten Ward-Clusterings. Bei dieser Art der Clusteranalyse handelt es sich um eine hierarchische Methode, die zunächst alle Hochschulen einzeln auflistet und sie danach schrittweise anhand von Ähnlichkeitskriterien in Clustern zusammenfügt – bis am Schluss alle Hochschulen zu einem einzigen Gesamtcluster gehören (Abbildung 4).

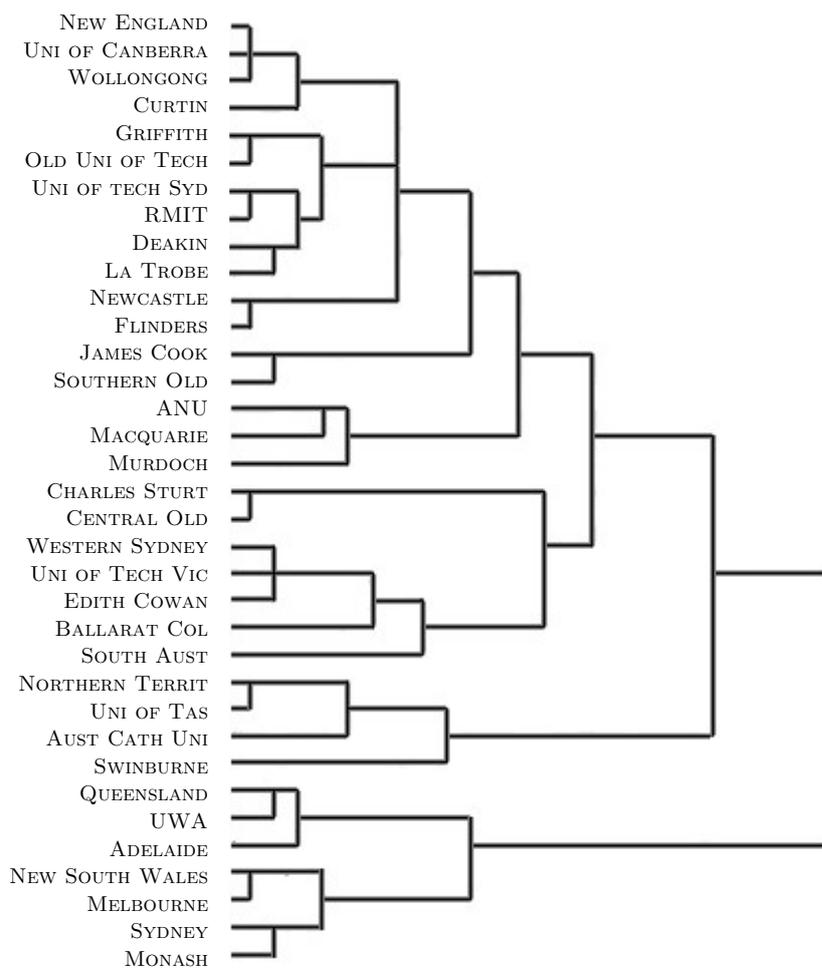


Abbildung 4: Dendrogramm eines hierarchischen Clusterings australischer Universitäten (Stanley und Reynolds 1994).

Das Ziel ihrer Studie besteht darin, zu untersuchen, ob die Vereinheitlichung von einem binären zu einem uniformen Hochschulsystem Ende der 1990er Jahre in Australien zu Konvergenzbewegungen in der australischen Hochschullandschaft geführt habe. Entlang der paarweisen Vereinigungen können die Wissenschaftler Muster erkennen, die auch Jahre nach der Reform immer noch die ursprüngliche binäre Struktur des Hochschulsystems reflektieren.

Ein drittes Beispiel stellt die Clusteranalyse der koreanischen Hochschullandschaft von Jung Cheol Shin dar (2009). In seiner Arbeit klassifiziert Shin Koreas Hochschulen mithilfe verschiedener Hochschuldaten mit Forschungsbezug. Der Hochschulforscher zeigt, dass seine Methode Gruppierungen hervorbringt, die stark den konventionellen Benchmark-Klassifikationen von Expertengruppen ähneln, die auf Basis von Grenzwerten getroffen werden. Aufbauend auf seinen Ergebnissen diskutiert Shin die Anwendungsmöglichkeiten seiner Klassifikation. Dazu gehören seiner Ansicht nach Einstellungsentscheidungen, Titelvergaben und vor allem der Einsatz als Kontrollvariable in darauf aufbauenden Methoden.<sup>23</sup> Nach Shin weist das Clustering im Vergleich zu Benchmark-Klassifikationen mit einfachen Grenzwerten einige Vorteile auf. So kann es multidimensionale Grenzen setzen und schafft einen aus Datensicht genaueren Schnitt zwischen den Häufungspunkten der Gruppen. Zudem schwächt eine algorithmische Klassifikation den Vorwurf der willkürlichen Wahl von Klassengrenzwerten.

---

<sup>23</sup> So wie beispielsweise der Standort oder die Hochschulträgerschaft (und in diesem Falle die Dimension der Hochschulmission) häufig genutzt werden.

### 5.3 Diversitätsindizes

In den vergangenen Jahren hat sich der Fokus der Literatur vom klassifikatorischen Ansatz zunehmend zu einem kennzahlorientierten verschoben. Dabei verzichten die Hochschulforschenden darauf, die Daten in nominale Kategorien zu transformieren, sondern analysieren sie mithilfe von Kennzahlen, die auf die ursprüngliche kontinuierliche Datenform zugreifen.

Die Arbeit von Gavin Moodie (2014) analysiert beispielsweise die Unterschiedlichkeit von Hochschulgrößen in den USA, Großbritannien und Australien und setzt dabei mit der Berechnung von Standardabweichungen auf ein einfaches Streuungsmaß. Andere Arbeiten (insb. Rossi 2010, Teixeira et. al. 2012, Huisman et al. 2015) wenden abgewandelte Kennzahlen des Herfindahl-Hirschman-Index an. Den Index selbst nutzen sie dabei zur Quantifizierung interner Diversität auf der Datenbasis unterschiedlicher Studienprogramme (Rossi 2010) oder der Verteilung Studierender auf Fachbereiche (Teixeira et. al. 2012, Huisman et al. 2015).

Lepori et al. (2014) zeigen sich besonders kreativ in der Entwicklung von Kennzahlen zur Analyse der Diversitäts- und Konvergenzbewegungen. In ihrer Studie über das Verhalten Schweizer Hochschulen nach Einführung des binären Hochschulsystems Ende der 1990er Jahre stellen die Hochschulforscher eine Vielzahl von Kennzahlen vor: Darunter einen Index zur Messung der gesamten Systemdiversität, einen zur Beurteilung der Änderung der Systemdiversität, einen zur Messung der Hochschulvielfalt in einzelnen Dimensionen, einen zur Einschätzung des Beitrags der jeweiligen Hochschulform zur Systemvielfalt und einen zur Bewertung der Ähnlichkeit der Wertverteilungen. Insgesamt zeigen Lepori et al. eindrücklich, dass die Literatur mittlerweile eine Fülle an Theorie- und Analysewerkzeugen für die Untersuchung der Hochschuldiversität entwickeln konnte.

Zusammenfassend lassen sich in der Literatur verschiedene Ansätze zur empirischen Darstellung und Quantifizierung der Hochschuldiversität erkennen. Eine Kategorie stellt die datengestützte Klassifikation von Hochschulen dar, bei der Gruppen von Hochschulen auf Basis bestimmter Merkmalsausprägungen gebündelt werden. Dies kann durch die

Bestimmung von Grenzwerten oder Benchmarks gelingen, die den Datenraum in einzelne „Würfel“ aufteilen und so einzelne Hochschultypen charakterisieren. Eine zweite Möglichkeit der Klassifikation bieten mathematischer Verfahren im Sinne der Clusteranalyse. Hier wird die Einteilung der Gruppen mithilfe von Algorithmen auf Datendistanzwerten getroffen. Das **sechste Kapitel** dieser Arbeit greift die vorgestellten Studien dieser Forschungsrichtung auf, entwickelt sie weiter und wendet sie auf den Fall der deutschen Hochschullandschaft an. Das **siebte Kapitel** stellt zuletzt eine empirische Untersuchung der Hochschuldiversität ohne die vorherige Einteilung von Gruppen vor. Dies gelingt durch den Einsatz verschiedener Indizes zur direkten Messung der Hochschuldiversität.

## 6 Clusteranalyse und externe Diversität

*The word “yellow” is necessary because there are yellow things, the word “similar” is necessary because there are pairs of similar things. And the similarity of two things is as truly a nonlinguistic fact as the yellowness of one thing*

*– Bertrand Russell (1940)*

Wie bereits dargestellt, sind Clusteranalysen in der bildungsökonomischen Literatur nicht unüblich. Typischerweise nehmen sie jedoch eher eine begleitende Rolle ein und gelten als vorbereitender Schritt für die eigentliche, zentrale Analysemethode. Diese Arbeit setzt es sich zum Ziel, einen genaueren methodischen Blick auf die Clusteranalyse selbst zu werfen und zu evaluieren, wie man mit ihren systematischen Fallstricken im Kontext der Hochschulklassifizierung umgehen kann. Dazu gehört unter anderem die Abwägung verschiedener Clusteringverfahren, aber auch die Anwendung von Hilfsmethoden, mit denen sich die konkreten Problembereiche des Hauptalgorithmus adressieren lassen.

### 6.1 Konzept

Die Hochschullandschaft lässt sich aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Zum einen kann sie als ein großes Gesamtgebilde verstanden werden, zum anderen aber auch als eine Sammlung vieler Einzelorganisationen. Eine Klassifizierung ermöglicht es, eine Perspektive einzunehmen, die zwischen diesen Extrempunkten liegt. Damit geht die Klassifizierung einen Kompromiss zwischen der Allgemeingültigkeit der Gesamt- und dem Detailgrad der Einzelfallbetrachtung ein. Das zentrale Ziel eines Klassifikationsverfahrens besteht darin, im Vorhinein unbekannte latente Hochschultypen innerhalb des Hochschulsystems aufzudecken.

#### 6.1.1 Distanzmaße

Wird eine Klassifikationsverfahren algorithmisch auf Basis von Datendistanzen durchgeführt, redet man von „Clustering“. Ähnlichkeit wird hier mit kleinen Datendistanzen zwischen den individuellen Datenpunkten in Verbindung gebracht, Unterschiedlichkeit mit

großen Distanzen. Alle Clusteringverfahren teilen sich diese grundlegende Eigenschaft, an einem Punkt innerhalb ihres Prozesses Datendistanzen zu bestimmen – unabhängig davon, ob ihr primäres Ziel in der Klassifizierung oder doch der Mustererkennung liegt.

Distanzen entstehen als Funktion der Differenzwerte  $(a_i - b_i)$  für alle Datendimensionen (oder Merkmale)  $i \in \{1, \dots, D\}$  zweier Datenpunkte  $a = \begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_D \end{bmatrix}$  und  $b = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_D \end{bmatrix}$ .

$$d^{MD}(a, b) = \sum_i |a_i - b_i| \quad (1)$$

$d_M(a, b)$ , die sogenannte Manhattan-Distanz, stellt das grundlegendste aller Distanzmaße dar. Es nimmt die Summe der paarweisen Differenzbeträge über alle Dimensionswerte. Die Manhattan-Distanz lässt sich beispielsweise mit der Werthöhe der Datenpunkte normieren. Eine solche Metrik wird Canberra-Distanz genannt (Lance und Williams 1967):

$$d^{CD}(a, b) = \sum_i \frac{|a_i - b_i|}{|a_i| + |b_i|} \quad (2)$$

Der Vorteil der Canberra-Distanz liegt darin, dass sie die Dimensionen verschiedener Skalenniveaus gleichmäßig berücksichtigt. Ohne die Normierung würde das Distanzmaß beispielsweise eine Differenz in der Hochschulgröße von lediglich einem Studierenden und einen vollständig unterschiedlichen Fokus der Fachgebiete als gleich starke Form der Unterschiedlichkeit interpretieren. Der Skalenbereich der Hochschulgröße liegt immerhin im Bereich von Hunderten, Tausenden oder sogar Zehntausenden, während sich Prozentwerte zwischen 0 und 1 bewegen.

Die größte Bekanntheit unter den Distanzmaßen genießt der Euklidische-Abstand<sup>24</sup>, der große Einzeldifferenzen durch das Quadrieren im Vergleich zur Manhattan-Distanz überproportional stark gewichtet:

$$d^{ED}(a, b) = \sqrt{\sum_i (a_i - b_i)^2} \quad (3)$$

---

<sup>24</sup> Diese Bekanntheit verdankt das Abstandsmaß wohl seiner Spezialform mit  $n=2$  - dem Satz des Pythagoras.

Diese Beispiele von Distanzmaßen können nun zur Messung von Ähnlichkeiten und Unterschieden innerhalb der Gesamtheit der Datenpunkte genutzt werden. Wie diese letztendlich zu einer Bündelung zu Clustern verwendet werden, entscheidet die jeweilige Clustering-Methode.

In der einschlägigen Literatur sind zwei Methoden des Clusterings am weitesten verbreitet – das hierarchische Clustering und das Clustering mit fester Gruppenanzahl (Romesburg 2004).

### 6.1.2 Hierarchisches Clustering

Hierarchische Clusteringverfahren erzeugen nicht nur *eine* Klassifikation, sondern eine Folge verschachtelter Klassifikationen. Es handelt sich dabei um Algorithmen, die eine sukzessive Aufteilung bzw. Zusammenfügung einer Menge von Datenpunkten vornehmen. Divisive hierarchische Clusteringverfahren interpretieren die gesamte Population zunächst als ein Cluster und spalten es danach schrittweise in Untergruppen auf. Agglomerative hierarchische Clusteringverfahren verfolgen hingegen die entgegengesetzte Richtung – sie interpretieren zuerst jeden einzelnen Datenpunkt als ein Cluster, um die Cluster nach und nach zu größeren Gruppen zu fusionieren. In jedem Schritt werden Datendistanzen ermittelt, um den optimalen Schnittpunkt bzw. die optimale Fusionsmenge zu finden.<sup>25</sup>

Die genaue Ausgestaltung des hierarchischen Clusterings kann unterschiedlich ausfallen. In der angeführten Arbeit von Stanley und Reynolds und dem in diesem Zusammenhang dargestellten Dendrogramm zeigt sich eine Form des hierarchischen Clusterings (siehe Abbildung 4). Es stellt die Reihenfolge dar, in der der Algorithmus Hochschulen zu gemeinsamen Clustern zusammenfügt und spiegelt damit dessen hierarchische Natur wider. In der Betrachtung des Dendrogramms wird ersichtlich, dass sich schon nach der ersten Zusammenfügung der Hochschulen nicht mehr die Frage stellt, wie stark sich zwei *Datenpunkte* ähneln, sondern wie stark sich zwei *Gruppen* ähneln. In der Beantwortung dieser

---

<sup>25</sup> Bei den folgenden schematischen Erläuterungen beschränke ich mich wegen dessen größerer Popularität auf den agglomerativen Ansatz (Everitt et al. 2011). Die divisiven Gegenstücke folgen dabei immer derselben Logik.

Frage teilen sich die Algorithmen agglomerativer Clusteringverfahren weiter methodisch auf – der Forscher muss eine Entscheidung über die Wahl des Distanzmaßes treffen (vgl. Wiedenbeck und Züll in Wolf und Best 2010).<sup>26, 27</sup>

Im Allgemeinen gibt es einige Eigenschaften, die im Sinne der Hochschulklassifikation für das hierarchische Clustering sprechen. Ein zentraler Vorteil des Ansatzes stellt die Nachvollziehbarkeit des Clustering Prozesses dar. Die inkrementellen Schritte beginnen mit der Zusammenfügung der ähnlichsten Organisationen, um infolge immer allgemeinere Zusammenhänge herzustellen. Für einen Forschungsgegenstand wie das Hochschulsystem eignet sich diese Herangehensweise in explorativer Hinsicht. Manche organisationalen Unterschiede, wie die Aufteilung zwischen Fachhochschulen und Universitäten, sind dem Beobachter im Vorfeld bekannt, andere im Clustering Prozess hervortretende Aufteilungen jedoch nicht. Die inkrementelle Natur des hierarchischen Clustering vereinfacht das graduelle Erkennen von Tendenzen und Mustern. So wird der Forschende in die Lage versetzt, einzuordnen, welche Gruppierungen zum Vorschein kommen (vgl. Romesburg 2004). Diese Herangehensweise löst eine der Unwägbarkeiten des Clusterings im Allgemeinen – die Bestimmung der Gruppenanzahl. Über die Beobachtung des Entstehungsprozesses kann der Forscher jedem weiteren Schritt mit dem eigenen Verständnis der Wirklichkeit

---

<sup>26</sup> Im single-linkage Clustering (SLINK) (Sneath 1957) werden die Gruppenähnlichkeiten nach ihren nächsten Clusterelementen bewertet. Im complete-linkage Clustering (Sørensen 1948) werden sie dagegen anhand der beiden am *weitesten* voneinander entfernten Gruppenelemente bestimmt. Stanley und Reynolds wählen in ihrer Studie *Ward's minimum variance Methode* (Ward Jr. 1963). Dabei berechnet man für jedes Cluster zunächst die Summe quadrierter Abstände seiner Elemente, bevor im zweiten Schritt die beiden Cluster zusammengefügt werden, deren Verschmelzung diese Summen in der Gesamtheit am wenigsten erhöht. Zuletzt kennt die Literatur die UPGMA-Methode (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* Ansatz, Sokal 1958). UPGMA mittelt die Distanzen der Elemente für alle gegenseitigen Clusterkombinationen. Die im Sinne dieses Kriteriums am nächsten gelegenen Gruppen werden dann in jedem Schritt zusammengefügt.

<sup>27</sup> Die einzelnen Ausgestaltungsmöglichkeiten unterscheiden sich in der Art der Gruppen, die sie bilden. So wächst bei SLINK mit wachsender Größe eines Clusters zunehmend die Wahrscheinlichkeit, dass eines seiner Elemente in der Nähe weiterer unklassifizierter Datenpunkt liegt. Dieser sich verstärkende Effekt führt zur Bildung weniger, großer Cluster. Diese Beobachtung verdeutlicht eine generelle Eigenschaft hierarchischer Clusteringverfahren - ihre Pfadabhängigkeit. Sprich, das Ergebnis vorheriger Clusteringsschritte bestimmt den weiteren Verlauf des Prozesses.

verbinden und einen sinnvollen Schnittpunkt setzen.<sup>28</sup> In diesem Sinne stellt es eine wesentliche Eigenschaft des hierarchischen Clusterings dar, die Unklarheit in der Bestimmung der Clusteranzahl innerhalb des Prozesses widerzuspiegeln. Der Vorteil einer mündigen ex-post Bestimmung der Clusteranzahl lässt sich ebenso als Nachteil einstufen, da eine nachgelagerte Entscheidung zwangsläufig Subjektivität mit sich bringt. Diese a priori Unklarheit des Klassifikationsergebnisses beeinträchtigt auch die Transparenz und Verständlichkeit des Verfahrens. Der größte Kritikpunkt an den hierarchischen Clusteringverfahren ist jedoch ihre Ungenauigkeit. Nach datenbasierten Gütekriterien wie der Summe der Distanzen oder der Variabilität innerhalb der Cluster erreicht die Herangehensweise allenfalls pro Prozessschritt optimale Ergebnisse (Everitt et al. 2011). Das Endresultat leidet jedoch unter der Akkumulation an Verzerrungen, die die Pfadabhängigkeit der einzelnen Schritte mit sich bringt (siehe Fußnote 27).

### 6.1.3 Clustering mit fester Gruppenanzahl

Ein in dieser Hinsicht geeigneteres Verfahren ist *k-means* (Steinhaus 1957). Die generelle zugrundeliegende Idee lautet, eine Menge von  $n$  Datenpunkten durch eine kleinere Menge  $k < n$  von Zentroiden möglichst gut zu repräsentieren. Es soll also ein, unter der Annahme einer festen Gruppenanzahl  $k$ , optimales Ergebnis erreicht werden.

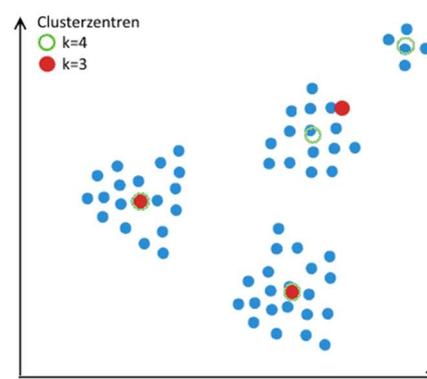


Abbildung 5: Schematische Abbildung der *k-means* Lösung in Abhängigkeit des Parameters  $k$ .

Die genaue Funktionsweise findet sich bereits in der Bezeichnung „*k-means*“ wieder: Der Datensatz soll so in  $k$  Partitionen aufgeteilt werden, dass die Abstände aller Datenpunkte von ihren jeweiligen Partitions*mittelwerten* in der Summe minimal werden. Als formaler

<sup>28</sup> Romesburg (2004) sieht in dieser Hinsicht drei Funktionen, die das Clustering einnehmen kann: (1) Hervorbringung einer Forschungsfrage. (2) Erstellung einer Hypothese. (3) Überprüfung einer Hypothese (*ibid* S. 38-39). Welche Funktion das Verfahren genau erfüllt, hängt dabei von der Bestimmtheit des Forschungsziels und vom Hintergrundwissen des Forschers ab (*ibid* S. 51). Der Forschungsgegenstand der Hochschulorganisationen ist, wie später deutlich werden wird, hinreichend verständlich, so dass Gruppierungsergebnisse einfach zu interpretieren sind.

Ausdruck gilt es also, die folgende Zielfunktion durch die korrekte Zuordnung der Datenpunkte  $x$  in die Gruppen  $S_c = \{S_1, \dots, S_k\}$  zu minimieren:

$$\sum_{c=1}^k \sum_{x \in S_c} \|x - \bar{x}_c\|^2 \quad (4)$$

$\bar{x}_c$  bezeichnet dabei jeweils den Mittelwert aller  $x \in S_c$  für alle  $c = \{1, \dots, k\}$  (vgl. Wiedenbeck und Züll 2010).

K-means stellt zum Zweck der Datenklassifikation also ein Optimierungsproblem auf, dessen Lösung jedoch selbst bei kleinen Datensätzen ein nicht-triviales Problem darstellen kann. Es existieren immerhin  $k^n$  Kombinationen, um  $n$  Datenpunkte auf  $k$  Partitionen aufzuteilen<sup>29</sup>. In dieser Arbeit ergeben sich so beispielsweise  $5,4 * 10^{278}$  Möglichkeiten, 237 Hochschulen in 15 Klassen einzuteilen. Ein Vergleich der Zielfunktionswerte aller Kombinationen übersteigt bei dieser Skalierung also die Rechenleistung moderner Computer. Deswegen werden k-means Lösungen allgemein über Heuristiken berechnet.

Die in der Praxis typischerweise angewandten Algorithmen gehen auf Stuart Lloyd (1982)<sup>30</sup> zurück:

Initialisiere  $k$  Zentroide.

- I. Ordne alle Datenpunkte jeweils dem nächsten Zentroid zu.  
Alle gleich zugeordneten Punkte ergeben zusammen eine Klasse.
  - II. Berechne den Mittelwert jeder Klasse.
  - III. Diese Mittelwertpunkte stellen die neuen Zentroide dar.
  - IV. Wiederhole den Algorithmus ab Punkt I.
- Beende ihn, sobald sich die Zentroide nicht mehr oder nur noch wenig ändern.

---

<sup>29</sup> Diese Anzahl kann man sich nach Gian-Carlo Rotas Ideenmodell der Aufteilung von  $n$  Bällen auf  $k$  Fächer erschließen.  $k^n$  ist dabei die Lösung, wenn  $k$  und  $n$  jeweils unterscheidbar sind und beliebig viele Bälle auf jedes Fach verteilt werden können (Stanley 1986).

<sup>30</sup> Die *stats* Bibliothek der Statistiksprache R empfiehlt den konzeptionell ähnlichen, aber in der rechnerischen Umsetzung effizienteren k-means Algorithmus von Hartigan und Wong (1979).

Auf diese Weise wandern die ursprünglichen Initialpunkte immer weiter ins Zentrum ihrer jeweiligen Datenwolken und finden dort lokale Minima. Durch die heuristische Näherungslösung existiert also auch hier Pfadabhängigkeit der Zentroid-Bewegungen von ihren Startwerten. k-means Heuristiken ermitteln daher zwar lokale, allerdings nicht unbedingt globale Minima. Selbst in kleinen Datensätzen bleibt es damit, wie zum Beispiel Steinley (2003) zeigt, ungewiss, ob es sich bei der gefundenen Lösung um ein globales Minimum handelt. Wie später jedoch noch demonstriert wird, lässt sich dieses Problem durch eine vielfache Verfahrenswiederholung mit unterschiedlichen Startwerten beheben. So können verschiedene lokale Minima gefunden werden, unter denen sich mit zunehmender Wiederholungszahl immer wahrscheinlicher auch das globale befindet.

Ein weiterer Schwachpunkt von k-means liegt in der Verzerrung durch Ausreißer, die durch die Berechnung von Mittelwerten verursacht wird.<sup>31</sup> Es empfiehlt sich daher, Ausreißer im Vorhinein zu finden und zu behandeln. Aus diesem Grunde wird vorbereitend zur Clusteranalyse dieser Arbeit ein zweites, dichte-basiertes Clustering durchgeführt, mit dem sich Ausnahmefälle im Vorhinein identifizieren lassen.

Das zentrale Problem des Verfahrens liegt jedoch auch bei k-means in der Willkür der Bestimmung der Gruppenanzahl, also der Willkür des Parameters  $k$ .<sup>32</sup> Wie man in Abbildung 3 sehen kann, lässt sich ein Modell schnell fehlspezifizieren. Während in dem Graph diese Fehlspezifikation für  $k=3$  sofort ins Auge fällt, überfordern Räume mit mehr als drei Dimensionen die menschliche Wahrnehmung. In diesem Fall müssen dann andere Methoden zur Bestimmung der korrekten Modellspezifikation herangezogen werden.

Letztendlich bringt auch k-means verschiedene Fallstricke mit sich. Diese lassen sich jedoch durch die Wahl geeigneter Hilfsmethoden effektiv adressieren (6.3). Darum fällt die methodische Entscheidung der Arbeit auf diesen Clusteringalgorithmus.

---

<sup>31</sup> Kogan et al. (2006)

<sup>32</sup> Pelleg und Moore (2000)

## 6.2 Daten

In Robert Birnbaums Pionierstudie der Hochschulklassifikation wählt der Hochschulforscher noch einen diskreten Analyseansatz (der „Datenwürfel“). Ein Blick auf seine Datenbasis verrät jedoch schnell, warum er sich in dieser Hinsicht beschränkte. So sind seine Daten-dimensionen „Hochschulträger“, „Curriculum“, „Geschlecht“ und „Abschlusshöhe“ nominal und nicht kardinal. Sprich, sie haben diskrete Wertbereiche, wodurch Distanzen zwischen den einzelnen Werten nicht in ihrer Höhe bestimmt werden können. Zum Beispiel kann hinsichtlich der Kategorie „Hochschulträger“ weder eine Ordnung angegeben werden, noch lässt sich quantifizieren, um *wie viel* sich ein religiöser von einem öffentlichen und der wiederum von einem proprietärem Hochschulträger unterscheidet.

In kardinalen Datenräumen kann man sich dagegen jede einzelne Hochschule als einen Punkt innerhalb eines Datenraums vorstellen. Dabei ist ein Datenpunkt eine Kombination von Ausprägungen innerhalb der Wertbereiche der einzelnen Dimensionen. Diese Art der Repräsentation erlaubt den Einsatz mathematischer Methoden zur Distanzbestimmung. Die beiden Replikationsstudien von Birnbaums Arbeit (Huisman et al. 2007, Morphey 2009) zeigen, dass eine Datenwahl von kardinalen Dimensionen durchaus im Rahmen des Möglichen liegt. So bestimmen Huisman et al. ihren Begriff von „Curriculum“ auf Basis von Fachgebietsanteilen („welchen Anteil der gesamten Studierendenschaft nehmen Studierende eines bestimmten Fachs ein“). Birnbaum hatte die Hochschulen dagegen noch in eine von vier festen Gruppen eingeteilt: „Freie Künste“, „beruflich oder technisch“, „Lehrerausbildung“, „umfassend“.

Für diese Arbeit wurden nun ausschließlich Merkmale ausgewählt, die sich in kontinuierlichen Wertbereichen beschreiben lassen. Generell orientiert sich diese Arbeit in ihrer Datenauswahl aber an den zitierten Studien und damit an den wichtigsten strukturgebenden Dimensionen.

Die drei Datendimensionen fallen in die Bereiche *Hochschulgröße*, *Forschungsorientierung* und *fachliche Ausrichtung*:

- Hochschulgröße, gemessen an der Anzahl der Studierenden
- Forschungsorientierung und Wissenstransfer, gemessen am Drittmittelanteil des Gesamtbudgets der jeweiligen Hochschule
- Fachliche Ausrichtung, gemessen am Anteil des Fachbereichs an der gesamten Studierendenschaft:
  - „Sprach- und Kulturwissenschaften“
  - „Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften“
  - „Mathematik, Naturwissenschaften“
  - „Ingenieurwissenschaften“
  - „Kunst und Kunstwissenschaft“

Die Daten wurden vom statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellt. Sie gehören zu den Sonderauswertungen der monetären und nicht-monetären Kennzahlen aus dem Jahr 2013.<sup>33</sup>

**Tabelle 2: Deskriptive Statistiken der Datendimensionen**

n=252	Mittel	Median	Standard- abweichung	Maximum
Hochschulgröße	8.922	4.847	10.632	52.315
Drittmittelquote	12%	9%	10%	58%
Fachliche Ausrichtung				
Kunst & Kunstwissenschaften	322	171	428	3.102
Ingenieurwissenschaften	1.958	490	3.272	22.999
Mathe & Naturwissenschaften	1.722	604	2.686	12.624
Rechts-, Wirtschafts- & Sozialwissenschaften	2.445	1.445	2.889	19.399
Sprach- & Kulturwissenschaften	1.708	0	3.477	20.252

Im Folgenden soll die Wahl jeder Dimension kurz begründet und kommentiert werden.

<sup>33</sup> Es handelt sich um die beiden Reihen 4.3.1 (nicht-monetäre Kennzahlen) und 4.3.2. (monetäre Kennzahlen) der Fachserie 11 des statistischen Bundesamtes.

Die *Hochschulgröße* wirkt sich in vieler Hinsicht auf die organisationale Struktur und das organisationale Handeln aus. Im Sinne der Organisationstheorie profitieren große Hochschulen beispielsweise durch Skaleneffekte und durch Verbundvorteile (Panzar und Willig 1981, siehe Teil III). Zugleich beeinflusst die Größe einer Hochschule den Grad ihrer Spezialisierung und ihrer Arbeitsteilung (vgl. Milgrom und Roberts 1994). Diese Organisationseigenschaften schlagen sich in verschiedenen Bereichen, wie zum Beispiel dem Forschungsfokus oder der Lehrmethodik<sup>34</sup> nieder. Weiter gelten große Hochschulen (im Sinne der Volluniversität) als diverser in interner Hinsicht. Sie sind zum Beispiel thematisch breiter aufgestellt (6.4.1). Somit dient die Hochschulgröße als effektiver Indikator für strukturelle Unterschiedlichkeit im Hochschulsystem.

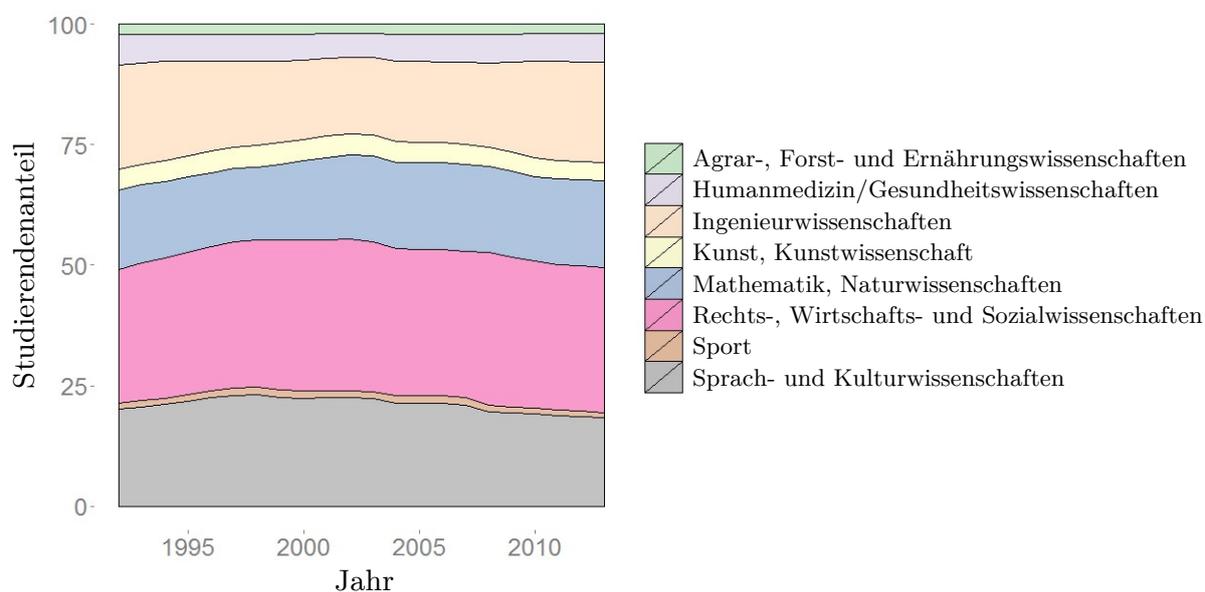
Der *Drittmittelanteil* stellt eine Erweiterung zu den zitierten Studien dar. Ein Grund dafür liegt in dessen zunehmender Rolle in der Finanzierung der Hochschulen. Während sich die hiesigen Hochschulen 1998 durchschnittlich noch zu 16% aus Drittmitteln finanzierten, erhöhte sich dieser Wert bis 2009 auf 26% (DFG 2012).<sup>35</sup> Weil die Gelder von externen Quellen eingeworben werden müssen und zumeist in einem Forschungsbezug stehen, profitieren verschiedene Hochschultypen jedoch in ungleichem Maße von der zunehmenden Drittmittelfinanzierung. Diese Unterschiedlichkeit kann nun dazu herangezogen werden, den Stellenwert von Wissenstransfer und Forschung in der Ausrichtung der Hochschulen zu identifizieren und so verschiedene Organisationstypen voneinander abzugrenzen (Gralka et al. 2018). In diesem Sinne ist auch die Drittmittelquote eine entscheidende Strukturvariable für die Ausgestaltung der Hochschullandschaft.

---

<sup>34</sup> Beispielsweise sind große Hochschulen für ihre Anonymität und ihre Massenvorlesungen bekannt.

<sup>35</sup> Der Bedeutungsgewinn der Drittmittelfinanzierung geht mit dem Aufkommen des New Public Managements einher (Ziegele in Barz 2010). Im Zuge dieser Bewegung wurden die Finanzierung durch Grundmittel zunehmend durch variable Finanzierungsinstrumente substituiert, unter anderem um damit Anreize für effizientere Leistungen in Forschung und Wissenstransfer zu setzen.

Die *fachliche Ausrichtung* misst an einer Hochschule jeweils den Anteil der Studierenden, die einem bestimmten Fachbereich zuzuordnen sind. Diese Daten spiegeln die programmatische Diversität einer Hochschule wider, was sie zu einer naheliegenden Strukturvariablen macht (Van Vught 2008). Hochschulorganisationen verschiedener Fachbereiche unterscheiden sich offenkundig in diversen Aspekten. Von der Methodik (Laborstunden versus Audimax-Vorlesung), über den Studienabschluss (Diplom versus Staatsexamen), bis hin zu Merkmalen wie dem Frauenanteil (Sprach- und Kulturwissenschaften versus Ingenieurswesen<sup>36</sup>) kann man grundlegende strukturelle Unterschiede ausmachen. Deshalb eignet sich diese Dimension, um verschiedene Hochschultypen voneinander zu trennen.



**Abbildung 6: Anteile der Studierenden nach Fachbereichen in Deutschland seit 1992**

Konkret ordnet das Statistische Bundesamt die thematische Ausrichtung eines Studiengangs einem von neun verschiedenen Oberbereichen zu (Abbildung 6)<sup>37</sup>. Aufgrund der Komplexitätsreduktion des Modells sowie zur Vermeidung der Ausdünnung des Datenraums

<sup>36</sup> Der Frauenanteil beträgt beispielsweise in den Sprach- und Kulturwissenschaften 70%, aber nur 22% im Ingenieurswesen (deutschlandweit, Wintersemester 2014); Statistisches Bundesamt (2014)

<sup>37</sup> Nur der Fachbereich „Veterinärmedizin“, sowie die Aufführung „Sonstige Fächer und ungeklärt“ wurden in der Abbildung nicht berücksichtigt.

infolge einer zu hohen Dimensionalität<sup>38</sup>, empfiehlt es sich jedoch, die Bereichsauswahl zu begrenzen. Daher werden nur die fünf größten Fachbereiche – „Sprach- und Kulturwissenschaften“, „Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften“, „Mathematik, Naturwissenschaften“, „Ingenieurwissenschaften“ und „Kunst und Kunstwissenschaften“ – in das Modell aufgenommen. Auf sie entfallen etwa 90% der gesamten Studierendenschaft, sodass die große Mehrheit der Hochschullandschaft weiterhin abgebildet bleibt.<sup>39</sup>

### 6.3 Methode

Um homogene Datencluster und damit bestimmte Hochschultypen bestimmen zu können, werden der eigentlichen Clusteranalyse einzelne vorbereitende Schritte vorgeschaltet. An erster Stelle steht hierbei, wie so häufig in der Datenanalyse, die Bereinigung der Daten. Darunter fällt beispielsweise der Umgang mit fehlenden Daten, die Anpassungen der Datenformate oder die Tupelzuordnung zwischen verschiedenen Datenquellen. Nach der Erreichung eines vollständigen und integren Datensatzes, folgt eine Normierung der Datendimensionen. In Anlehnung an die Idee der Canberra-Distanz müssen die Datendistanzen in ähnliche Skalendimensionen gebracht werden, um in vergleichbarer Höhe in die Clusteranalytik einzugehen. Zunächst werden die Werthöhen durch einen Abzug der Mittelwerte je Dimension angepasst. Danach werden die Dimensionsvariationen mit der jeweiligen Standardabweichung normiert.

---

<sup>38</sup> Viele datenbasierte Verfahren leiden unter dem sogenannten „Fluch der Dimensionalität“ (geprägt von Bellman 1961). Danach skalieren die zugrundeliegenden Algorithmen aus verschiedenen Gründen nicht mit einer zunehmenden Anzahl von Datendimensionen. In unserem Falle stellt die (euklidische) Distanzmessung das problematische Element dar. Dimensionen ohne zusätzlichen Informationsbeitrag führen dabei dazu, dass die tatsächlichen Unterschiede relativ an Wert verlieren und damit in Gefahr stehen unterzugehen.

<sup>39</sup> Um Fehlinterpretation zu vermeiden, wurden alle Organisationen, die nicht zumindest mit zwei Dritteln ihrer Studierendenschaft in den fünf großen Fachbereichen vertreten waren, aus dem Datensatz entfernt.

### 6.3.1 Dimensionsreduktion

Auch eine redundante Aufnahme gleicher Dimensionen in ein und dasselbe Clustering-Modell kann zu einer ungewollten Verzerrung der Ergebnisse führen. In dem bisherigen Modell entsteht eine solche technische Redundanz aufgrund der Berücksichtigung der Fachgebietsdimensionen. Eine fünffache Berücksichtigung verursacht eine Überpriorisierung des Fachlichen gegenüber den anderen beiden Einflussvariablen. Diese Problematik kann jedoch mithilfe einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) unter geringem Informationsverlust gelindert werden.<sup>40</sup> Die PCA ist eine Technik zum Zwecke der Dimensionsreduktion (Pearson 1901). Ihre grundlegende Idee ist es, die Dimensionsachsen neu zu positionieren, sodass sie die Datenvariation besser abbilden können (siehe Abbildung 7).

Typischerweise fasst man die Datenvariation als Kovarianzmatrix zusammen. Die Varianzen (Diagonalelemente) bilden darin die Stärke, die Kovarianzen die Richtung der zugrundeliegenden Unterschiedlichkeit ab (Wilkinson 1965). In der linearen Algebra spricht man dabei auch von Eigenvektoren und Eigenwerten. In Abbildung 7 sind die Eigenvektoren als Linien dargestellt – die Hauptkomponenten. Sie bauen ein orthogonales Kreuz auf, das die Datenvariation einfängt. Nun werden die Daten so transformiert, dass die Hauptkomponenten die neuen Dimensionsachsen bilden (2.). Die Eigenwerte entsprechen der Variation entlang eines jeden Eigenvektors. Sie verraten also wie viel eine Komponente zur Gesamtvariation beiträgt. Wie man nun sieht, wird ein großer Anteil der Gesamtunterschiedlichkeit entlang der „längeren“ Hauptkomponente dargestellt. Die „kürzere“ Dimension kann daher fallen gelassen werden, ohne viele Informationen bezüglich der Datenunterschiedlichkeit zu verlieren (3.). Man hofft also, dass sich in einer PCA ein möglichst großer Anteil der Gesamtvariation durch wenige Komponenten erklären lässt.

---

<sup>40</sup> Angenommen, die Studentenschaft einer Hochschule bestehe zu 100% aus den fünf aufgeführten Fachbereichen  $F_1, F_2, F_3, F_4$  und  $F_5$ . Dann könnte man jeden Anteil als  $F_j = 1 - \sum_{i \neq j} F_i$  und damit in vollständiger Abhängigkeit aller anderen Werte beschreiben. Dadurch würde eine redundante Information in die Distanzrechnung einfließen. Diese vierte Fachgebietsdistanz kann durch eine Hauptkomponentenanalyse auf den Fachgebietsdaten vollständig entfernt werden.

Dann fällt der Informationsverlust durch die Dimensionsreduktion der weniger bedeutenden Komponenten nur gering aus.

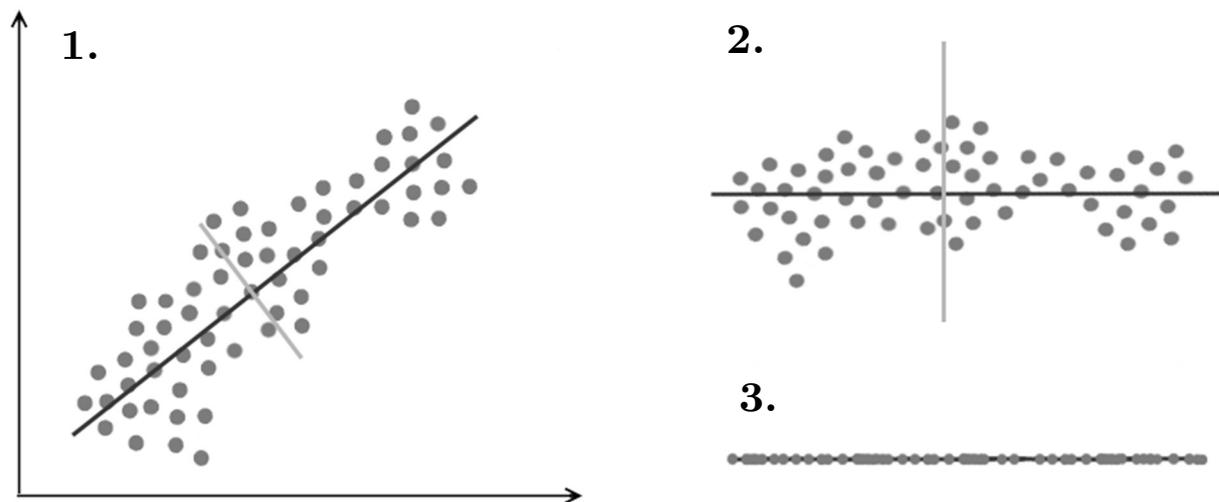


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Transformation einer Hauptkomponentenanalyse

Eine solche Hauptkomponentenanalyse wird nun auf den Fachbereichsdaten dieser Studie angewandt. Die Auswirkungen lassen sich dabei gut anhand der Dimensionseigenwerte veranschaulichen. Wie beschrieben, entsprechen sie der Variation entlang der Eigenvektoren. In den Fachbereichsdimensionen können die folgenden Eigenwerte gemessen werden: 1,80/1,45/1,27/0,47/0,01. Damit repräsentiert die unbedeutendste Hauptkomponente nur 0,2% der Gesamtvariation.<sup>41</sup> Selbst die zweite Komponente trägt einen Variationsanteil von unter 10%. Es folgt, dass die Fachbereichsdimensionen um zwei Merkmale reduziert werden können, ohne einen bedeutenden Informationsverlust zu erleiden. Die fachliche Dimension der Unterschiedlichkeit wird somit innerhalb des Clusteringalgorithmus nur noch drei- und nicht mehr fünffach berücksichtigt. Damit kann eine zu Überpriorisierung vermieden werden, ohne bei der Dimensionsreduktion einen bedeutsamen Informationsverlust zu erleiden.

<sup>41</sup> Die Eigenwerte können aus der Korrelationsmatrix der Datendimension errechnet werden. Der Anteil der Gesamtvariation bemisst sich als  $0,01/(1,80+1,45+1,27+0,47+0,01)=0,002$ , denn der Nenner entspricht zusätzlich der Summe der Dimensionsvarianzen.

### 6.3.2 Erkennung von Ausreißern

Die Mittelwertberechnungen innerhalb des k-means Clusterings bringen den Nachteil mit sich, dass Ausreißer die Ergebnisse verzerren. Daher hat der nächste vorbereitende Schritt die Eliminierung solcher Sonderfälle zum Ziel. Es handelt sich dabei um eine andere Art von Clusteringverfahren – dem sogenannten *dichtebasierten Clustering*. Dieses Verfahren identifiziert die Datenpunkte, die außerhalb dichter Datenwolken liegen („Ausreißer“).

Nach deren Bestimmung können die Punkte in der zentralen Clusteranalyse ausgelassen werden. So kann verhindert werden, dass Ausreißer die Suche nach homogenen Datenwolken – und damit realen Hochschultypen – verzerren. Der in dieser Arbeit ausgewählte Algorithmus heißt DBScan<sup>42</sup>. Er beruht auf zwei Grundparametern: Einem Radiuswert („eps“) und einem Mindestwert an Nachbarpunkten („k-dist“). Nach Angabe der entsprechenden

Parameterwerte, sucht das Verfahren für jeden einzelnen Datenpunkt alle Nachbarpunkte im gegebenen Radius (nach euklidischer Distanz). Liegt die Anzahl der gefundenen Nachbarn unter dem Grenzwert, wird der Datenpunkt als Sonderfall erkannt. Alle Ausreißer können daraufhin aus dem Gesamtdatensatz ausgeschlossen und ihre Verzerrungen vermieden werden. Die Analyse der Distanzverteilung mit DBScan ergibt vier klare Ausreißer, die vom weiteren Clustering ausgeschlossen werden.<sup>43</sup>

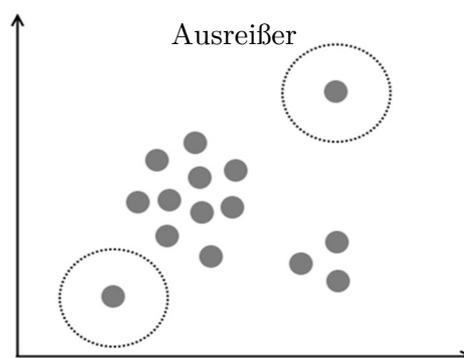


Abbildung 9: Darstellung der dichtebasierten Klassifizierung

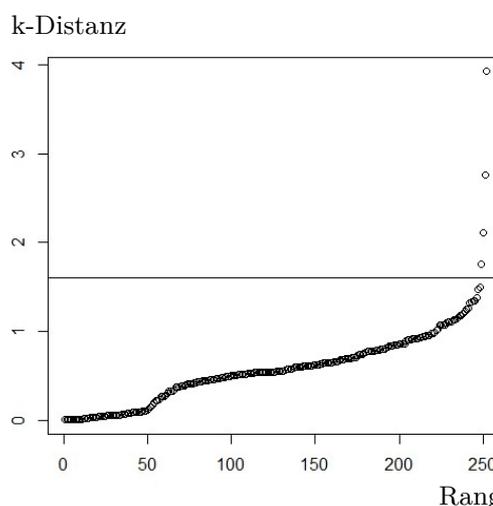


Abbildung 8: Distanzen zum k-nächsten Nachbarn (Linie markiert Grenzwert)

<sup>42</sup> Ester et al. (1996)

<sup>43</sup> Duale Hochschule Baden-Württemberg, Stuttgart (FH), Tierärztliche H Hannover, FH für Verwaltung Saarbrücken, Fernuniversität Hagen

### 6.3.3 Sonstige Verfahrensproblematiken

Die vorverarbeiteten Daten stehen nun zum tatsächlichen Clustering bereit. Bei der Verfahrensdurchführung gilt es jedoch, sich mit weiteren methodischen Herausforderungen zu befassen. Wie bereits erwähnt, zählen die schlechte Skalierbarkeit, die Willkür einer subjektiven Bestimmung des Clusterparameters  $k$  und der Hang zu lokalen Minima dazu. Der erste Punkt kann mithilfe der beschriebenen Lösungsheuristik von Hartigan und Wong bewältigt werden.<sup>44</sup> Die beiden anderen erfordern jedoch eine Reaktion. Der Tendenz von  $k$ -means sich in lokalen Minima wiederzufinden, lässt sich durch eine hohe Anzahl von Verfahrenswiederholungen mit jeweils unterschiedlichen, randomisierten<sup>45</sup> Initialzentren entgegenwirken. Diese Herangehensweise gewährleistet, dass das lokale Extremum auch dem globalen entspricht oder diesem zumindest stark ähnelt.<sup>46</sup> Da die Forschungsfrage überdies ohnehin nur Tendenzen behandelt, ist eine perfekte Passgenauigkeit nicht entscheidend. Der zweite Schwachpunkt des  $k$ -means Algorithmus liegt in der Bestimmung des Parameters  $k$ . Eine Lösung dieses Problems bietet die Durchführung des Verfahrens mit verschiedenen Parameterausprägungen. So kann der optimale Parameterwert zum Beispiel im Sinne des korrigierten Bestimmtheitsmaßes oder des Akaike-Informationskriteriums (AIC)<sup>47</sup> bestimmt werden. Beide Informationskriterien beschreiben im Prinzip nur den Trade-Off zwischen der Nähe der Abbildung der Datenpunkte eines Modells und dessen Komplexität. In  $k$ -means bedeutet das, dass das Modell auf der einen Seite bei einer wachsenden Anzahl der

---

<sup>44</sup> Eintausend Verfahrensituationen dauern bei einer Datenpunktzahl von  $n=249$  in R (R Development Core Team 2008) nur etwa eine halbe Sekunde.

<sup>45</sup> Die Randomisierung in herkömmlicher Statistiksoftware findet auf Basis einer arithmetischen, pseudo-zufälligen Erzeugung einer Zahlenfolge statt. Um die Reproduzierbarkeit des angewandten Verfahrens zu garantieren, wurde ein fester Seed Key zur Initialisierung der Zufallsfolge definiert. Dadurch werden bei jeder Verfahrensreproduktion immer die gleichen Zufallszahlen generiert. Die Randomisierung ist als zufällige Auswahl einzelner Hochschulausprägungen und nicht als Zufallsvektor des (kartesischen) Produkts der Dimensionsräume zu verstehen.

<sup>46</sup> Die konkrete Wiederholungsanzahl wurde auf 1000 festgelegt. In diesem Wertebereich konnten bei Sensitivitätstests keine Veränderungen der optimalen Zuordnungen mehr erkannt werden.

<sup>47</sup> Akaike (1973)

Clusterzentren an Passgenauigkeit gewinnt<sup>48</sup>, aber auf der anderen Seite dabei an Wesentlichkeit verliert.

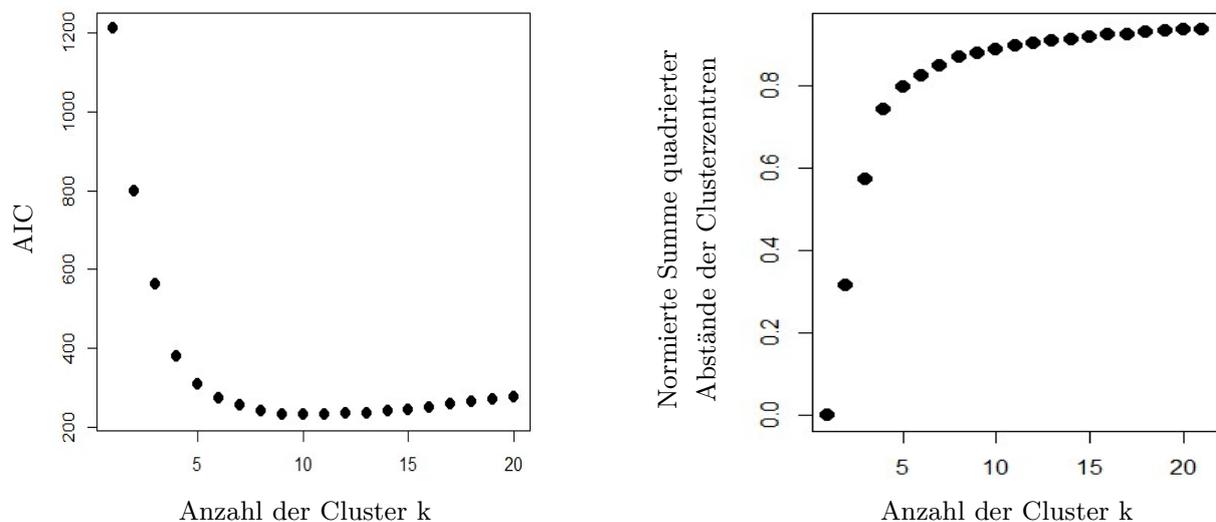


Abbildung 10: AIC Werte und das korr. Bestimmtheitsmaß verschiedenen k-means Modelle.

Abbildung 10 zeigt, dass das korrigierte Bestimmtheitsmaß im relevanten Parameterwertebereich mit zunehmenden Parameterwert  $k$  monoton steigt. Der Trade-off zwischen Modellkomplexität und Passgenauigkeit legt jedoch einen Parameterwert im Bereich des „Ellbogens“ nahe. Um nicht der Willkür zu unterliegen, wird das konventionelle Informationskriterium AIC zurate gezogen, um die optimale Parametrisierung zu bestimmen.<sup>49</sup> Das Modell mit dem maximalen Wert besteht danach aus  $k = 10$  Zentren und damit aus zehn Hochschulclustern.

<sup>48</sup> Zum Beispiel gemessen an der Summe der quadrierten Residuen zum nächsten Zentrum

<sup>49</sup> Die Idee, ein Informationskriterium zu nutzen, stammt aus dem *X-means* Verfahren von Pelleg und Moore (2000).

## 6.4 Ergebnisse

### I. Pädagogische Hochschulen

U Koblenz-Landau; PH Freiburg i.Br.; PH Heidelberg; PH Karlsruhe; PH Schwäbisch Gmünd; PH Ludwigsburg; PH Weingarten; U Erfurt; U Hildesheim

### II. Kunsthochschulen

Palucca Schule Dresden - Hochschule für Tanz; H für Musik und Theater Hamburg; Kunsthochschule Berlin; H für Musik Berlin; H für Musik und Theater Hannover; H für Schauspielkunst Berlin; H für Film und Fernsehen in Potsdam-Babelsberg; H für Musik Detmold; Folkwang-Hochschule Essen; H für Musik Köln; Musikhochschule Lübeck; Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle; H für Künste Bremen; H für Musik und Darstellende Kunst Frankfurt a.M.; H für bildende Künste Dresden; H für Graphik und Buchkunst Leipzig; Staatl. H für Musik Freiburg i.Br.; Staatl. H für Musik und Darstellende Kunst Mannheim; Staatl. H für Musik Karlsruhe; Staatl. H für Musik und Darstellende Kunst Stuttgart; Staatl. H für Musik Trossingen; H für Musik Würzburg; H für Musik und Theater München; H für Fernsehen und Film München; H für Musik und Theater Leipzig; Hochschule für Musik, Saarbrücken; H der Bildenden Künste Saarbrücken; U der Künste Berlin; H für Musik Dresden; H für bildende Künste Hamburg; H für bildende Künste Braunschweig; H für Musik Weimar; Kunstakademie Düsseldorf; Robert-Schumann-H Düsseldorf; KH für Medien Köln; Kunstakademie Münster; H für bildende Künste Frankfurt a.M. (Städelschule); H für Gestaltung Offenbach; Staatl. H für Gestaltung Karlsruhe; Staatl. Akademie der Bildenden Künste Karlsruhe; Staatl. Akademie der Bildenden Künste Stuttgart; Akademie der bildenden Künste München; Akademie der bildenden Künste Nürnberg; H für Musik Nürnberg; H für Musik und Theater, Rostock; Muthesius Kunsthochschule Kiel; FH für Gestaltung Schwäbisch Gmünd

### III. Die „TU7“

TH Aachen; TU Darmstadt; Karlsruher Institut für Technologie (KIT); U Stuttgart; TU München; TU Berlin; TU Dresden

### IV. Fachhochschulen für Verwaltung und Wirtschaft

Deutsche Universität für Verwaltungswissenschaften Speyer; H für Politik München; FH für Verwaltung und Dienstleistung Altenholz; H der Sächsischen Polizei, Rothenburg/OL. (FH); Akademie der Polizei, Hamburg (Verw-FH); H für öffentliche Verwaltung Bremen; FH für öffentliche Verwaltung Nordrhein-Westfalen; FH für Rechtspflege NW, Bad Münterfeld; FH für Finanzen NW, Nordkirchen; FH für Archivwesen Marburg; VerwFH Rotenburg; VerwFH Wiesbaden; FH der sächsischen Verwaltung Meißen; Hochschule der Deutschen Bundesbank Hachenburg; FH für Finanzen Edenkoben; Hochschule Ludwigshafen am Rhein (FH); FH Worms; FH Nürtingen; FH für öffentliche Verwaltung Kehl; Hochschule Ludwigsburg für öffentliche Verwaltung und Finanzen ; FH für Rechtspflege Schwetzingen; Staatl. FH für Polizei Villingen-Schwenningen; Norddeutsche FH für Rechtspflege, Hildesheim; FH für öffentliche Verwaltung und Rechtspflege in Bayern; HWR Berlin; ASH für Sozialarbeit und Sozialpädagogik Berlin; FH für Finanzen Brandenburg (VerwFH) Königs Wusterhausen; Thüringer FH für öffentliche Verwaltung Gotha; FH der Polizei Brandenburg (VerwFH) in Oranienburg; VerwFH Güstrow; Norddeutsche Akademie für Finanzen und Steuerrecht Hamburg; H Harz (FH); FH Polizei Sachsen-Anhalt, Aschersleben; Deutsche Hochschule der Polizei, Münster

### V. Technische Forschungshochschulen

TU Hamburg-Harburg; TU Kaiserslautern; TU Braunschweig; TU Clausthal; U Magdeburg; TU Chemnitz; TU Bergakademie Freiberg; H Bremerhaven; Bauhaus-U Weimar; TU Ilmenau; FH Brandenburg

### VI. Mittelgroße Volluniversitäten

U Kassel; U Kiel; U Göttingen; U Bremen; U Düsseldorf; TU Dortmund; U Bielefeld; U Gießen; U Marburg; U Paderborn; U Freiburg i.Br.; U Tübingen; U Siegen; U Würzburg; U Regensburg; U des Saarlandes Saarbrücken; U Wuppertal; U Hannover; U Ulm; U Rostock; U Halle; U Potsdam; U Leipzig; U Jena

### VII. Fachhochschulen (Schwerpunkt Technik)

FH Westliches Ruhrgebiet; FH Hamm-Lippstadt; Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth (FH); FH Flensburg; FH Lübeck; H für Technik und Wirtschaft Dresden; H für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig; Westsächsische H Zwickau; H für Angewandte Wissenschaften Hamburg; FH Gelsenkirchen; FH Aachen; FH Bochum; FH Dortmund; FH Köln; FH Ostwestfalen-Lippe; h\_da - H Darmstadt (FH); Technische Hochschule Mittelhessen (THM), FH; Hochschule RheinMain (FH) ; FH Bingen; FH Kaiserslautern; FH Trier; FH Aalen; FH Biberach a. d. Riss; H Esslingen (FH); FH Furtwangen; H Karlsruhe (FH); FH Konstanz; H Mannheim (FH); FH Offenburg; FH Ravensburg-Weingarten; H Albstadt-Sigmaringen (FH); FH für Technik Stuttgart; FH Ulm - H für Technik; Hafencity Universität Hamburg; FH Augsburg; FH München; Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (FH); FH Rosenheim; FH Kempten; FH Landshut; Technische Hochschule Deggendorf (FH); FH Amberg-Weiden; HS für Technik und Wirtschaft Berlin; Beuth-HS für Technik Berlin; FH Jena

### VIII. Fachhochschulen (Schwerpunkt Wirtschaft)

FH Rhein-Waal; Hochschule Emden/Leer (FH); FH Kiel; FH Westküste, Heide; H Mittweida (University of Applied Sciences); H Zittau/Görlitz (FH); FH Südwestfalen; FH Braunschweig-Wolfenbüttel; Hochschule Hannover (FH); Hochschule Hildesheim/Holzwinden/Göttingen (FH); Hochschule Osnabrück (FH); H Bremen; FH Bielefeld; FH Düsseldorf; FH Niederrhein; FH Münster; FH Frankfurt a.M.; FH Fulda; FH Koblenz; FH Mainz; FH Heilbronn; FH Pforzheim; FH für Technik und Wirtschaft Reutlingen; FH Stuttgart, H der Medien; FH Coburg; Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm (FH); FH Würzburg-Schweinfurt; FH Hof; FH Ingolstadt; FH Ansbach; FH Neu-Ulm; FH Aschaffenburg; H für Technik und Wirtschaft des Saarlandes Saarbrücken; FH Stralsund; FH Erfurt; FH Schmalkalden; FH Wismar; FH Nordhausen; Technische FH Wildau; FH Potsdam; H Merseburg (FH); H Magdeburg-Stendal (FH); H Anhalt (FH); FH Bonn-Rhein-Sieg

### IX. Gesellschaftswissenschaftliche Universitäten

U Trier; U Konstanz; U Augsburg; U Mannheim; Europa-U Viadrina Frankfurt (Oder); U Greifswald; U Flensburg; U Bamberg; U Bayreuth; U Oldenburg; U Osnabrück; U Passau; Helmut-Schmidt-Universität Hamburg; Universität Vechta; U Lüneburg

### X. Große Volluniversitäten

U Hamburg; U Bochum; U Bonn; U Köln; U Münster; U Frankfurt a.M.; U Mainz; U Heidelberg; U Erlangen-Nürnberg; U München; FU Berlin; Humboldt-Universität Berlin; U Duisburg-Essen

## 6.4.1 Analyse

Das Clusteringverfahren generiert zehn Gruppen von Hochschulen (I. – X.). Ganz im Sinne der Methode ähneln sich die gruppierten Hochschulen innerhalb eines Clusters und unterscheiden sich zwischen den Clustern (Tabelle 3). So nehmen verschiedene Cluster mit ihren einzigartigen Ausprägungskombinationen jeweils eine Nische in der Hochschullandschaft ein – dies lässt sich gut anhand der schattierten Maximalwerte pro Dimension erkennen.

Tabelle 3: Durchschnittliche Merkmalsausprägungen pro Cluster („Zentroide“)

c	Fachbereiche (Ø)					Drittmittelquote			Studierende		
	SKW	RWS	MNW	ING	KUW	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max
I	61%	6%	20%	2%	4%	9%	2%	16%	5.782	2.659	15.048
II	1%	0%	0%	2%	97%	4%	0%	12%	731	157	3.442
III	8%	10%	24%	51%	0%	36%	30%	41%	31.090	23.946	40.356
IV	0%	96%	1%	1%	0%	2%	0%	12%	1.675	62	9.875
V	7%	18%	19%	49%	3%	29%	21%	41%	8.141	2.780	17.194
VI	29%	24%	24%	8%	2%	22%	14%	30%	22.127	9.846	31.095
VII	1%	23%	15%	56%	2%	9%	3%	18%	7.157	2.336	22.322
VIII	3%	45%	11%	33%	3%	10%	2%	22%	6.515	1.440	13.612
IX	34%	42%	16%	3%	2%	18%	8%	34%	10.250	2.224	19.006
X	33%	25%	24%	5%	3%	24%	17%	39%	38.949	30.334	52.315

SKW: Sprach- und Kulturwissenschaften

ING: Ingenieurwissenschaften

RWS: Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

KUW: Kunst und Kunstwissenschaft

MNW: Mathematik, Naturwissenschaften

Die durchschnittlichen Merkmalsausprägungen pro Cluster lassen sich auch als die Mittelpunkte der jeweiligen Datenwolke interpretieren. Diese sogenannten *Zentroide* charakterisieren in ihren Werten das Gesamtcluster. Mithilfe der Zentroide und der dem Cluster zugeordneten Hochschulwerte lassen sich nun verschiedene Kennzahlen der Hochschuldiversität herleiten. Diese sollen in der folgenden Analyse dazu genutzt werden, die in den Vorkapiteln präsentierten theoretischen Konzepte von latenten Hochschultypen sowie von externer und interner Hochschuldiversität empirisch nachzuverfolgen.

Zunächst soll die *innere Homogenität* der Cluster gemessen werden. Diese gibt Auskunft darüber, inwiefern ein Cluster tatsächlich einen bestimmten latenten Hochschultyp repräsentiert. Ähneln sich die Hochschulen einer Gruppe besonders stark, so kann man

davon ausgehen, dass sie sich auch eine bestimmte organisationale Form teilen. Sind sie dagegen vergleichsweise unterschiedlich, so liegt ihre Gemeinsamkeit eher in ihrer Unterschiedlichkeit gegenüber den anderen Clustern. Als Indikator der inneren Cluster-Homogenität sollen die gemittelten Abstände der Datenpunkte eines Clusters zu ihrem jeweiligen Zentroiden dienen. Daher kann, sobald dieser als Mittelwert der Ausprägungen definiert ist, auch einfach die gemittelte Standardabweichung aller Dimensionen für die Datenpunkte eines Clusters zurate gezogen werden. Im Sinne der Ausführungen zur Canberra-Distanz, ist es dabei wichtig, alle Datendimensionen im Vorhinein in Mittelwert und Variation zu standardisieren. So kann vermieden werden, dass Merkmale mit hohen Skalenwerten (insbesondere die Hochschulgröße) die Kennzahl dominieren. Die Kennzahl der inneren Cluster-Homogenität lautet also für die jeweilige Dimension  $d \in \{1, \dots, D\}$ :

$$\overline{sd}_c = \frac{1}{D} \sum_{d=1}^D sd_c^d \quad (5)$$

mit der Standardabweichung  $sd_c^d = \sqrt{\frac{1}{n_c-1} \sum_{i=1}^{n_c} (x_{di}^c - \bar{x}_d^c)^2}$

Zweitens soll die *externe Diversität* der Cluster beurteilt werden. Wie im einführenden Literaturteil beschrieben, handelt es sich dabei um die Vielfalt zwischen verschiedenen Hochschultypen (Stadtman 1980). Ein in *externer* Hinsicht diverser Hochschultyp zeichnet sich dadurch aus, dass er sich von anderen besonders stark unterscheidet. Im Datenraum liegt ein solcher Fall dann vor, wenn sich der Zentroid (als repräsentativer Punkt der Datengruppe) in großer Entfernung von den anderen Clustern befindet. Daher kann die externe Diversität abgeschätzt werden, indem man die Distanz zum ähnlichsten anderen Hochschultypen und damit zum nächsten Zentroiden berechnet. Die Kennzahl der externen Diversität lautet dann wie folgt:

$$dist_c = \min\{d^{CD}(\bar{x}_c, \bar{x}_1), \dots, d^{CD}(\bar{x}_c, \bar{x}_k) \mid d^{CD}(\cdot) > 0\} \quad (6)$$

wobei  $d^{CD}(\cdot)$  die Canberra-Distanz der beiden jeweiligen Vektoren misst.<sup>50</sup>

---

<sup>50</sup> Auch bei dieser Distanzmessung sollten die einzelnen Dimensionen skalenunabhängig in die Kennzahl eingehen, daher fiel die methodische Wahl auf die Canberra Distanz.

Drittens wird als Gegenstück zur externen auch die *interne Diversität* in den einzelnen Clustern gemessen. Diese bezeichnet, zur Erinnerung, die Vielfalt innerhalb der einzelnen Hochschule. Zum Zwecke der Messung interner Diversität wird eine normalisierte Form des Herfindahl-Hirschman-Indexes herangezogen (Rossi 2009):

$$HH_c = \frac{1}{V_c - 1} \text{ mit } V_c = \sum_{d=1}^D \bar{x}_c^d{}^2 \text{ (Herfindahl-Hirschman-Index)} \quad (7)$$

Als Datendimensionen werden in diesem Falle nur die Fachbereichsanteile herangezogen.<sup>51</sup> So misst  $HH_c$  die programmatische interne Diversität pro Cluster-Zentroid, wodurch eine Aussage hinsichtlich der fachlichen Spezialisierung der einzelnen Cluster getroffen werden kann. Die Idee hinter diesem Index liegt darin, Anteilsdaten vor der Addition zu quadrieren. Je gleicher die Fachbereiche in einem Hochschultyp repräsentiert sind, umso stärker wird die Quadrierung die einzelnen Summanden verringern.<sup>52</sup> Die weiteren Indexkomponenten normalisieren  $V_c$ , so dass  $HH_c$  schließlich innerhalb des Wertbereiches von 0 bis 1 liegt, sodass die Ausprägung mit zunehmender fachlicher Breite wächst. Eine hohe Indexausprägung signalisiert damit eine diverse fachliche Aufstellung, während ein niedriger Wert auf eine programmatische Spezialisierung hindeutet.

Zuletzt wird noch die Gesamtzahl Studierender an Hochschulen des jeweiligen Clusters angegeben sowie ihr Anteil an allen etwa 2,4 Millionen Studierenden staatlicher Hochschulen (Stand 2013). Diese Angabe soll die relative Bedeutung des Clusters innerhalb der gesamten deutschen Hochschullandschaft verdeutlichen.

---

<sup>51</sup> Durch die Beschränkung auf fünf Fachbereiche ergibt die Summe der Anteile nicht eins. Aus diesem Grunde wurden die Anteilswerte für diese Auswertung proportional skaliert, so dass sie insgesamt eins ergeben.

<sup>52</sup>  $V_c$  erreicht einen Maximalwert von 1, wenn  $\bar{x}_c^d = 1$  und  $\bar{x}_c^{j \neq d} = 0$  und einen Minimalwert, der sich mit zunehmender Anzahl von Kategorien 0 annähert, wenn alle Anteile gleich verteilt sind.

### Charakterisierung der einzelnen Cluster

Die Darstellung der Ergebnisse und die Ableitung der vorgestellten Kennzahlen ermöglicht es nun, die Hochschulcluster einzeln zu charakterisieren.

Tabelle 4: Kennzahlen der Hochschuldiversität für verschiedene Hochschulcluster.

c	$n_c$	$\overline{sd}_c$	$dist_c$	$HH_c$	Studierende
I	9	0,34	0,12	0,27	52.038 (2,2%)
II	47	0,15	0,67	0,02	34.356 (1,4%)
III	7	0,36	0,31	0,41	217.627 (9,1%)
IV	34	0,21	0,67	0,01	56.939 (2,4%)
V	11	0,57	0,34	0,49	89.551 (3,7%)
VI	24	0,39	0,32	0,67	531.057 (22,1%)
VII	45	0,36	0,10	0,35	322.058 (13,4%)
VIII	44	0,40	0,10	0,45	286.668 (11,9%)
IX	15	0,44	0,34	0,49	153.757 (6,4%)
X	13	0,37	0,31	0,61	506.331 (21,1%)

#### Cluster I: Die Pädagogischen Hochschulen

U Koblenz-Landau	PH Ludwigsburg
PH Freiburg i.Br.	PH Weingarten
PH Heidelberg	U Erfurt
PH Karlsruhe	U Hildesheim
PH Schwäbisch Gmünd	

Alleine anhand ihres datentechnischen Fingerabdrucks erkennt der Algorithmus im ersten Cluster ausnahmslos alle auch formal als *Pädagogische Hochschulen* (PHs) eingestuft Organisationen. Den PHs werden zudem weitere Hochschulen zugeordnet, die in der Vergangenheit ebenfalls offiziell als Pädagogische Hochschulen galten und auch aktuell noch einen offiziellen Profilschwerpunkt im Bereich der Bildungswissenschaften setzen (Universität Koblenz-Landau 2017, Universität Erfurt 2017, Universität Hildesheim 2017). Die Hochschulen zeichnen sich insbesondere durch einen sehr hohen Anteil von Studierenden in den Sprach- und Kulturwissenschaften aus (61%). In diesem thematischen Bereich engagieren sich, wenn auch in geringerem Anteil von etwa 30%, nur die universitären Cluster VI, IX und X. Diese Organisationen sind jedoch zumeist größer und forschungsorientierter als die PHs. Überraschenderweise ähneln sich die Pädagogischen Hochschulen in dieser Hinsicht den Fachhochschulen (VII, VIII).

## Cluster II: Die Kunsthochschulen

---

Palucca Schule Dresden - Hochschule für Tanz	H für Musik und Theater Leipzig
H für Musik und Theater Hamburg	Hochschule für Musik, Saarbrücken
Kunsthochschule Berlin	H der Bildenden Künste Saarbrücken
H für Musik Berlin	U der Künste Berlin
H für Musik und Theater Hannover	H für Musik Dresden
H für Schauspielkunst Berlin	H für bildende Künste Hamburg
H für Film und Fernsehen in Potsdam-Babelsberg	H für bildende Künste Braunschweig
H für Musik Detmold	H für Musik Weimar
Folkwang-Hochschule Essen	Kunstakademie Düsseldorf
H für Musik Köln	Robert-Schumann-H Düsseldorf
Musikhochschule Lübeck	KH für Medien Köln
Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle	Kunstakademie Münster
H für Künste Bremen	H für bildende Künste Frankfurt a.M. (Städelschule)
H für Musik und Darstellende Kunst Frankfurt a.M.	H für Gestaltung Offenbach
H für bildende Künste Dresden	Staatl. H für Gestaltung Karlsruhe
H für Graphik und Buchkunst Leipzig	Staatl. Akademie der Bildenden Künste Karlsruhe
Staatl. H für Musik Freiburg i.Br.	Staatl. Akademie der Bildenden Künste Stuttgart
Staatl. H für Musik und Darstellende Kunst Mannheim	Akademie der bildenden Künste München
Staatl. H für Musik Karlsruhe	Akademie der bildenden Künste Nürnberg
Staatl. H für Musik und Darstellende Kunst Stuttgart	H für Musik Nürnberg
Staatl. H für Musik Trossingen	H für Musik und Theater, Rostock
H für Musik Würzburg	Muthesius Kunsthochschule Kiel
H für Musik und Theater München	FH für Gestaltung Schwäbisch Gmünd
H für Fernsehen und Film München	

---

Die größte thematische und organisationale Spezialisierung zeigt sich in Cluster II, das ausnahmslos alle deutschen *Kunsthochschulen* umfasst. Während die Kunsthochschulen zumindest in organisationaler Hinsicht, also in ihrer Forschungsorientierung und Größe, noch den Verwaltungshochschulen in Cluster IV ähneln, stellen sie in thematischer Hinsicht eine absolute Ausnahme dar. So gibt es kein anderes Cluster, das überhaupt einen nennenswerten Anteil Studierender in der Kunst und den Kunstwissenschaften anbietet.<sup>53</sup> Diese besondere organisationale Aufstellung der künstlerischen und kunstwissenschaftlichen Lehre und Forschung innerhalb des deutschen Hochschulsystems wird zudem von den Kennzahlen der Diversitätsmessung unterstrichen. So zeigen die Kunsthochschulen nicht nur die größte thematische Spezialisierung, sie beweisen zudem die größte externe Unterschiedlichkeit und sie sind dabei in sich auch noch am homogensten aufgestellt. Bei aller Besonderheit zeigt ein Blick auf die Studierendenzahl von unter 2% der Gesamtstudierendenschaft, dass es sich bei dieser organisationalen Nische um eine Randerscheinung im Hochschulsystem handelt.

---

<sup>53</sup> Alle anderen Cluster weisen einen Studierendenanteil in der Kunst und den Kunstwissenschaften von unter 5% auf.

---

**Cluster III: Die „TU7“**


---

TH Aachen	TU München
TU Darmstadt	TU Berlin
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	TU Dresden
U Stuttgart	

---

Ein Cluster, das die Präzision des Verfahrens generell bekräftigt, ist das Cluster III der „TU7“. Diese Gruppe umfasst sieben der neun Hochschulen, die sich auch selbst, aus eigener Entscheidung, im Verband *TU9* zusammengeschlossen haben (TU9 2006).<sup>54</sup>

Generell zeichnen sich diese Universitäten durch ihre besondere Forschungsstärke aus. Diese spiegelt sich durch einen außergewöhnlich hohen durchschnittlichen Drittmittelanteil von 36% der Gesamtfinanzierung wider. Zudem haben die „TU7“ in den letzten Jahren einen hohen Anstieg ihrer Studierendenzahlen erlebt, sodass sie mittlerweile nach den großen Volluniversitäten des Clusters X die zweithöchste Durchschnittsgröße aufweisen.<sup>55</sup> Erwartungsgemäß kennzeichnen sich die sieben Universitäten grundlegend durch ein relativ hohes Engagement im Bereich der Ingenieursstudiengänge. Dieses wird jedoch im Gegensatz zu den technischen Fachhochschulen durch eine stärkere Orientierung in Richtung der Naturwissenschaften ergänzt.

---

<sup>54</sup> Der Algorithmus ordnet die TU Braunschweig dem Cluster V der Technischen Forschungshochschulen zu und die Leibniz Universität Hannover dem Cluster VI der kleineren Volluniversitäten.

Insbesondere die Universität Hannover unterscheidet sich in ihrer Organisation von den sieben Hochschulen des Clusters III. Sie engagiert sich relativ stark in den Kultur- und Gesellschaftswissenschaften und zeigt damit eher die thematische Breite einer Volluniversität. Zudem finanzieren sich sowohl die Universität Hannover als auch die TU Braunschweig in geringerem Maße über Drittmittel als die „TU7“. Darüber hinaus ist die TU Braunschweig kleiner als die anderen Hochschulen.

<sup>55</sup> Allein diese sieben Universitäten machen zusammen fast 10% aller Studierenden aus.

---

**Cluster IV: Fachhochschulen für Verwaltung und Wirtschaft**


---

Deutsche Universität für Verwaltungswissenschaften Speyer	FH Nürtingen
H für Politik München	FH für öffentliche Verwaltung Kehl
FH für Verwaltung und Dienstleistung Altenholz	Hochschule Ludwigsburg für öff. Verwaltung und Finanzen
H der Sächsischen Polizei, Rothenburg/OL. (FH)	FH für Rechtspflege Schwetzingen
Akademie der Polizei, Hamburg (Verw-FH)	Staatl. FH für Polizei Villingen-Schwenningen
H für öffentliche Verwaltung Bremen	Norddeutsche FH für Rechtspflege, Hildesheim
FH für öffentliche Verwaltung Nordrhein-Westfalen	FH für öffentliche Verwaltung und Rechtspflege in Bayern
FH für Rechtspflege NW, Bad Münstereifel	HWR Berlin
FH für Finanzen NW, Nordkirchen	ASH für Sozialarbeit und Sozialpädagogik Berlin
FH für Archivwesen Marburg	FH für Finanzen Brandenburg (VerwFH) Königs Wusterh.
VerwFH Rotenburg	Thüringer FH für öffentliche Verwaltung Gotha
VerwFH Wiesbaden	FH der Polizei Brandenburg (VerwFH) in Oranienburg
FH der sächsischen Verwaltung Meißen	VerwFH Güstrow
Hochschule der Deutschen Bundesbank Hachenburg	Norddeutsche Ak. für Finanzen und Steuerrecht Hamburg
FH für Finanzen Edenkoben	H Harz (FH)
Hochschule Ludwigshafen am Rhein (FH)	FH Polizei Sachsen-Anhalt, Aschersleben
FH Worms	Deutsche Hochschule der Polizei, Münster

---

Das Cluster IV umfasst vor allem die deutschen *Verwaltungsfachhochschulen* und ähnelt daher in ihrem organisationalen Profil den stark spezialisierten Kunsthochschulen – wenn auch mit gänzlich anderer thematischer Ausrichtung. Dies wird in Hinblick auf die Kennzahlen  $dist_c$  und  $HH_c$  deutlich, in denen das Cluster jeweils die Extremwerte aufweist.

Neben den Verwaltungsfachhochschulen umfasst das Cluster auch einzelne Fachhochschulen mit wirtschafts- und gesellschaftswissenschaftlicher Ausrichtung. Zudem finden sich im Gegensatz zu den Kunsthochschulen und den Gesellschaftswissenschaften auch einige Hochschulen, die trotz ihrer thematischen Spezialisierung relativ hohe Studierendenzahlen aufweisen. So sind an der FH für öffentlichen Verwaltung des Landes Nordrhein-Westfalen oder der Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin jeweils etwa zehntausend Studierende immatrikuliert. Insgesamt führen diese Unterschiede zu einer etwas geringeren Homogenität innerhalb des Clusters als bei den Kunsthochschulen.

**Cluster V: Technische Forschungshochschulen**


---

TU Hamburg-Harburg	TU Bergakademie Freiberg
TU Kaiserslautern	H Bremerhaven
TU Braunschweig	Bauhaus-U Weimar
TU Clausthal	TU Ilmenau
U Magdeburg	FH Brandenburg
TU Chemnitz	

---

Neben den „TU7“ gibt es noch weitere technische Forschungshochschulen in der deutschen Hochschullandschaft. Diese unterscheiden sich jedoch durch eine geringere Größe und durch einen weitgehend geringeren Drittmittelanteil an ihrer Gesamtfinanzierung.<sup>56</sup> Davon abgesehen ähneln sie den „TU7“ durch ihren ingenieurwissenschaftlichen Schwerpunkt von etwa 50% der Studierendenschaft und ihr wesentliches Engagement im Bereich der Naturwissenschaften. Diese Beobachtung wird durch vergleichbare Kennzahlwerte in  $dist_c$  und  $HH_c$  bestätigt.

Darüber hinaus unterscheidet sich das Cluster V jedoch von den „TU7“ durch seine große innere Heterogenität ( $\overline{sd}_c = 0,57$ ) – die Hochschulen sind untereinander relativ unterschiedlich. So lässt sich schließen, dass das Cluster weniger eine Art latenten Hochschultyp charakterisiert, als vielmehr eine Sammlung verschiedener technischer Universitäten (und einzelner forschungsstarker Fachhochschulen), deren Ähnlichkeit aus der Unterschiedlichkeit gegenüber den anderen Clustern herrührt.

### Cluster VI und X: Die Volluniversitäten

Die Volluniversitäten finden sich in zwei verschiedenen Clustern wieder. Diese traditionsreichen Hochschulen sind von herausragender Bedeutung für die deutsche Hochschullandschaft. Immerhin machen ihre Studierenden mehr als 40% der Gesamtstudierendenschaft aus.

#### Cluster VI: Die mittelgroßen Volluniversitäten

---

U Kassel	U Siegen
U Kiel	U Würzburg
U Göttingen	U Regensburg
U Bremen	U des Saarlandes Saarbrücken
U Düsseldorf	U Wuppertal
U Dortmund	U Hannover
U Bielefeld	U Ulm
U Gießen	U Rostock
U Marburg	U Halle
U Paderborn	U Potsdam
U Freiburg i.Br.	U Leipzig
U Tübingen	U Jena

---

<sup>56</sup> Davon auszunehmen sind die TU Chemnitz und die TU Bergakademie Freiberg mit einem Drittmittelanteil von 42% bzw. 37%.

### Cluster X: Die großen Volluniversitäten

U Hamburg	U Heidelberg
U Bochum	U Erlangen-Nürnberg
U Bonn	U München
U Köln	FU Berlin
U Münster	Humboldt-Universität Berlin
U Frankfurt a.M.	U Duisburg-Essen
U Mainz	

Erwartungsgemäß stechen die Volluniversitäten neben ihrer Größe auch insbesondere durch ihre fachliche Breite hervor – sie weisen die mit Abstand höchsten Herfindahl-Hirschman-Indexwerte von  $HH_{VI/X}=0,67$  und  $0,61$  auf. Zuletzt lässt sich die Forschungsorientierung der Universitäten an den relevanten Drittmittelquoten von 22% bzw. 24% ablesen.

	Fachbereiche ( $\emptyset$ )					Drittmittel	Studierende		
	SKW	RWS	MNW	ING	KUW	$\emptyset$	$\emptyset$	Min	Max
<b>Cluster VI</b>	29%	24%	24%	8%	2%	22%	22.127	9.846	31.095
<b>Cluster X</b>	33%	25%	24%	5%	3%	24%	38.949	30.334	52.315

Innerhalb der beiden Gruppen kann man gewisse innere Unterschiede erkennen, da ihre Homogenität  $\overline{sd}_c$  im Mittelfeld aller Clusterwerte liegt. Der Vergleich der beiden Clusterzentroide zeigt jedoch eine bemerkenswerte Ähnlichkeit – tatsächlich sind sie beinahe identisch. Die durch den Algorithmus getroffene Zuordnung beruht also ausschließlich auf den unterschiedlichen Hochschulgrößen. Diese Beobachtung ist in der Hinsicht bemerkenswert, als mittelgroße Volluniversitäten (VI) auf Basis dieser Daten keine verstärkte Spezialisierung zeigen. Vielmehr liegt ihr HH-Indexwert sogar um 0,05 Punkte über dem der großen Volluniversitäten (X).

### Cluster VII und VIII: Fachhochschulen

Auch die allgemeinen Fachhochschulen ohne direkten Staatsbezug<sup>57</sup> lassen sich im Zuge einer Clusteranalyse fast vollständig auf Basis ihrer Datenprofile identifizieren. So finden sich über 90% von ihnen in den Clustern VII und VIII wieder.

<sup>57</sup> „Allgemein“ oder „nicht direkt staatsbezogen“ bezieht sich in diesem Zusammenhang auf Hochschulen mit einer *bestimmten* staatlichen Zielsetzung - bspw. die Verwaltungsfachhochschulen oder Politik- und Polizeiakademien.

Gleichzeitig gibt es mit Ausnahme der Hafencity Universität Hamburg keine Hochschule eines anderen Typs, der einem der beiden Cluster zugeordnet wurde.<sup>58</sup>

### Cluster VII: Die Fachhochschulen (Schwerpunkt Technik)

---

FH Westliches Ruhrgebiet	H Esslingen (FH)
FH Hamm-Lippstadt	FH Furtwangen
Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth (FH)	H Karlsruhe (FH)
FH Flensburg	FH Konstanz
FH Lübeck	H Mannheim (FH)
H für Technik und Wirtschaft Dresden	FH Offenburg
H für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig	FH Ravensburg-Weingarten
Westfälische H Zwickau	H Albstadt-Sigmaringen (FH)
H für Angewandte Wissenschaften Hamburg	FH für Technik Stuttgart
FH Gelsenkirchen	FH Ulm - H für Technik
FH Aachen	Hafencity Universität Hamburg
FH Bochum	FH Augsburg
FH Dortmund	FH München
FH Köln	Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (FH)
FH Ostwestfalen-Lippe	FH Rosenheim
h_da - H Darmstadt (FH)	FH Kempten
Technische Hochschule Mittelhessen (THM), FH	FH Landshut
Hochschule RheinMain (FH)	Technische Hochschule Deggendorf (FH)
FH Bingen	FH Amberg-Weiden
FH Kaiserslautern	HS für Technik und Wirtschaft Berlin
FH Trier	Beuth-HS für Technik Berlin
FH Aalen	FH Jena
FH Biberach a. d. Riss	

---

### Cluster VIII: Die Fachhochschulen (Schwerpunkt Wirtschaft)

---

FH Rhein-Waal	FH für Technik und Wirtschaft Reutlingen
Hochschule Emden/Leer (FH)	FH Stuttgart, H der Medien
FH Kiel	FH Coburg
FH Westküste, Heide	Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm (FH)
H Mittweida (University of Applied Sciences)	FH Würzburg-Schweinfurt
H Zittau/Görlitz (FH)	FH Hof
FH Südwestfalen	FH Ingolstadt
FH Braunschweig-Wolfenbüttel	FH Ansbach
Hochschule Hannover (FH)	FH Neu-Ulm
Hochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen (FH)	FH Aschaffenburg
Hochschule Osnabrück (FH)	H für Technik und Wirtschaft des Saarlandes Saarbrücken
H Bremen	FH Stralsund
FH Bielefeld	FH Erfurt
FH Düsseldorf	FH Schmalkalden
FH Niederrhein	FH Wismar
FH Münster	FH Nordhausen
FH Frankfurt a.M.	Technische FH Wildau
FH Fulda	FH Potsdam
FH Koblenz	H Merseburg (FH)
FH Mainz	H Magdeburg-Stendal (FH)
FH Heilbronn	H Anhalt (FH)
FH Pforzheim	FH Bonn-Rhein-Sieg

---

<sup>58</sup> 89 von 97 allgemeinen FHs befinden sich in den beiden Clustern VII und VIII. Ansonsten sind zwei allgemeine FHs den Technischen Forschungshochschulen (V) und sechs den Verwaltungsfachhochschulen zugeordnet (IV).

Die Fachhochschulen zeichnen sich im Wesentlichen durch ein Engagement in den Ingenieurwissenschaften sowie den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften aus.<sup>59</sup> Die Unterscheidung der beiden Cluster wird durch den thematischen Schwerpunkt getroffen. Cluster VII legt einen durchschnittlichen Schwerpunkt von 56% zu 23% zugunsten der Ingenieurwissenschaften, während Cluster VIII die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften mit 45% zu 33% priorisiert.

Davon abgesehen sind die Kennzahlen bemerkenswert einheitlich – die Hochschulgrößen liegen nah beieinander ( $\bar{O}$  7.157 zu 6.515), die Drittmittelquoten sind nahezu identisch (9% zu 10%) und selbst die inneren Streuungen weisen dieselbe Homogenität auf (0,36 zu 0,40). Ein Blick auf die Kennzahl externer Diversität offenbart schließlich, dass sich die beiden Clusterzentroide jeweils gegenseitig am nächsten sind. Der jeweilige Wert von  $dist_{VII} = dist_{VIII} = 0,10$  ist dabei der mit Abstand geringste aller Cluster. Diese Zahlen zeigen, dass man im Bereich der Fachhochschulen einen klar ausgeprägten latenten Hochschultyp beobachten kann. Gleichzeitig deuten sie auf eine ausgesprochen niedrige Hochschuldiversität in diesem Bereich der deutschen Hochschullandschaft hin.

### **Cluster IX: Gesellschaftswissenschaftliche Universitäten**

---

U Trier	U Bayreuth
U Konstanz	U Oldenburg
U Augsburg	U Osnabrück
U Mannheim	U Passau
Europa-U Viadrina Frankfurt (Oder)	Helmut-Schmidt-Universität Hamburg
U Greifswald	Universität Vechta
U Flensburg	U Lüneburg
U Bamberg	

---

Neben den Volluniversitäten gibt es noch ein drittes Cluster zumeist nicht technisch-orientierter Hochschulen.<sup>60</sup> Dieses ausschließlich aus Universitäten bestehende Cluster wird vor allem durch eine hohe Priorisierung der Gesellschaftswissenschaften zuungunsten der Naturwissenschaften charakterisiert. Man kann in diesen Hochschulen also eine gewisse

---

<sup>59</sup> Zudem lässt sich ein kleinerer und doch relevanter Anteil der Studierendenschaft den Naturwissenschaften zuordnen.

<sup>60</sup> Die Helmut-Schmidt-Universität stellt in dieser Hinsicht einen Grenzfall dar.

relative Spezialisierung erkennen, die sich im Vergleich zu den Volluniversitäten in einem um etwa 0,15 Punkte geringeren HH-Indexwert äußert. Im Gegensatz zur überraschend gleichbleibenden organisationalen Struktur (bei unterschiedlichen Hochschulgrößen) in den Volluniversitätsclustern VI und X, scheint sich die nochmals geringe Größe der Hochschulen in diesem Cluster niederzuschlagen.<sup>61</sup> Eine dazu passende Beobachtung ist die relativ geringe Einwohnerzahl der Universitätsstädte. So liegen die Standorte weitgehend in kleinen bis mittleren Großstädten mit 50.000 bis 300.000 Einwohnern.<sup>62</sup> Es scheint in manchen kleinen Universitäten also eine gewisse Spezialisierung zugunsten der Gesellschaftswissenschaften zu geben. Diese Erkenntnis sollte jedoch mit einer gewissen Vorsicht genossen werden, da man innerhalb des Clusters die zweithöchste innere Heterogenität von  $\overline{sd}_{IX} = 0,44$  beobachten kann. Trotz gewisser Ähnlichkeiten (beispielsweise der Universitäten Bayreuth, Konstanz, Lüneburg, Osnabrück, Passau und Trier) kann man die gesellschaftswissenschaftliche Universität daher als latenten Hochschultyp in Frage stellen.

#### 6.4.2 Zwischenfazit

Die Ergebnisse unterstreichen die methodische Eignung der Clusteranalyse als Werkzeug der Hochschulklassifikation. Der Algorithmus beweist eine hohe Trennschärfe in der Unterscheidung formaler Hochschultypen - beispielsweise zwischen Fachhochschulen und Universitäten. Darüber hinaus erkennt er jedoch auch nuanciertere Unterschiede und wirft interessante Fragen über die Struktur des deutschen Hochschulsystems auf, die dem Auge verborgen geblieben wären. Zuletzt ermöglicht der Ansatz mithilfe der vorgestellten Kennzahlen eine genauere Beobachtung verschiedener Facetten der Hochschuldiversität.

So lassen sich nach der Aufteilung der Cluster und nach der Folgeanalyse ihrer *inneren Homogenität* mindestens die folgenden sieben latenten Hochschultypen innerhalb der deutschen Hochschullandschaft identifizieren:

---

<sup>61</sup> Die Studierendenzahlen dieser gesellschaftswissenschaftlichen Universität liegen nur etwa bei der Hälfte derer in Cluster VI und sogar nur bei einem Viertel derer des Cluster X.

<sup>62</sup> Ausnahmen nach oben und nach unten sind die Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr in Hamburg und die Universität Vechta.

- Pädagogische Hochschulen
- Kunsthochschulen
- „TU7“
- Verwaltungsfachhochschulen
- Mittelgroße Volluniversitäten
- Große Volluniversitäten
- Fachhochschulen für Technik und Wirtschaft

Mit den Kunst- und den Verwaltungsfachhochschulen zeigen dabei eben jene Hochschultypen die größte *externe Diversität*, die sich auch in ihrer formalen Klassifikation von den anderen abheben. Diese Organisationen stellen sowohl in ihrer Struktur als auch in ihrer thematischen Ausrichtung einen Sonderfall in der deutschen Hochschullandschaft dar.

Ähnlich wie in den Kunstwissenschaften sind in Deutschland auch die Ingenieurwissenschaften außerhalb der Volluniversitäten angesiedelt. Die daraus hervorgehende externe Diversität wird zudem durch die Trennung zwischen den Fachhochschulen und den universitären, technischen Forschungshochschulen (insbesondere den „TU7“) gestärkt. Während die Fachhochschulen trotz unterschiedlicher Priorisierungen in der technischen oder der wirtschaftlichen Richtung eine bemerkenswerte Homogenität aufweisen, zeigt sich in den technischen Universitäten eine gewisse innere Unterschiedlichkeit. Diese Beobachtung gipfelt darin, dass aus Datensicht die „TU7“ stärker den Volluniversitäten ähneln, als dem Cluster anderer technischer Forschungshochschulen (V).

Auch innerhalb der Volluniversitäten lässt sich eine bemerkenswerte innere strukturelle Ähnlichkeit feststellen. Da die beiden Cluster (IV & X) fast die Hälfte aller Studierenden beheimaten, gewinnt diese Erkenntnis auch hinsichtlich der externen Diversität des gesamten Hochschulsystems an Bedeutung. Insbesondere die Beobachtung, dass sich die Struktur der Volluniversitäten mit zunehmender Größe nicht zu ändern scheint, wirft organisationale Fragen über das Skalenverhalten auf.<sup>63</sup> Trotz ihrer inneren Homogenität

---

<sup>63</sup> Diese werden in Teil III der Arbeit noch einmal aufgegriffen.

leisten die Volluniversitäten jedoch auch ihren Beitrag zur externen Diversität der Hochschullandschaft - immerhin handelt es sich bei ihnen eben um besonders *intern diverse* Hochschulen. Es sind also zwar ähnliche Organisationen, jede einzelne ist jedoch in sich thematisch breit aufgestellt.

Zuletzt muss man bei der Interpretation der Klassifikationsergebnisse berücksichtigen, dass der hier vorgestellte Ansatz die organisationale Vielfalt des Hochschulsystems unterschätzt. Die Begründung dafür liegt in der Vorselektion der vorbereitenden Schritte, in denen eben genau solche Hochschulen ausgeschlossen wurden, die sich vom Gros der Hochschullandschaft unterscheiden. So wurden beispielsweise in der Reduktion der Fachbereichsdimensionen (6.3.1) oder im Ausschluss von Ausreißern (6.3.2) gerade solche Organisationen entfernt, die einzigartige strukturelle Merkmale aufweisen und daher besonders zur externen Diversität der Hochschullandschaft beitragen. Alle im Laufe der Gesamtumsetzung identifizierten „Orchideenhochschulen“ werden nun abschließend in Tabelle 5 zusammengefasst.

**Tabelle 5: „Orchideenhochschulen“ in der deutschen Hochschullandschaft**

Hochschule	Besonderheit	Methodischer Schritt
U Hohenheim	Orientierung Agrar- Forst- und Ernährungswiss.	Fachselektion
H für Forstwirtschaft Rottenburg (FH)	Orientierung Agrar- Forst- und Ernährungswiss.	Fachselektion
FH Weihenstephan	Orientierung Agrar- Forst- und Ernährungswiss.	Fachselektion
FH Neubrandenburg	Orientierung Agrar- Forst- und Ernährungswiss.	Fachselektion
H für nachhaltige Entw. Erberswalde (FH)	Orientierung Agrar- Forst- und Ernährungswiss.	Fachselektion
Medizinische U Hannover	Orientierung Medizin und Gesundheit	Fachselektion
FH für Gesundheitsberufe in NRW, Bochum	Orientierung Medizin und Gesundheit	Fachselektion
Charité Berlin	Orientierung Medizin und Gesundheit	Fachselektion
U Lübeck	Orientierung Medizin und Gesundheit	Fachselektion
Deutsche Sporthochschule Köln	Orientierung Sport	Fachselektion
Fernuniversität Hagen	Hochschulgröße (Fernuniversität)	DBScan
Duale Hochschule BW, Stuttgart (FH)	Hochschulgröße (RWS Profil)	DBScan
Tierärztliche H Hannover	Orientierung Medizin und Gesundheit	DBScan
FH für Verwaltung Saarbrücken	außerg. hohe Drittmittelquote für VerwFH	DBScan
Hochschule Ludwigshafen am Rhein (FH)	außerg. hohes Engagement in RWS (FH)	Analyse Clusterergebnis
FH Worms	außerg. hohes Engagement in RWS (FH)	Analyse Clusterergebnis
FH Nürtingen	außerg. hohes Engagement in RWS (FH)	Analyse Clusterergebnis
FH Pforzheim	außerg. hohes Engagement in RWS (FH)	Analyse Clusterergebnis
HWR Berlin	außerg. hohes Engagement in RWS (FH)	Analyse Clusterergebnis
ASH Sozialarbeit & Sozialpädagogik Berlin	außerg. hohes Engagement in RWS (FH)	Analyse Clusterergebnis
H Harz (FH)	außerg. hohes Engagement in RWS (FH)	Analyse Clusterergebnis
Hafencity Universität Hamburg	Universität mit FH-ähnlichem Profil	Analyse Clusterergebnis
Helmut-Schmidt U der Bundeswehr	Gesellschaftsw. U mit IngW Engagement	Analyse Clusterergebnis
H Bremerhaven	außerg. starke Forschungsorientierung (FH)	Analyse Clusterergebnis
FH Brandenburg	außerg. starke Forschungsorientierung (FH)	Analyse Clusterergebnis

## 7 Zustand und Entwicklung der internen Diversität

*Spezialisierung ist der Ausweg aus der Unkenntnis in eine Richtung.*

– Emmanuel Roidis (1836 – 1904)

Die folgende Analyse beleuchtet die *interne Diversität* in der Hochschullandschaft. Unter den verschiedenen dargestellten Dimensionen organisationaler Vielfalt fokussiert sich diese Arbeit dabei auf die Frage, wie stark sich Hochschulen in *fachlicher* Hinsicht spezialisieren. In diesem Sinne wird untersucht, welchen Kompromiss deutsche Hochschulen zwischen den kollidierenden Konzepten der fachlichen Profilbildung und der Humboldtschen Fächerbreite eingehen.

Nach einer *Bestandsaufnahme* über den heutigen Zustand der Hochschullandschaft, soll auch die *Entwicklung* der internen Diversität nachverfolgt werden. Es stellt sich dabei die Frage, ob sich manche der theoretisch motivierten Systemdynamiken auch in der Wirklichkeit wiederfinden lassen. So ermöglicht die Darstellung der internen Diversität beispielsweise eine Analyse darüber, inwiefern Hochschulen programmatische Nischen in der Hochschullandschaft suchen. Zudem lässt sich so beobachten, ob organisationale Annäherungsprozesse („Isomorphismen“), wie die Konvergenz von Fachhochschulen und Universitäten („Academic Drift“), in den Daten erkennbar sind.

### 7.1 Daten

Die Analysen zur programmatischen, internen Diversität deutscher Hochschulen basieren ebenfalls auf öffentlichen Strukturdaten des Statistischen Bundesamtes. Sie unterscheiden sich jedoch in zweierlei Hinsicht von der Datenbasis der Clusteranalyse.

Erstens wird die Untersuchung auf alle acht Fachbereiche der Unterteilung des Statistischen Bundesamtes erweitert - so findet nun die vollständige programmatische Palette fachlicher Vielfalt Berücksichtigung. Die fachliche Ausrichtung der Hochschulen wird dabei wieder anhand ihrer Studierendenzahlen untersucht. Dieser Ansatz unterscheidet sich in dieser Hinsicht von der Studie von Teixeira et al. (2012), welche ansonsten die methodische

Grundlage dieses Kapitels bildet. Im Gegensatz zu den Studierendenzahlen nutzen die portugiesischen Forscher die Anzahl von Absolventen – eine Entscheidung, die sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich bringt. Beide Ansätze unterscheiden sich zum Beispiel aufgrund der unterschiedlichen Studiendauer verschiedener Studiengänge. So treten viele Studierende der Chemie oder der Biologie erst nach einem Doktorstudium in den Arbeitsmarkt ein. Studierende der Wirtschaftswissenschaften verlassen die Hochschulen dagegen schon häufig nach dem Bachelorstudium.<sup>64</sup> Weiter unterscheiden sich manche akademische Disziplinen in ihren informellen Standards. Beispielsweise beträgt der Median der Studiendauer (unabhängig von der Abschlusshöhe) in der Informatik 14 Semester, während er in der Betriebswirtschaftslehre nur bei 11 Semestern liegt.<sup>65</sup> Eine weitere mögliche Fehlerquelle der Zählung von Studierenden liegt in der fälschlichen Einbeziehung von sogenannten „Phantomstudierenden“ (*ibid* S. 333). Die Zählung von Absolventen lässt dagegen Studienabbrecher außer Acht (Cohn et al. 1989).

Der zweite Unterschied der Datengrundlage im Vergleich zur Clusteranalyse liegt im Ausschluss der spezialisierten Hochschultypen der Verwaltungsfachhochschulen, der Kunsthochschulen und der PHs sowie der Miteinbeziehung von Privathochschulen. Diese Entscheidung basiert zum einen auf der Eindimensionalität der spezialisierten Hochschultypen, deren weitgehende Unveränderlichkeit sie für diese Art der Analyse uninteressant macht. Zum anderen wird die Entscheidung von der Bedeutung von *Referenzwerten* in der Einschätzung einer sich verändernden internen Hochschuldiversität motiviert. Im Gegensatz zu „Zeit“ oder „Temperatur“ hat die Messung von Diversität und Spezialisierung keine gebräuchliche Skaleneinheit, die den Stand des Hochschulsystems beispielsweise „in Birnbaum“ messen könnte. Daher braucht es eine Kontrastierung verschiedener Referenzwerte, um einschätzen zu können, ob ein Wert „hoch“ oder „niedrig“

---

<sup>64</sup> Der Anteil der Doktoranden unter allen Absolventen (jeder Abschlusshöhe) betrug 2013 21% in Biologie und 23% in Chemie, lag aber nur bei 2% in den Wirtschaftswissenschaften. (eigene Berechnung aus Daten des Statistischen Bundesamts (2013a))

<sup>65</sup> Daten von 2011, Statistisches Bundesamt (2013b)

ausfällt. Eine solche Rolle als Referenzwert der spezialisierten Hochschultypen kann durch die privaten Hochschulen ausgefüllt werden.

Zusammengefasst wird die Analyse der internen Hochschuldiversität auf acht Fachbereichen durchgeführt und umfasst die drei Hochschulgruppen der Universitäten, der Fachhochschulen und der privaten Hochschulen. Die Daten kommen aus den Jahren 1992 bis 2014 und beschreiben somit in etwa die zeitliche Entwicklung der Spezialisierung und Diversität deutscher Hochschulen seit der Wiedervereinigung.

**Tabelle 6: Aggregierte Strukturdaten des Hochschulsystems nach offiziellem Hochschultyp**

Hochschultyp	Universität	Fachhochschule	Privat	Sonstige	Gesamt
# Hochschulen	84	105	165	83	437
# Studierende	1.638.426	688.115	188.362	91.039	2.605.942
Median Hochschulgröße	18.676	5.271	472	638	1.797
Standardabw. Hochschulgröße	14.344	4.814	2.418	1.303	9.794

## 7.2 Methode

Die programmatische, interne Diversität soll anhand des Grades der Gleichverteilung von Studierenden über die verschiedenen Fachbereiche innerhalb einer Hochschule gemessen werden. Wie in der Clusteranalyse dargelegt, bieten Volluniversitäten beispielsweise eine große Breite an Studiengängen an und zeigen daher eine hohe interne Diversität. Wirtschaftsakademien sind dagegen beispielsweise fachlich spezialisiert und weisen eine geringe interne Diversität auf. Wie ebenfalls bereits vorgestellt, kann diese Idee von einer Verteilung über eine bestimmte Anzahl von Bereichen mithilfe des Herfindahl-Hirschman-Indexes evaluiert werden. Erneut verfolgt diese Arbeit dabei die normalisierte Version der Kennzahl wie in den Studien von Rossi (2009) und Teixeira et al. (2012).

Dieses Mal wird sie jedoch nicht für die Clusterzentroide, sondern für jede einzelne Hochschule  $i$  über acht Fachbereiche  $d$  berechnet:

$$HH_i = \frac{\frac{1}{V_i} - 1}{8 - 1}$$

$$\text{mit } V_i = \sum_{d=1}^8 \left( \frac{x_i^d}{X_i} \right)^2 \quad (\text{Herfindahl-Hirschman-Index}), \quad (8)$$

über die Fachbereiche  $d \in \{1, \dots, 8\}$ .

Nach Berechnung der fachlichen Vielfalt soll näher beleuchtet werden, in welchen Disziplinen eine (relative) Spezialisierung auftritt. Zu diesem Zweck greift diese Arbeit auf die Kennzahl des *offenbarten komparativen Vorteils*  $S$  zurück (Balassa 1965, Rossi 2010, Teixeira et al. 2012). Die zugrundeliegende Idee der Kennzahl liegt darin, zu überprüfen, ob eine Hochschule oder ein Hochschultyp einen komparativ stärkeren oder schwächeren Schwerpunkt zugunsten einer bestimmten Disziplin legt als andere.  $S$  ist für einen Hochschultyp  $t \in \{\text{Universität}, \text{Fachhochschule}, \text{private Hochschule}\}$  und einen Fachbereich  $d$  wie folgt definiert:

$$S_t^d = \frac{x_t^d / X_t}{x^d / X}, \quad (9)$$

wobei im Zähler  $x_t^d$  die Anzahl Studierender in einem Fachbereich  $d$  unter allen Studierenden des Hochschultyps  $X_t$  bezeichnet. Im Nenner steht hingegen das Verhältnis aller Studierenden eines Fachbereichs  $d$  zur gesamten Studierendenschaft  $X$ . In anderen Worten stellt  $S_t^d$  einen Indikator dafür da, wie stark sich ein Hochschultyp in einer Disziplin einsetzt – im Vergleich zum totalen relativen Engagement in dieser jeweiligen Disziplin. Erneut folgt diese Arbeit dem Beispiel Teixeira et al.'s indem  $S_t^d$  auf Werte im Intervall  $[-1, 1]$  normalisiert wird.<sup>66,67</sup>

$$GS_t^d = \frac{S_t^d - 1}{S_t^d + 1} \quad (10)$$

Nach einer Bestandaufnahme der Hochschuldiversität soll ihre Entwicklung über die Zeit nachverfolgt werden. Die sich verändernden HH-Indexwerte sollen daraufhin näher

---

<sup>66</sup>  $S_{ij}$  nimmt Werte von über 1 an, wenn das Engagement des Hochschultyps in einem bestimmten Fachbereich vergleichsweise hoch ist. Sonst liegen die Werte zwischen 0 und 1.  $NS_{ij}$  transformiert den Wertebereich und generiert negative Werte für ein relativ schwaches und positive Werte für ein relativ starkes Engagement.

<sup>67</sup> Teixeira et al. führen die Idee auf Brusoni und Geuna (2003) zurück.

beleuchtet werden. Genauer soll untersucht werden, welche neuen Priorisierungen und Verschiebungen zu einer zunehmenden internen Differenzierung bzw. einer Spezialisierung geführt haben – dafür dienen die beiden Indizes *Div* und *Spez*:

$$\begin{aligned} Div^d &= \sum_i \Delta \frac{x_i^d}{x_i} \cdot \max(\Delta HH_i, 0) \text{ und} \\ Spez^d &= \sum_i \Delta \frac{x_i^d}{x_i} \cdot \min(\Delta HH_i, 0), \end{aligned} \tag{11}$$

für die Fachbereichswerte in den Hochschulen *i*, wobei  $\Delta()$  die Differenz zwischen den HH-Indexwerten der Jahre 1992 und 2013 darstellt.<sup>68</sup> Der erste Multiplikand gibt jeweils das Wachstum oder die Verringerung eines Fachbereichsanteils im besagten Zeitraum wieder. Er misst also, welche Fachbereichsverschiebungen eine interne Veränderung ausgelöst haben. Dieser wird nun mit einem zweiten Multiplikanden gewichtet, und zwar mit der Zunahme bzw. Abnahme an interner Diversität in einer Hochschule gemessen an den HH-Indexwerten. So werden die Hochschulen stärker gewertet, die eine besonders ausgeprägte Differenzierung oder Spezialisierung vollzogen haben. Der max/min Operator stellt sicher, dass jeweils ausschließlich die Hochschulen gewertet werden, die die jeweilige Entwicklung erfahren haben. Folglich zeigen nun die Ausprägungen von *Div*<sup>d</sup> und *Spez*<sup>d</sup>, welche Verschiebungen der Fachbereichspriorisierung zur Entwicklung organisationaler Diversität oder zur Entwicklung von Spezialisierung in der Hochschullandschaft beigetragen haben.

### 7.3 Ergebnisse

Abbildung 11 fasst die Ergebnisse der Messung von Herfindahl-Hirschman-Indexwerten programmatischer, interner Hochschuldiversität zusammen. Der Graph zeigt Überschneidungen zwischen den verschiedenen Hochschultypen. Gleichzeitig ist jedoch ersichtlich, dass sich die Dichteverteilungen erheblich unterscheiden. Die Beobachtungen

---

<sup>68</sup> Beziehungsweise die Differenz der Jahre von Marktein- und -austritt für Organisationen, die nicht über die gesamte Dauer Bestand hatten.

unterstreichen dabei eine gewisse Rollenverteilung verschiedener Organisationstypen in der deutschen Hochschullandschaft.

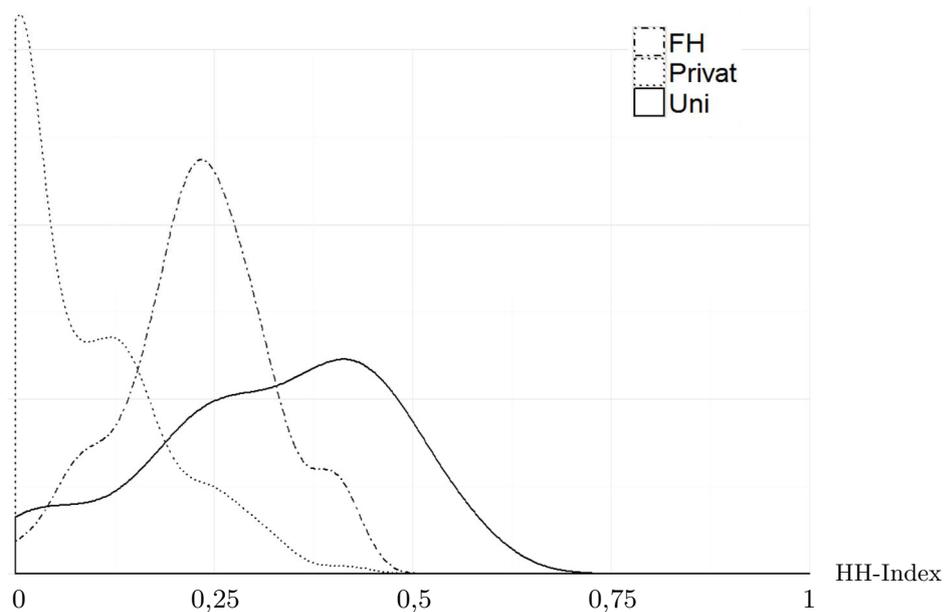


Abbildung 11: Dichteverteilung der Herfindahl-Hirschman-Indexwerte pro Hochschultyp.

Die Universitäten zeigen insbesondere an der Spitze einmal mehr die höchsten Werte interner Diversität. So werden auch die „Toppositionen“ fast ausschließlich von Universitäten besetzt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Die 30 Hochschulen mit der höchsten programmatischen internen Diversität.

Rang	Hochschule	Typ	HH	Rang	Hochschule	Typ	HH
1	U Rostock	U	0,590	16	TU Dresden	U	0,459
2	U Erlangen-Nürnberg	U	0,566	17	U Bremen	U	0,458
3	U Kiel	U	0,550	18	U Wuppertal	U	0,457
4	U Gießen	U	0,549	19	U Hannover	U	0,453
5	U Freiburg i.Br.	U	0,542	20	TU Chemnitz	U	0,450
6	U Göttingen	U	0,538	21	U Mainz	U	0,436
7	U Magdeburg	U	0,503	22	U Greifswald	U	0,431
8	U Halle	U	0,499	23	H Hannover (FH)	FH	0,428
9	U Bochum	U	0,486	24	U Heidelberg	U	0,427
10	U Duisburg-Essen	U	0,485	25	U Frankfurt a.M.	U	0,426
11	U Jena	U	0,483	26	U Würzburg	U	0,421
12	U Bonn	U	0,479	27	U Marburg	U	0,419
13	U Kassel	U	0,472	28	U Leipzig	U	0,419
14	U des Saarlandes	U	0,470	29	Alanus H Alfter	Privat	0,416
15	U Paderborn	U	0,464	30	FH Niederrhein	FH	0,415

Die erste Fachhochschule, die Hochschule Hannover, ist erst auf dem 23. Rang zu finden. Die erste private Hochschule, die Alanus Hochschule, folgt ihr auf Rang 29. Zwar sind die Universitäten sowohl in der Spitze als auch im Mittelfeld am breitesten aufgestellt, jedoch lässt sich zugleich das weiteste Spektrum an unterschiedlicher interner Diversität beobachten. Zum Beispiel zeigt die Verteilung der Universitäten genau dort einen Sattelpunkt, wo die Fachhochschulen ihren Modalwert aufweisen. Diese Beobachtung weist darauf hin, dass sich auch einige Universitäten spezialisieren.

Auch wenn die Alanus Hochschule ein Beispiel einer breit aufgestellten Hochschule darstellt, ist das generelle Bild ein anderes – die privaten Hochschulen zeigen eine stark spezialisierte Ausrichtung. Diese gruppenspezifische Ausrichtung ist so ausgeprägt, dass der Modalwert der Gruppe tatsächlich bei einer vollständigen Spezialisierung liegt. Die hohe Dichte um den Modus zeigt zudem die starke innere Ähnlichkeit der privaten Hochschulen hinsichtlich ihrer Diversitätswerte. Die Wertverteilung der *Fachhochschulen* liegt hingegen zwischen den anderen beiden hier betrachteten Hochschultypen. Nur eine Handvoll von ihnen sind vollständig spezialisiert und doch auch nur einige wenige ähneln den Universitäten in ihrer fachlichen Breite. In diesem Sinne verstärkt diese Perspektive den Eindruck der Fachhochschule als latente Hochschultyp – einer Organisation, die in mehreren, wenn auch wenigen akademischen Fachbereichen aktiv ist.

Ein Blick auf die Werte der *offenbarten komparativen Vorteile (GS)* ermöglicht nun eine fachliche Einordnung der Spezialisierungsbeobachtungen (Tabelle 8).

**Tabelle 8: Normalisierte Indexwerte des offenbarten komparativen Vorteils (GS), also dem rel. Engagement eines Hochschultyps im jew. Fachbereich (Schattierung kennzeichnet Werthöhe)**

	Privat	FH	Universität
Sprach- und Kulturwissenschaften	-0,23	-0,82	0,19
Sport	-0,68	-0,99	0,21
Rechts-, Wirtschafts- & Sozialwissenschaften	0,33	0,08	-0,12
Mathematik, Naturwissenschaften	-0,55	-0,16	0,11
Medizin und Gesundheitswissenschaften	0,39	-0,44	0,07
Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften	-0,48	0,20	-0,05
Ingenieurwissenschaften	-0,58	0,33	-0,17
Kunst und Kunstwissenschaften	-0,10	-0,09	-0,29

Zunächst kann man beobachten, dass die Universitäten einen relativen Schwerpunkt im Bereich der Sprach- und Kulturwissenschaften und im Sport aufweisen. Dabei füllen sie thematische Nischen mit kulturell-gesellschaftlicher Bedeutung und solche, die sich schwer kommerzialisieren lassen. Weiter reflektiert ihr relativ großes Angebot im naturwissenschaftlichen Bereich indirekt ihre Führungsrolle in der Forschung. Nach ihren HH-Indexwerten zu urteilen, handelt es sich bei diesen Feldern allerdings nicht um organisationale Spezialisierungen, sondern vielmehr um ein Engagement, das in den anderen Hochschultypen kaum bis gar nicht existiert. So kann man aus den GS-Indexwerten die relative Schwerpunktsetzung der Fachhochschulen vor allem im ingenieurs- aber auch im wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Bereich erkennen. Zusätzlich weisen die Fachhochschulen ein zumindest relativ hohes Engagement in den Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften auf – eine Beobachtung, die durch Einbindung neuer Daten erst in diesem Kapitel deutlich wird. Insgesamt erfüllen die Kennzahlwerte damit die Erwartung, dass Fachhochschulen generell Lehre in angewandten Disziplinen mit hohem ökonomischen, praktischem Bedarf anbieten. Wie schon die HH-Indexwerte andeuteten, zeigen die privaten Hochschulen ein noch ausgeprägteres Profil. Tatsächlich zeigen sie ausschließlich in den Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie im Gesundheitsbereich positive Werte. Alle anderen Fachbereiche fallen dagegen vergleichsweise ab. Diese Beobachtung unterstützt die in der Literatur zunehmend gut erkannten Befund, dass private Hochschulen tendenziell in gefragten Nischen mit geringen Bereitstellungskosten agieren (Teixeira und Amaral 2001, Rossi 2010).

Zusammenfassend gewährt die Analyse einen Einblick darüber, wie sich Studierende über akademische Disziplinen verteilen, und liefert sowohl insgesamt als auch auf der Ebene der Hochschultypen interessante Erkenntnisse. Zuerst unterscheiden sich die Hochschulen der drei hier betrachteten Typen signifikant in der Breite ihrer fachlichen Aktivität - auch wenn man zugleich gewisse Überschneidungen beobachten kann. Private Hochschulen sind fast ausschließlich hochspezialisiert und engagieren sich weitestgehend im Wirtschafts-Gesellschafts- und Gesundheitsstudium. Fachhochschulen zeigen ebenfalls ein relativ klares Profil – vor allem in praktischen Fächern wie den Ingenieurs-, Agrar- und

Wirtschaftswissenschaften. Während die Universitäten ebenso in all diesen Fachbereichen aktiv sind, zeigen sie zugleich Aktivitäten in anderen Disziplinen. Damit weisen sie die stärkste programmatische Diversität auf.

### *Entwicklung über die Zeit*

Die Resultate deuten auf eine gewisse Beständigkeit der deutschen Universitäten in ihrer programmatischen Breite hin. Dagegen spricht jedoch, dass sowohl die privaten und als auch die öffentlichen Fachhochschulen in ihrer relativen Eindimensionalität nicht als Referenzgruppe ausreichen. Daher sollen die Diversitätswerte nun im Zeitverlauf von 1992 bis 2014 und damit für jede Gruppe als eigene Referenz betrachtet werden.

Abbildung 12 veranschaulicht die Verläufe der durchschnittlichen Herfindahl-Hirschman-Indexwerte pro Hochschultyp. Wie man beobachten kann, haben sie unterschiedliche Entwicklungen genommen. Ein Blick auf die durchgehende Linie zeigt, dass die deutschen Universitäten über die Jahre ein konstantes Niveau programmatischer Diversitäten gehalten haben. Diese Zahlen legen den Schluss nahe, dass in den letzten Jahrzehnten keine erkennbare Abkehr der deutschen Universitäten vom Humboldtschen Prinzip, der *universitas litterarum*, stattgefunden hat. Diese Beobachtung ist auch in der Hinsicht

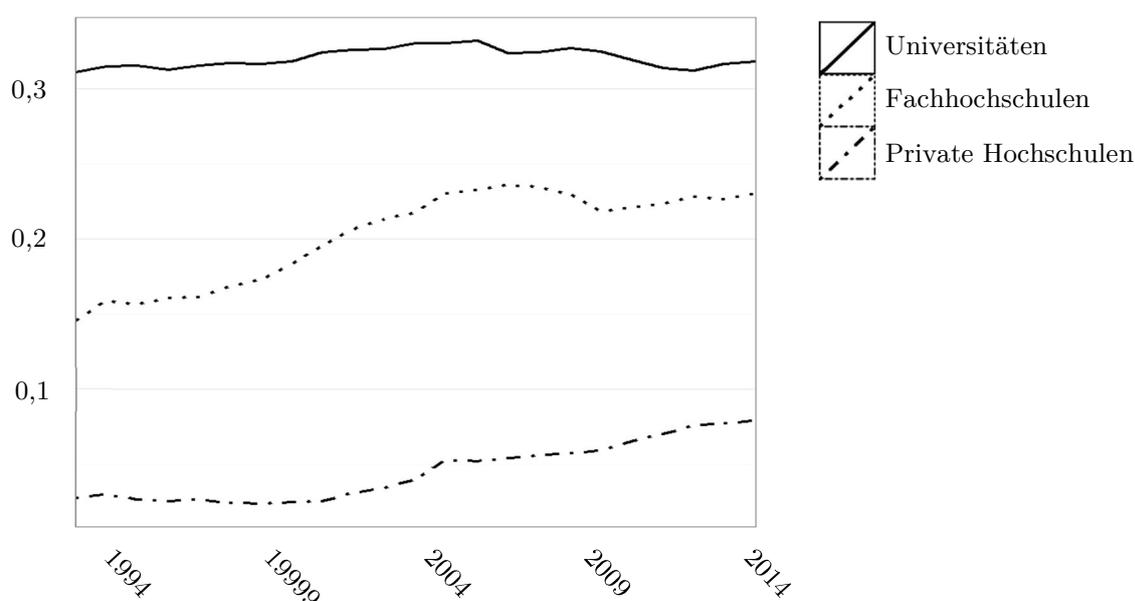
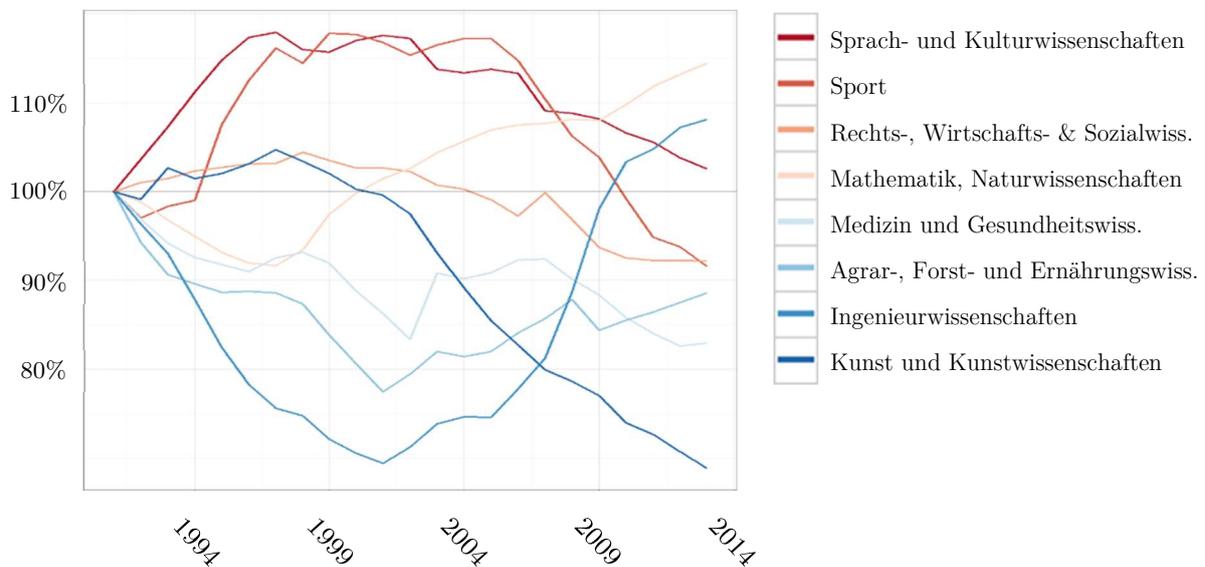


Abbildung 12: Durchschnittliche HH-Indexwerte nach Hochschultyp von 1992 bis 2014.

bemerkenswert, als sich die einzelne Zusammensetzung der Studierendenschaft im Laufe der Jahrzehnte durchaus verändert hat (Abbildung 13).



**Abbildung 13: Fachbereichsanteil an der gesamten Universitätslandschaft. (100% entspricht dem jew. Anteil des Fachbereichs unter allen Studierenden an Universitäten im Vergleichsjahr 1992).**

Die beiden anderen Hochschultypen zeigen dagegen klare Tendenzen zu einer wachsenden fachlichen Breite (Abbildung 12). In den Fachhochschulen fand eine solche Entwicklung vor allem in den 1990er und frühen 2000er Jahren statt, bevor es um 2005 zu einer Sättigung kam. Daraus folgt die Erkenntnis, dass der *Academic Drift*, also die systematische Annäherung zwischen Universitäten und Fachhochschulen, in Deutschland zum Stillstand gekommen ist. Die Fachhochschulen scheinen in ihrer programmatischen Breite nicht mehr in Richtung der Universitäten, sondern zu einem weniger diversifizierten Zustand zu konvergieren.

Auch die privaten Hochschulen zeigen die Tendenz zu größerer fachlicher Breite. Diese Entwicklung hat erst Ende der 90er Jahre begonnen, hält jedoch im Gegensatz zu dem Verhalten der Fachhochschulen weiter an. Dieser Verlauf könnte theoretisch durch eine Pfadabhängigkeit erklärt werden, nach der kleine private Hochschulen sich zunächst in einzelnen Gebieten etablieren, bevor sie in die Lage kommen, weiter zu expandieren. Ein Blick auf die HH-Indexwerte bei Markteintritt unterstützt diese These (Tabelle 9). So liegt die durchschnittliche interne Diversität von Hochschulen im Jahr des Markteintritts

signifikant unter derer der Platzhirsche. Im Sinne der Theorie der organisationalen Diversität entwickelt sich die interne Vielfalt also eher innerhalb des Hochschulsystems (Adaption), als dass sie von außen hereingetragen würde (Selektion).

**Tabelle 9: Durchschnittliche HH-Indexwerte nach Hochschultyp bei Markteintritt.**

Jahr des Markteintritts	Privat	FH	Uni
Nein	0,055	0,206	0,320
Ja	0,044	0,092	0,137

Insgesamt haben also sowohl die Fachhochschulen als auch die privaten Hochschulen im Laufe der letzten Jahrzehnte an thematischer Breite gewonnen, während die Universitäten bei wechselnden Schwerpunkten auf dem gleichen hohen Niveau geblieben sind. Da es sich vor allem um diversifizierende Entwicklungen handelt, soll im Folgenden die Kennzahlenwerte  $Div^d$  untersucht werden, um einzuordnen, welche Verschiebungen zu diesem Verlauf geführt haben.

**Tabelle 10: Indexwerte  $Div^d$  nach Hochschultyp (Differenzen zwischen 1992 und 2014; Schattierungen kennzeichnen die Werthöhe)**

	Privat	FH	Universität
Sprach- und Kulturwissenschaften	0,81	0,17	0,15
Sport	-0,19	0,00	0,01
Rechts-, Wirtschafts- & Sozialwissenschaften	-0,85	-0,32	0,16
Mathematik, Naturwissenschaften	-0,01	0,85	0,10
Medizin und Gesundheitswissenschaften	0,87	0,33	-0,08
Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften	0,02	-0,15	0,00
Ingenieurwissenschaften	-0,43	-0,98	-0,36
Kunst und Kunstwissenschaften	-0,22	0,08	0,02

Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Diversifikationsbewegungen im deutschen Hochschulsystem. Ein positives Vorzeichen deutet auf einen Bedeutungsgewinn des jeweiligen Fachbereichs in sich diversifizierenden Hochschulen hin. Ein negativer Wert signalisiert dagegen den kompensierenden Rückgang in einer anderen Disziplin. Wie bereits erwähnt, haben private Hochschulen eine Entwicklung zugunsten einer größeren internen Breite genommen. Diese erklärt sich durch die Abweichung einer zunächst vollständigen wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Orientierung hin zu zweiten Standbeinen in den Sprach- und Kulturwissenschaften und vor allem im Gesundheitsbereich. Ein Blick auf die

Fachhochschulen zeigt ein sehr klares Muster: Die Diversifikationsbewegungen vor 2005 begründen sich offenbar durch eine Stärkung der naturwissenschaftlichen Basis zuungunsten der Ingenieurwissenschaften. Diese Beobachtung stützt die These, dass auch in Deutschland ein Academic Drift stattgefunden hat, wenn man das Wachstum der Naturwissenschaften als einen Indikator für eine zunehmende Priorisierung der Forschung interpretiert. Die Indexwerte der Universitäten überraschen auf den ersten Blick. So weisen die Ingenieurwissenschaften den mit Abstand geringsten  $Div^d$ -Wert auf, während die Gesellschaftswissenschaften, die Sprach- und Kulturwissenschaften sowie die Naturwissenschaften zu ähnlichen Teilen profitieren. Insofern scheint es, als hätten sich vor allem technische Universitäten diversifiziert.

Bei näherer Betrachtung lassen sich diese Ergebnisse wohl auf die Umstrukturierungen in Ostdeutschland nach der Wiedervereinigung zurückführen. Betrachtet man die  $Div^d$ -Einzelwerte der Universitäten in den Ingenieurwissenschaften ( $\Delta x_i^d / X_i \cdot \Delta HH_i$ ), so fällt auf, dass acht der zwölf niedrigsten Werte in Ostdeutschland liegen (Tabelle 11). Zugleich zeigt sich, dass sich eine große Mehrheit von ihnen in die Sprach- und Kulturwissenschaft sowie in die Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften diversifiziert hat.

**Tabelle 11: Die Universitäten mit den niedrigsten  $Div^d$  Einzelwerten in den Ingenieurwissenschaften.**

Rang	Universität	Region	ING <sup>69</sup>	SKW	RWS
75	TU Bergakademie Freiberg	Ost	-0,008	0	0,004
76	TU Braunschweig	West	-0,008	0,003	0,004
77	U Wuppertal	West	-0,009	0,013	-0,009
78	Brandenburgische TU Cottbus	Ost	-0,017	0,005	0,008
79	TU Hamburg-Harburg	West	-0,017	0	0,008
80	TU Dresden	Ost	-0,024	0,02	-0,002
81	TU Kaiserslautern	West	-0,035	0,012	0,041
82	TU Chemnitz	Ost	-0,042	0,021	0,025
83	Int. Hochschulinstitut Zittau <sup>70</sup>	Ost	-0,067	0	0,054
84	TU Berlin	Ost/West	-0,072	0,025	0,036
85	Bauhaus-U Weimar	Ost	-0,073	0,022	0
86	U Magdeburg	Ost	-0,099	0,057	0,013

<sup>69</sup> ING: „Ingenieurwissenschaften, SKW: „Sprach- und Kulturwissenschaften, RWS: „Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften“

<sup>70</sup> Das Internationale Hochschulinstitut Zittau wurde 2013 als wissenschaftliche Einrichtung in die TU Dresden eingegliedert (IHI Zittau 2017).

#### 7.4 Zwischenfazit

Auf den vorangegangenen Seiten wurden einige Beobachtungen über die Entwicklung interner Hochschuldiversität beschrieben. Welche Einsichten können nun hinsichtlich der Institutionenökonomie und bildungsökonomischer Politikempfehlungen gewonnen werden? Im Sinne der Institutionenökonomie zeigen die Analysen, dass unterschiedliche Organisationstypen unterschiedliche Nischen der deutschen Hochschullandschaft besetzen und jeweils unterschiedlichen Entwicklungen ausgesetzt sind. Zum einen legen die Daten nahe, dass neugegründete, zumeist private Hochschulen als vollständig spezialisierte Organisationen in solche Nischen des Marktes eintreten, in denen sie sich mit dem Wettbewerb messen können. Nichtsdestotrotz lässt sich danach die Tendenz erkennen, dass sie allmählich der vollständigen Spezialisierung entwachsen. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass die fachliche Breite einer Pfadabhängigkeit unterworfen ist, nach der Hochschulen zum thematischen Wachstum beides, einen Ausgangspunkt und Zeit, benötigen. Auf der anderen Seite lässt sich nicht erkennen, dass sich im privaten Hochschulsektor Organisationsformen entwickeln, die den thematisch-breiten, öffentlichen Universitäten ähneln. Folglich stellt sich die Frage, ob es sich in Deutschland schlicht nicht lohnt, diesen Organisationstyp anzustreben, oder ob es vielmehr keinen organisationalen Entwicklungspfad dorthin gibt. Eine naheliegende Erklärung dafür bietet ein Crowding-Out des privaten Angebots durch die existierende öffentliche Bereitstellung. Andererseits könnte man die relativ geringe fachlichen Breite privater Hochschulen auch dahingehend deuten, dass in der Hochschullehre weniger Verbundeffekte auftreten als gemeinhin angenommen. Diese Frage soll im dritten Teil dieser Arbeit näher untersucht werden.

Hinsichtlich bildungsökonomischer Politikempfehlungen lässt sich rekapitulieren, dass es sowohl in den Fachhochschulen als auch in den privaten Hochschulen eine Tendenz zur stärkeren internen Diversifikation gibt. Ein Fachbereich, in dem sich ein zunehmend starkes privates Engagement beobachten lässt, ist zum Beispiel die Gesundheitswissenschaft. Unter den öffentlichen Hochschulen deuten die Daten auf eine organisationale Annäherung der Fachhochschulen in Richtung (technischer) Universitäten hin. Dieser Verlauf scheint sich

jedoch im Laufe der 2000er Jahre auf einem Niveau fachlicher Breite unter dem der meisten Universitäten gesättigt zu haben. Diese Beobachtung könnte einzelne Studien beruhigen, die im Academic Drift eine Bedrohung der Systemdiversität erkennen (z.B. Codling und Meek 2006). Zuletzt lässt sich festhalten, dass das traditionelle universitäre Organisationsideal der *universitas litterarum* weiterhin eine beständige Säule der deutschen Hochschullandschaft bildet. Diese Erkenntnis lässt sich insbesondere durch die Beobachtung stützen, dass sich ostdeutsche Universitäten in den vergangenen Jahrzehnten in Richtung der Humboldtschen Idealvorstellung entwickelt haben.

Teil III:  
Verbundeffekte im  
Hochschulwesen

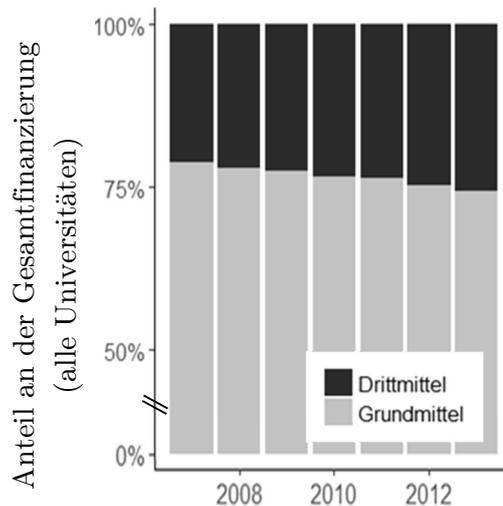
## 8 Verbundeffekte im Hochschulwesen

*„Das, was aus Bestandteilen so zusammengesetzt ist, dass es ein einheitliches Ganzes bildet, [...] das ist offenbar mehr als bloß die Summe seiner Bestandteile.“*

*– Aristoteles (384 v. Chr. - 322 v. Chr.)*

„Das Ganze ist mehr als die Summe seine Teile.“ So lautet die wohl bekannteste Beschreibung des Humboldtschen Ideals. Wie man im vorangegangenen Kapitel sehen konnte, findet das Prinzip weiterhin Anklang in den deutschen Hochschulen. Offenbar streben es die meisten Hochschulen nicht an, sich stärker zu spezialisieren. Gerade die Volluniversitäten scheinen jedoch ebenso wenig das Ziel zu verfolgen, weitere Fachbereiche in ihr Portfolio aufzunehmen. So konnte man in der Clusteranalyse des sechsten Kapitels erkennen, dass insbesondere in historisch jüngeren Wissenschaften, wie den Ingenieurwissenschaften, durchaus noch Raum für eine Erweiterung des fachlichen Kanons bestünde.<sup>71</sup> Geben sich die Universitäten also letztendlich mit der Vielfalt ihrer Studienangebote zufrieden?

Betrachtet man nicht das Studienangebot, sondern die klassischen universitären Hochschulmissionen von Forschung und Lehre, dann ergibt sich ein anderes Bild – eine Verschiebung der Strukturen. So lassen die Zahlen im universitären Hochschulwesen eine zunehmende Gewichtung der Forschung im Vergleich zur Lehre vermuten.



**Abbildung 14: Der Finanzierungsanteil der Dritt- & Grundmittel über alle Universitäten**

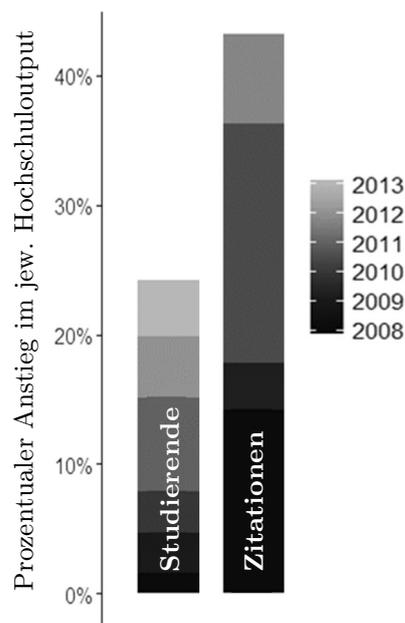
<sup>71</sup> Der durchschnittliche Studierendenanteil der Ingenieurwissenschaften liegt in den Volluniversitäts-Clustern nur bei 5% bzw. 8% der Studierendenschaft (Tabelle 3).

Diese Repriorisierung lässt sich an zwei Entwicklungen festmachen. Zum einen legt die kontinuierlich wachsende Drittmittelquote in der Universitätsfinanzierung diesen Schluss nahe (Abbildung 14).<sup>72</sup> Zum anderen lässt sich auch für die Zitationszahlen ein überproportionales Wachstum beobachten. Wie man in Abbildung 15 erkennen kann, wuchsen die Zitationszahlen der hiesigen Universitäten zwischen 2007 und 2013 fast doppelt so stark wie die Studierendenzahlen.<sup>73</sup>

Während die interne Unterschiedlichkeit im Studienangebot also von einer gewissen

Beständigkeit geprägt ist, lassen sich in der internen Priorisierung der Hochschulmissionen stärkere Veränderungen erkennen.

Aus organisationaler Perspektive werfen diese Beobachtungen die Frage auf, ob die beschriebenen Verläufe einen konstruktiven Entwicklungspfad hin zu einer effizienten Organisationsform markieren oder ob sie unabhängig oder gar konträr zum organisationalen Effizienzgedanken stattfinden? In diesem Sinne soll der bisherigen *positiven*, beschreibenden Sichtweise nun eine zunehmend *normative*, wertende Perspektive beiseitegestellt werden. Das Ziel dieses abschließenden Teils der Arbeit besteht darin, zu untersuchen, ob die organisationale Aufstellung der Universitäten eine effiziente Bereitstellung von Dienstleistungen in Lehre und Forschung fördert oder ob eine Veränderung der Organisationsstruktur eine effizientere Produktion verspricht. Nachdem also zuvor die Frage



**Abbildung 15: Anstieg der Studierenden- und Zitationszahlen aufsummiert über alle Universitäten zwischen 2007 & 2013.**

<sup>72</sup> Insofern man die Drittmittelquote als einen Indikator für Forschungsintensität interpretiert (Gralka et al. 2018).

<sup>73</sup> Jeweils gemessen anhand ihrer Zitationshäufigkeit innerhalb der ersten drei Jahren nach Veröffentlichung.

gestellt wurde, wie stark sich Hochschulen diversifiziert *haben*, soll im Folgenden untersucht werden, wie stark sie sich im Sinne der Wirtschaftlichkeit diversifizieren *sollten*.

Um diese Frage zu beantworten, folgt zunächst ein Überblick darüber, zu welchen Ergebnissen frühere bildungsökonomische Arbeiten gekommen sind, die sich mit der Messung von Verbundeffekten im Hochschulwesen befasst haben (**Kapitel 9**). Danach folgt eine Einführung in den theoretischen Modellrahmen der Produktion von Hochschulen, der als Grundlage der letztendlichen empirischen Schätzung dienen soll (**Kapitel 10**).<sup>74</sup> Nach dieser ausführlichen theoretischen Fundierung folgt die eigentliche Herleitung des empirischen Schätzmodells sowie die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse (**Kapitel 11 und 12**).

---

<sup>74</sup> Wie Sie merken werden, fallen meine Erläuterungen zur Produktionstheorie in Kapitel 10 im Vergleich zu anderen wissenschaftlichen Arbeiten des Themenbereichs relativ ausführlich aus. Dem mit diesen Konzepten vertrauten Leser schlage ich daher vor, das Kapitel zu überfliegen oder direkt im Folgekapitel weiterzulesen.

## 9 Literatur

Die didaktischen Synergien aus dem Verbund von Lehre und Forschung wurden in der Literatur bereits ausführlich diskutiert. Eine Aggregation dieser Forschungsergebnisse findet man in der Meta-Studie von Hattie und Marsh<sup>75</sup>, die den messbaren Zusammenhang der Lehr- und Forschungsqualität aus 58 unabhängigen Arbeiten zusammenfasst (1996, 2002). Die Bildungsforscher zeigen in ihrer Studie, dass die große Mehrheit der Arbeiten keinen Zusammenhang zwischen der Lehr- und der Forschungsqualität an Hochschulen erkennt. Aus einer rein didaktischen Perspektive lässt sich die Existenz systematischer Synergieeffekte in der gemeinsamen Bereitstellung der Hochschulmissionen also bezweifeln.

Die *ökonomisch-finanzwissenschaftliche* Sicht auf die Forschungsfrage wurde dagegen weniger klar beantwortet. Sie betrachtet nicht nur die Ausprägung der Outputs, sondern versucht, diese im Sinne einer Effizienzbetrachtung mit den für ihre Produktion aufgewendeten Ressourcen („Inputs“) ins Verhältnis zu setzen. Die wirtschaftswissenschaftliche Unterdisziplin, die sich mit Input-Output Verhältnissen beschäftigt, ist die *Produktionsökonomie*. Sie unterscheidet wiederum zwischen zwei üblichen methodischen Herangehensweisen der empirischen Effizienzanalyse: Die lineare Optimierung aus dem Bereich des Operations Research<sup>76</sup> und die ökonometrische Schätzung der Produktionsfunktion (Coelli et al. 2005). Im Folgenden wird sich diese Arbeit auf die Literatur der *ökonometrischen* Methode, der sogenannten Stochastic Frontier Analyse (SFA), beschränken.

Die SFA schätzt Funktionsparameter, die die Input-Output Verhältnisse des jeweiligen Produktionsprozesses möglichst gut abbilden sollen. Dabei unterscheidet sie sich im Vergleich zu klassischen Regressionsmethoden dadurch, dass sie die Ineffizienz der einzelnen Produzenten explizit in ihrer Modellierung berücksichtigt (eine detaillierte Betrachtung folgt

---

<sup>75</sup> Es handelt sich hierbei also um einen, übrigens fast ebenso häufig zitierten, Vorgänger der berühmten „Hattie-Studie“ (Hattie 2003) über die Treiber der Lehrqualität an Schulen.

<sup>76</sup> In diesen Bereich fallen insbesondere Arbeiten, die methodisch mit der Data Envelopment Analyse (DEA) arbeiten.

in Kapitel 11.1). Nach der Entdeckung der Methode Ende der 70er Jahre (Aigner et al. 1977, Meeusen und Van den Broeck 1977) dauerte es etwa weitere zehn Jahre, bis die klassische SFA Anwendungsstudie zum Hochschulwesen folgte (Cohn et al. 1989). Seither haben Hochschulforschende aus verschiedenen Ländern SFA Ansätze genutzt, um Verbundeffekte in Hochschulen zu untersuchen (siehe Tabelle 12).

**Tabelle 12: Übersicht von SFA Studien, die Verbundeffekte im Hochschulwesen untersuchen**

Studie	Methode	Land	Skaleneffekte	Verbundeffekte
Koshal und Koshal (1999)	Kostenfunktion	USA	+/ $\circ$ (Volluniv./Sonstige)	+ Bachelor, Master, Drittmittel
Izadi et al. (2002)	Kostenfunktion	England	$\circ$	– Studierende Arts/Science
Laband und Lentz, (2003)	Kostenfunktion	USA	+	+ Bachelor, Master, Drittmittel
Longlong et al. (2009)	Kostenfunktion	China	$\circ$	+ Bachelor, Master, Drittmittel
(Agasisti & Johnes, 2010) (2010)	Kostenfunktion	Italien	$\circ$	+ insgesamt – Einzelkomponenten
Worthington und Higgs (2011)	Kostenfunktion	Australien	+/- (mittel, klein/groß)	+ Bachelor, Master, PhD, Drittmittel – Publikationen
Johnes & Schwarzenberger (2011)	Kostenfunktion	Deutschland	$\circ$	– Science, Arts, PhD, Drittmittel
Johnes (2010)	Outputdistanz	England	nicht geschätzt	– Bachelor + Sonstige
Nemoto und Furumatsu (2014)	Inputdistanz	Japan (privat)	+	+ große Unis – Sonstige (Bachelor, Master, Drittmittel)
Olivares und Wetzell (2014)	Inputdistanz	Deutschland	+	+ Studierende Arts/Science
Johnes (2014)	Outputdistanz	England	+ erhöhte Effizienz durch Hochschulfusion	

Ein vergleichender Blick auf die einschlägige Literatur verrät, dass die älteren Studien den Produktionsprozess im Hochschulwesen weitgehend als Kostenfunktion modellieren. Dieser Ansatz entspricht der klassischen Arbeit von Cohn et al. (1989). Die Ausgaben der einzelnen Hochschulen stellen in diesem Modell die abhängige Variable der Regression dar. Diese soll sodann durch Regressoren wie beispielsweise der Anzahl der technischen („Science“) und nicht-technischen („Arts“) Studierenden oder der Drittmittel als Proxy der Forschungsleistung erklärt werden. Neuere Studien weichen verstärkt vom klassischen

Ansatz ab und modellieren den Produktionsprozess zumeist als Distanzfunktion. Während die Kostenfunktion nur eine Inputvariable zulässt<sup>77</sup>, kann man mit einer Distanzfunktion zugleich mehrere Inputs und mehrere Outputs berücksichtigen. Zudem stützt sich die Schätzung der Kostenfunktion in ihrer theoretischen Fundierung eigentlich auf die Annahme, dass die Produzenten ihre Kosten minimieren (siehe auch 10.2). Dies lässt sich für die Hochschulbranche bezweifeln (Olivares und Wetzel 2014).

Man erkennt, dass sich die geschätzten Verbundeffekte durchaus unterscheiden. Es ist also davon auszugehen, dass die zugrundeliegenden Zusammenhänge zwischen verschiedenen Ländern und Modellvariablen variieren. Insbesondere die unterschiedlichen Ausprägungen der beiden Studien über die deutsche Hochschullandschaft (Johnes und Schwarzenberger 2011, Olivares und Wetzel 2014) zeigen, dass die Literatur noch keine endgültige Antwort auf die Fragestellung dieser Arbeit gefunden hat.

Die folgende Arbeit erweitert die Literatur in dreierlei Hinsicht. Erstens sollen die Verbundeffekte deutscher Hochschulen zum ersten Mal mithilfe einer Outputdistanzfunktion geschätzt werden. Im Gegensatz zur Inputdistanzfunktion geht dieser Ansatz davon aus, dass sich Hochschulen als Outputmaximierer und nicht als Inputminimierer verhalten<sup>78</sup>. Zweitens liegen der Arbeit die Mikrodaten der Zitationsleistung der individuellen Hochschulen zugrunde. Diese Datenbasis ermöglicht es das erste Mal, die Drittmittel nicht als Proxy der Forschungsleistung, sondern als das, was sie eigentlich sind, nämlich als Inputvariable, zu betrachten. Drittens werden die abgeleiteten Kennzahlen zur Untersuchung von Verbundeffekten zumeist anhand hypothetischer Variablenwerte („x-mal der Durchschnittswert der Variablen“) berechnet. Die Clusteranalyse (6.4) ermöglicht es nun, durch die Zentroide der Cluster repräsentativere Referenzpunkte für die Berechnung der Kennzahlen zu finden.

---

<sup>77</sup> Die Modellierung des Produktionsprozesses mit nur einer Outputvariable nennt sich „Produktionsfunktion“.

<sup>78</sup> Es handelt sich um eine Optimierung auf Basis von Schattenpreisen (mehr dazu in 10.2).

## 10 Einführung in die Produktionstheorie

*One way to measure the size of a company, industry, or economy is to determine its output. But a better way is to determine its added value - namely, the relation between the value of its outputs, that is, the goods and services it produces, and the costs of its inputs, such as the raw materials and energy it consumes.*

*- Michael Spence (1973)*

Auch wenn es in der Hochschulbranche weniger offenkundig als in produzierenden Gewerben ist, findet natürlich auch dort ein Produktionsprozess statt: Die Länder stellen wissenschaftliches und administratives Personal ein, versorgen die einzelnen Hochschulinstitutionen mit Gebäuden und finanzieller Ausstattung und erwarten im Gegenzug Dienstleistungen in Form von Forschung und Lehre. Eine solche Beziehung von In- und Outputs lässt sich mithilfe der Produktionstheorie modellieren und ermöglicht eine ökonomische Betrachtung von Produktion und Effizienz im Hochschulwesen.

Die Produktionsökonomie bietet einen theoretischen Rahmen, um einen solchen Produktionsprozess zu analysieren. Im Gegensatz zu einer eher betriebswirtschaftlichen Perspektive abstrahiert sie von der Art und Weise, *wie* produziert wird. Vielmehr betrachtet die Produktionsökonomie den eigentlichen Produktionsprozess als reine Black Box und gewinnt so einen konzentrierten Blick auf das Verhältnis zwischen In- und Outputs. Letztendlich ermöglicht es diese Abstraktion, Rückschlüsse über den Produktionsprozess selbst zu ziehen und bestimmte Prozesseigenschaften abzuleiten.

Das Auftreten von Verbundeffekten stellt eben eine solche Eigenschaft dar. In diesem Fall handelt es sich um die Prozesseigenschaft, dass sich das Input-Output Verhältnis eines Produktionsprozesses systematisch verbessert, wenn mehrere Outputs zugleich produziert werden. Verbundeffekte treten also beispielsweise dann auf, wenn eine diversifizierte Hochschule pro wissenschaftlicher Publikation oder pro ausgebildetem Student weniger finanzielle Mittel benötigt als ihre spezialisierten Konkurrenten.

Im Folgenden soll eben jener produktions-theoretische Modellrahmen eingeführt werden, mit-hilfe dessen sich der universitäre Produktionsprozess modellieren lässt. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es zunächst einer Definition der grundlegenden Konzepte, aus denen sich das Modell im Einzelnen zusammensetzt. Das Unterkapitel 10.1 stellt diese Grundkonzepte vor. Das Unterkapitel 10.2 ergänzt die Komponenten der Ineffizienz und der Produktion mit mehreren In- und Outputs. Unterkapitel 10.3 zeigt schließlich, wie man die Existenz von Verbundeffekten innerhalb des Modellrahmens bemessen kann.

## 10.1 Modelleinführung

### 10.1.1 Die Produktionstechnologie

Eine Produktion kann als Umwandlungsprozess verschiedener Inputs in einen oder mehrere Outputs verstanden werden. Die Formulierung der Grenzen, innerhalb derer sich eine solche Umwandlung bewegt, nennt sich *Technologie*:

Sei  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)$  ein Vektor von  $N$  Inputs und  $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_M)$  ein zweiter Vektor von  $M$  Outputs, dann umfasst eine Technologie  $T$  die folgende Menge an Kombinationen von  $\mathbf{x}$  und  $\mathbf{y}$  (Färe und Primont 1995):<sup>79</sup>

$$T = \{(\mathbf{x}, \mathbf{y}) : \mathbf{x} \in \mathfrak{R}_+^N, \mathbf{y} \in \mathfrak{R}_+^M, \mathbf{x} \text{ kann } \mathbf{y} \text{ produzieren}\} \quad (12)$$

Eine Technologie kann aus zwei Perspektiven betrachtet werden. Zum einen beschreibt sie, wie viel Output mit einer bestimmten Menge an Input produziert werden kann; zum anderen, wie viel Input für die Produktion einer bestimmten Menge an Output mindestens benötigt wird.

Im Sinne der Komplexitätsreduktion beschränkt sich das folgende Modell auf eine *Outputperspektive*. Diese Ausrichtung trifft die grundlegende Annahme, dass Hochschulen tendenziell als Outputmaximierer agieren. Das bedeutet, dass Hochschulen daran gemessen werden, wie viel sie mit den ihnen zur Verfügung gestellten Ressourcen erreichen. Diese Verhaltensannahme steht insbesondere der des Inputminimierers entgegen, welche

---

<sup>79</sup> Im Folgenden werden Vektoren durch eine dicke Formatierung von Skalaren unterschieden.

implizieren würde, dass Entscheidungsträger in Universitäten versuchen, gegebene Dienste zu minimalen Kosten zu erbringen.

Die Formulierung einer Technologie aus Outputperspektive heißt *Produktionsmöglichkeit*  $P(\mathbf{x})$ <sup>80</sup>.  $P(\mathbf{x})$  umfasst alle produzierbaren Outputkombinationen für ein bestimmtes Bündel  $\mathbf{x}$ . So kann sie in abhängiger Form als Menge ausgedrückt werden:

$$P(\mathbf{x}) = \{\mathbf{y}: (\mathbf{x}, \mathbf{y}) \in T\} \quad (13)$$

Zur konkreten Modellierung des Konzepts werden typischerweise bestimmte Annahmen an die Form der Beziehung gestellt, die eine Technologie beschreibt (Coelli et al. 2005)<sup>81</sup>:

- (i)  $\mathbf{x} = \mathbf{0} \Rightarrow P(\mathbf{x}) = \{\mathbf{0}\}$ , das heißt, Inputs sind die Voraussetzung dafür, dass etwas produziert werden kann;
- (ii) Outputs sind frei entsorgbar: Wenn  $\mathbf{y} \in P(\mathbf{x})$  und  $\mathbf{y}' \leq \mathbf{y}$  dann  $\mathbf{y}' \in P(\mathbf{x})$ ; <sup>82</sup>
- (iii) Inputs sind frei entsorgbar: Wenn  $\mathbf{y}$  von  $\mathbf{x}$  produzierbar ist, dann ist  $\mathbf{y}$  auch von allen  $\mathbf{x}' \geq \mathbf{x}$  produzierbar. <sup>83</sup>

Aus der freien Entsorgbarkeit folgt insbesondere, dass  $P(\mathbf{x})$  immer auch nichts produzieren kann<sup>84</sup>, und dass sich die Produktionsmöglichkeiten monoton verhalten (Varian 1992):

*Monotonie:*

- (i) Wenn  $\mathbf{y} \in P(\mathbf{x})$  und  $\mathbf{y}' \leq \mathbf{y}$ , dann  $\mathbf{y}' \in P(\mathbf{x})$ .<sup>85</sup>
- (ii) Wenn  $\mathbf{y} \in P(\mathbf{x})$  und  $\mathbf{x}' \geq \mathbf{x}$ , dann  $\mathbf{y} \in P(\mathbf{x}')$ .

Man bezeichnet eine Technologie also als monoton, wenn die Produktionsmöglichkeiten in ihren Outputs stetig sind und in ihren Inputs stets wachsen (oder zumindest gleich bleiben).

<sup>80</sup>  $P$  und  $T$  sind zwar anders formuliert, aber in ihren Bedeutungen äquivalent.

<sup>81</sup> Dazu kommen die beiden formellen Annahmen der Geschlossenheit und der Begrenztheit.

<sup>82</sup> „Entsorgbar“ bedeutet, dass man einzelne Outputeinheiten kostenfrei wegwerfen könnte. Forschungspapiere sind beispielsweise eine Art von Output, die diese Annahme exemplarisch erfüllt.

<sup>83</sup> Ein Paradebeispiel hierfür sind Finanzierungsmittel.

<sup>84</sup> Damit ist der Ursprung immer auch ein Teil der Produktionsmöglichkeiten.

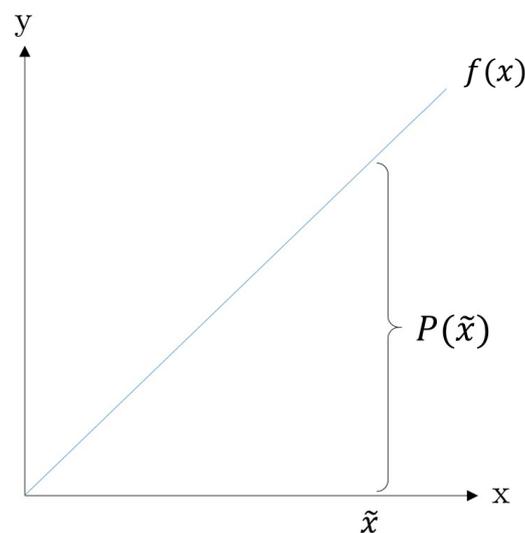
<sup>85</sup> „ $\mathbf{y}' \leq \mathbf{y}$ “ bedeutet im Falle von Vektoren  $y'_i \leq y_i \forall$  Vektorkomponenten  $i$ .

Die Produktionsmöglichkeiten umfassen sowohl technisch effiziente als auch technisch ineffiziente Outputbündel. Technisch effiziente Produktionen reizen die Technologie in einer von zwei Weisen aus. *Inputeffiziente* Produktionen beschreiben alle Kombinationen  $(\mathbf{x}, \bar{\mathbf{y}})$ , bei denen ein fixer Outputvektor  $\bar{\mathbf{y}}$  mit den minimal dafür benötigten Inputs produziert wird. *Outputeffiziente* Produktionen beschreiben hingegen den umgekehrten Fall  $(\bar{\mathbf{x}}, \mathbf{y})$ , bei dem der Output für einen gegebenen Input maximal ist (Schwalbach 2014). Für die Output-Orientierung in dieser Arbeit lautet die entscheidende Definition also wie folgt:

*Technische (Output-)Effizienz:  $\mathbf{y} \in P(\mathbf{x})$  ist technisch effizient, wenn für  $\mathbf{x}$  kein  $\mathbf{y}' \neq \mathbf{y}$  existiert, sodass  $\mathbf{y}' \in P(\mathbf{x})$  und  $\mathbf{y}' \geq \mathbf{y}$ .*

### 10.1.2 Die Produktionsfunktion

Die vorgestellten Grundannahmen ermöglichen nun die folgende Darstellung der Produktionsmöglichkeiten. Im einfachsten Fall mit nur einem Output und einem Input können sie wie in Abbildung 16 dargestellt werden. Eine exemplarische lineare Technologie würde dann für eine Input-Ausprägung  $\tilde{x}$  die Produktionsmöglichkeiten  $P(\tilde{x})$  eröffnen.



**Abbildung 16: Produktionsmöglichkeiten für ein Output und ein Input bei linearer Technologie.**  $P(\tilde{x})$  umfasst in diesem Fall eine Menge von möglichen Outputs und zwar alle Werte kleiner oder gleich dem Funktionswert  $f(\tilde{x})$ .  $f(\tilde{x})$  ist also der maximale Output für einen gegebenen Input  $\tilde{x}$  und stellt damit den technisch effizienten Output dar.

Wenn eine Unternehmung nur ein Gut produziert, lassen sich die Produktionsmöglichkeiten auf einen eindeutigen technisch effizienten Wert herunterbrechen und somit auch für ein Bündel von Inputs als *Produktionsfunktion* beschreiben (Färe und Primont 1995).

$$f(\mathbf{x}) = \max_y \{y: (\mathbf{x}, y) \in T\} \quad (14)$$

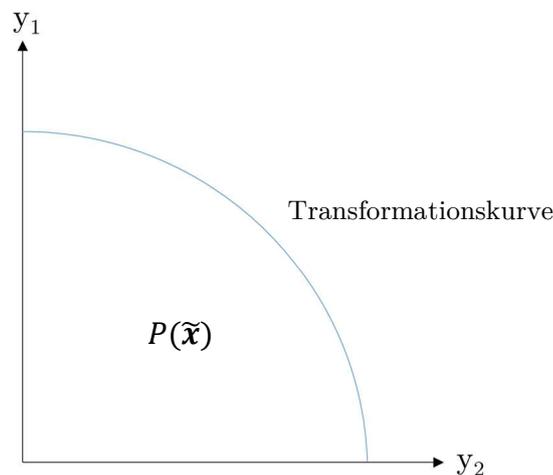
Produktionsfunktionen sind ein nützliches Werkzeug zur Analyse von Technologien im Ein-Output-Fall. Um Verbundeffekte zu beurteilen, muss eine geeignete Methode jedoch definitionsgemäß in der Lage sein, mehrere Outputs zu berücksichtigen.

### 10.1.3 Die Transformationskurve

$P(\mathbf{x})$  lässt sich auch im Falle von zwei Outputs graphisch darstellen (Abbildung 17). Die dargestellte Funktion, die *Transformationskurve* (*TK*), zeigt alle outputeffizienten Kombinationen der Outputs  $y_1$  und  $y_2$ .

$$TK(\mathbf{x}) = \sup\{\mathbf{y}: (\mathbf{x}, \mathbf{y}) \in T\} \quad (15)$$

Der von der Transformationskurve und den Achsen umschlossene Raum entspricht der Menge der Produktionsmöglichkeiten.



**Abbildung 17: Produktionsmöglichkeiten im Zwei-Output-Fall für ein fixes Inputbündel.**

Wie man erkennt, liefert eine Technologie mehrerer Outputs keinen einzelnen eindeutigen technisch effizienten Wert mehr. Vielmehr existiert für jedes Inputbündel eine Menge konkurrierender outputeffizienter Kombinationen. Diese Outputbündel stehen insofern in Konkurrenz zueinander, als ein in einer Dimension größeres Bündel vergleichsweise in

mindestens einer anderen Dimension kleiner sein muss.<sup>86</sup> Ein höherer Output in einer Komponente wird also zwangsläufig durch Rückgänge in anderen erkauft. Diese *Opportunitätskosten* erwachsen aus der Knappheit der Produktionsmöglichkeiten eines fixen Inputbündels. Die Steigung der Transformationskurve, die *Grenzrate der Transformation*  $GRT = \left(-\frac{dy_1}{dy_2}\right)_{y_1, y_2 \in TK(x)}$  misst das Ausmaß der Opportunitätskosten des Outputs  $y_2$  (Gravelle und Rees 2004).

#### 10.1.4 Die Ertragsfunktion

Um wie im Falle der Produktionsfunktion auch eine Rangordnung unter Outputbündeln zu finden, bedarf es einer Zielfunktion, die einzelne Komponenten des Outputvektors gewichtet, um den multidimensionalen auf einen eindimensionalen Fall herunterzuberechnen. Eine *Ertragsfunktion* erreicht dies, indem sie die Güterkombinationen anhand ihrer am Markt erzielbaren Preise  $\mathbf{p} = (p_1, \dots, p_M)$  evaluiert.

$$R(\mathbf{p}, \mathbf{x}) = \max_{\mathbf{y}} \{\mathbf{y}'\mathbf{p} : \mathbf{y} \in \mathbf{P}(\mathbf{x})\} \quad (16)$$

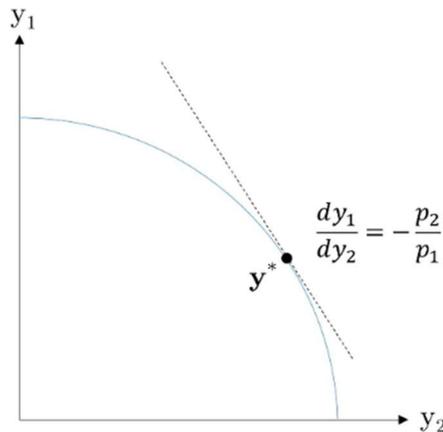
Durch die preislich gewichtete Funktion ändert sich das Verständnis der Opportunitätskosten. Im Zwei-Output-Fall sind sie nun als entgangener Ertrag  $-(p_1 * dy_1)$  einer zusätzlich produzierten Einheit des konkurrierenden Outputs  $dy_2$  zu interpretieren. Die Opportunitätskosten rechnen sich bei einer nach innen gewölbten Transformationskurve so lange, wie sie nicht den zu erzielenden Preis  $p_2$  überschreiten. Im Optimum gilt daher für feste Marktpreise entlang der Transformationskurve:

$$-\frac{p_1 * dy_1}{dy_2} = p_2 \quad (17)$$

---

<sup>86</sup> Wäre dies nicht der Fall, dann hätte das Bündel überhaupt nicht technisch effizient sein können. Ein outputeffizientes Bündel ist immerhin so definiert, dass kein zweites Bündel existiert, das in mindestens einer Komponente größer, in allen anderen jedoch nicht kleiner sein darf als das ursprüngliche. Könnte es nun in einer Komponente ohne gleichzeitige Verluste in anderen wachsen, so würde das diese Definition von Effizienz verletzen.

Graphisch kann das Optimum auch als  $\frac{dy_1}{dy_2} = -\frac{p_2}{p_1}$  und damit als tangentialer Punkt der Transformationskurve mit dem Marktpreisverhältnis (Steigung der *Isoertragslinie*) dargestellt werden (Abbildung 18) (Gravelle und Rees 2004).<sup>87</sup>



**Abbildung 18:** Feststellung des Optimums entlang der Transformationskurve mithilfe einer Ertragsfunktion (eigene Darstellung in Anlehnung an Coelli et al. 2005).

Zusammenfassend wurden in diesem Unterkapitel einige Grundkonzepte der Produktionstheorie vorgestellt. Eine Technologie  $T$  beschreibt die generelle Form der Beziehung zwischen Inputs und Outputs einer Produktion. Aus der Perspektive des Outputmaximierers lässt sich die Technologie nun in Form der Produktionsmöglichkeiten  $P(\mathbf{x})$  ausdrücken, die produzierbare Outputkombinationen eines festen Inputbündels umfassen. Die technisch effiziente Hülle von  $P(\mathbf{x})$  reduziert die Betrachtung auf die beiden Konzepte der Produktionsfunktion (ein Output) und die Transformationskurve (zwei und mehr Outputs). Während im Ein-Output-Fall eine eindeutige technisch effiziente Lösung für jedes Inputbündel existiert, erfordern mehrere Outputs die Suche nach einem Optimum innerhalb der Menge möglicher Lösungen. Die Bewegung entlang der Transformationskurve beschreibt

<sup>87</sup> Die Isoertragslinie kann auch einfach über das Totale Differential hergeleitet werden. Da  $y_1$  und  $y_2$  in der Ertragsfunktion unabhängig sind, gilt ( $\Delta$  ist hier anstelle von  $d$  gewählt, um die Veränderung von der Bewegung entlang der Transformationskurve abzugrenzen):

$$R(y_1, y_2) = p_1 y_1 + p_2 y_2 \rightarrow \Delta R(y_1, y_2) = \frac{\delta R(y_1, y_2)}{\delta y_1} \Delta y_1 + \frac{\delta R(y_1, y_2)}{\delta y_2} \Delta y_2 = p_1 \Delta y_1 + p_2 \Delta y_2$$

Für einen gleichen Ertrag, also die Isoertragslinie:

$$\Delta R(y_1, y_2) = 0 \rightarrow p_1 \Delta y_1 + p_2 \Delta y_2 = 0 \leftrightarrow \frac{\Delta y_1}{\Delta y_2} = -\frac{p_2}{p_1}$$

die Opportunitätskosten der Erweiterung eines Outputs um eine Einheit (die Grenzrate der Transformation). Innerhalb der Menge technisch effizienter Outputbündel kann nach dem Optimum gesucht werden. Die übliche Vorgehensweise liegt dabei im Gebrauch einer Ertragsfunktion, also der Gewichtung der Outputkomponenten mithilfe von Marktpreisen.

## 10.2 Modellerweiterung unter Ineffizienz: Die Output-Distanzfunktion

Die soeben vorgestellten Konzepte wurden im Kontext technischer Effizienz entwickelt. Wenn man die Verhältnisse von In- und Outputs verschiedener Unternehmen, oder in diesem Falle Hochschulen, betrachtet, dann erkennt man jedoch schnell, dass sie sich nicht nur entlang der Transformationskurve voneinander unterscheiden. Manche Hochschulen produzieren besonders ökonomisch und beweisen damit, welches Potenzial die Produktionstechnologie eröffnet. Ein Großteil der Hochschulen fällt infolgedessen zwangsläufig unter die Transformationskurve.

### 10.2.1 Definition der Output-Distanzfunktion

Die unter *technischer Effizienz* eingeführten Konzepte bestehen auch im Fall der *technischen Ineffizienz* weiter. In der Tat eignen sie sich als Startpunkt für die Beschreibung der technischen Ineffizienz, da sich Ineffizienz eben als Grad der Abweichung vom effizienten Fall definiert. Eine Verbindung zwischen beiden Perspektiven kann durch die sogenannte Output-Distanzfunktion geschaffen werden (Shephard 1970):

$$D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \min(\theta: \frac{\mathbf{y}}{\theta} \in P(\mathbf{x})) \quad (18)$$

Die grundlegende Idee der Output-Distanzfunktion ist es, zu beschreiben, wie stark die Komponenten eines Outputbündels gleichmäßig („radial“) ausgeweitet werden können, um gerade noch im Bereich der Produktionsmöglichkeiten (also auf der Transformationskurve) zu liegen. In Abbildung 19 nimmt die Funktion zum Beispiel für den Output  $y_A$  den Wert  $\theta = \frac{\overline{OA}}{\overline{OB}}$  an.

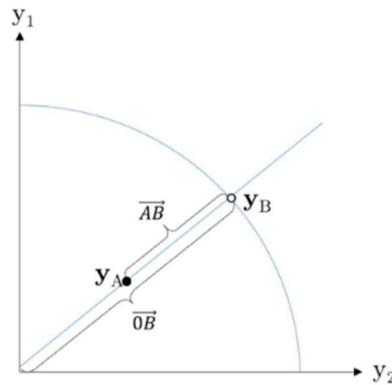


Abbildung 19: Output-Distanzfunktion und Produktionsmöglichkeiten (eigene Darstellung in Anlehnung an Coelli et al. 2005)

Um diese Idee in Form einer konkreten Funktion umzusetzen, müssen bestimmte Anforderungen an das Funktionsverhalten gestellt werden, die sie direkt mit den Modellierungsannahmen der Produktionstechnologie verbindet (Coelli et al. 2005).

(i)-(iii) beschreiben zunächst die Extremwerte der Funktion:

- (i)  $D_o(\mathbf{x}, \mathbf{0}) = 0$ ,
- (ii) Wenn  $\mathbf{y}' \in P(\mathbf{x})$ , dann  $D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y}') \leq 1$ ,
- (iii) Wenn  $\mathbf{y}' \in TK(\mathbf{x})$ , dann  $D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y}') = 1$ .

Für Outputbündel innerhalb der Produktionsmöglichkeiten sollen die Funktionswerte einer Output-Distanzfunktion also immer zwischen 0 und 1 liegen. Ein Wert von 1 impliziert technische Effizienz, ein kleinerer Wert technische Ineffizienz.

Die Eigenschaften (iv) und (v) beschreiben nun, wie sich die Funktion zwischen ihrem Minimal- und Maximalwert in Abhängigkeit ihrer Argumente verhalten soll:

- (iv)  $D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  ist (schwach) monoton-fallend in  $\mathbf{x}$  und monoton-steigend in  $\mathbf{y}$ ,
- (v)  $D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  ist linear homogen in  $\mathbf{y}$ .

$D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  soll so ausgestaltet sein, dass sie mit zusätzlichem Output nicht sinkt, und mit zusätzlichem Input nicht steigt. Im Umkehrschluss heißt das, dass  $D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  ceteris paribus mit mehr Output steigt und mit mehr Input sinkt. Darüber hinaus soll sich der Funktionswert linear homogen zu den Outputs  $\mathbf{y}$  verhalten. Die Annahme dieser Eigenschaft verfolgt den Zweck, die radiale Natur des Konzepts wiederzugeben. So soll die Output-

Distanzfunktion zum Beispiel genau den Effizienzwert von 0,5 ergeben, wenn bei gegebener Inputmenge und für eine bestimmte Outputkombination nur die Hälfte der höchstmöglichen Menge produziert werden kann. Im Umkehrschluss würde dieser Wert bedeuten, dass in einem solchen Fall die Produktion für ein gleiches Inputniveau verdoppelt werden müsste, um technische Effizienz zu erreichen. Die lineare Homogenität garantiert zudem, dass sich die Funktion für verschiedene Outputs skalierungsunabhängig verhält. Das führt dazu, dass auch Outputs mit verschiedenen Einheiten und Skalenbereichen aneinander gemessen und miteinander verglichen werden können.

### 10.2.2 Interpretation der Output-Distanzfunktion

Die Distanzfunktion modelliert die Produktionstechnologie anhand der radialen Abstände einzelner Unternehmungen von der effizienten Hülle. Die Abstandsmetrik kann für Input- und Outputvektoren mit mehreren Komponenten gefunden werden. Die Distanzfunktion bricht also die Produktionsmöglichkeiten von einem multidimensionalen auf einen eindimensionalen Ergebnisraum herunter. Genauso wie die Kosten- oder die Ertragsfunktion kann die Distanzfunktion daher für Messungen und Vergleiche herangezogen werden.

Die Output-Distanzfunktion hebt sich an dieser Stelle von den anderen genannten Funktionsarten in zwei Aspekten ab. Erstens ermöglicht sie den Umgang mit mehreren Outputs *und* mehreren Inputs. Zweitens unterscheidet sie sich in ihren zugrundeliegenden Annahmen (siehe Tabelle 13).

**Tabelle 13: Entscheidende Voraussetzungen für die Anwendung verschiedener Funktionen zur Analyse der Produktionsmöglichkeiten.**

<b>Funktion</b>	<b>Voraussetzung</b>
Produktionsfunktion	Beschränkung auf einen Output
Kostenfunktion	Annahme des Kostenminimierers, Verfügbarkeit von Einkaufspreisen
Ertragsfunktion	Annahme des Outputmaximierers, Verfügbarkeit von Marktpreisen
Output-Distanzfunktion	Annahme des Outputmaximierers (geg. Schattenpreise), konvexe Menge der Produktionsmöglichkeiten

Die grundlegende Annahme der Hochschulen als Outputmaximierer sowie eine Betrachtung mehrerer Outputs legt die Nutzung einer Ertragsfunktion zur Modellierung der

Produktionstechnologie nahe. Die Ertragsfunktion erfordert allerdings die Verfügbarkeit von Marktpreisdaten, die bekanntermaßen für viele Hochschuloutputs nicht existieren.<sup>88</sup>

Einen Ausweg aus diesem Dilemma bietet die Dualitätstheorie (Shephard 1953, 1970). Nach ihr sind die Ertrags- und die Output-Distanzfunktion *dual*, also unter bestimmten Annahmen in ihren Aussagen äquivalent. Im Einzelnen erfordert die Äquivalenz zwei Übergangsbedingungen.

Erstens erfordert die Dualität Konvexität in den Produktionsmöglichkeiten.<sup>89, 90</sup> Diese Voraussetzung lässt sich intuitiv dadurch erklären, dass erst bei einer konvexen effizienten Hülle die tangentielle Ertragsfunktion auf der Menge der Produktionsmöglichkeiten liegt. Andernfalls läge die Isoertragsfunktion in den Produktionsmöglichkeiten und der radial technisch effiziente Punkt wäre für ein implizites Preisverhältnis nicht ertragsmaximierend.<sup>91</sup>

Zweitens müssen die Produzenten (Hochschulen) per Verhaltensannahme ihre Produktionsentscheidung ertragsmaximierend auf Basis von *Schattenpreisen* treffen. Das heißt, dass die Wahl der eigenen Outputkombination auf einem wertschätzungsmaximierenden Kalkül basiert. Wie in Shephard (1970) und McFadden et al. (1978)

<sup>88</sup> Welchen Marktpreis erhält eine Hochschule für die Ausbildung eines Studenten, welchen für eine wissenschaftliche Publikation?

<sup>89</sup>  $P(\mathbf{x})$  ist eine konvexe Menge, wenn für alle Outputbündel  $\mathbf{y}, \mathbf{y}' \in P(\mathbf{x})$  auch für ihre Linearkombinationen gilt  $(1 - \theta)\mathbf{y}' + \theta\mathbf{y} \in P(\mathbf{x})$  (für  $0 \leq \theta \leq 1$ ).

<sup>90</sup> Der Konvexitätsbegriff kann nach gängigem Verständnis im Zusammenhang mit den Produktionsmöglichkeiten missverstanden werden. So wird eine nach innen gewölbte Transformationskurve für gewöhnlich als „konvex“ bezeichnet. Die Linearkombinationen der darauf liegenden Outputbündel sind allerdings eben *nicht* in der Menge der Produktionsmöglichkeiten – eine solche *Menge* ist also auch nicht konvex. Somit stellt eine konkave Transformationsfunktion konvexe Produktionsmöglichkeiten dar. Um dieses Missverständnis zu umgehen, werden die Kurven im Folgenden als „nach innen/außen gewölbt“ bezeichnet.

<sup>91</sup> Die Annahme der Konvexität hält der Realität nicht immer stand und ist daher umstritten (McFadden et al. (1978), Bricc et al. (2004), De Witte und Marques (2011)). Beispielsweise können aufgrund von Skaleneffekten, die die Produktionsmöglichkeitenkurve nach innen wölben, Linearverbindungen produzierbarer Outputbündel außerhalb der Produktionsmöglichkeiten liegen (siehe dazu auch den Exkurs 10.3.3). Für die empirische Umsetzung erwächst aus diesem theoretischen Zusammenhang daher die Notwendigkeit, die Kurvenform zu untersuchen und im Zweifelsfall Konvexität in der Schätzfunktion als Regularitätsbedingung zu erzwingen.

beschrieben, stehen die Distanzfunktion und die Ertragsfunktion  $R(\cdot)$  dann in einer direkten Beziehung zueinander (Färe und Primont 1988, 1995)

$$\begin{aligned} R(\mathbf{x}, \mathbf{p}) &= \max_{\mathbf{y}} \{\mathbf{y}'\mathbf{p} : D_O(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \leq 1\} \\ D_O(\mathbf{x}, \mathbf{y}) &= \sup_{\mathbf{p}} \{\mathbf{y}'\mathbf{p} : R(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \leq 1\} \end{aligned} \quad (19)$$

Ausgedrückt in Worten entspricht die Output-Distanzfunktion einem normierten Ausdruck des Ertrags, wenn dieser auf Basis einer individuellen Preisgewichtung der Outputs maximiert wird. Die Konzepte verhalten sich also proportional zueinander. Die Schattenpreise spiegeln dann wider, in welchem Verhältnis die Wertschätzungen zweier Outputs zueinander stehen.

### 10.2.3 Bewertung der Kurvenform mithilfe der Output-Distanzfunktion

Die vorgestellte Dualität zwischen der Ertrags- und der Output-Distanzfunktion ist der Ausgangspunkt für ein weiteres Modellresultat von Färe und Grosskopf (1990). Sie zeigen, dass sich die partielle Ableitung der Distanzfunktion (nach einem Output) in diesem Falle proportional zu dem Schattenpreis des Outputs verhält<sup>92</sup>

$$\frac{\delta D_O(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_m} \sim p_m^*(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \quad \forall m = 1, \dots, M \quad (20)$$

Da in der Output-Distanzfunktion die konkreten realen Preise unbekannt sind, kann auch der Ertrag nicht explizit beziffert werden. Da es sich bei den Normalisierungsfaktoren der Schattenpreise jedoch um den Ertragswert selbst handelt, kürzen sie sich beim Vergleich zweier partieller Ableitung heraus. Auf diese Weise lässt sich die Grenzrate der Transformation und damit die Form der Transformationskurve direkt über die Output-Distanzfunktion bestimmen.

$$MRT_{mm'} = \frac{\delta D_O(\mathbf{x}, \mathbf{y}) / \delta y_m}{\delta D_O(\mathbf{x}, \mathbf{y}) / \delta y_{m'}} = \frac{p_m^*(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{p_{m'}^*(\mathbf{x}, \mathbf{y})} \quad \forall m, m' = 1, \dots, M. \quad (21)$$

---

<sup>92</sup> Der Schattenpreis wird dabei mit dem Ertragswert normalisiert (Färe und Grosskopf 1990).

In diesem Sinne kann mithilfe der Output-Distanzfunktion untersucht werden, in welchem Verhältnis Hochschulen Outputs transformieren können. So lassen sich Rückschlüsse über die Form der Transformationskurve ziehen. In der empirischen Umsetzung können auf diese Weise die Eigenschaften der Produktionstechnologie analysiert werden, um damit die Ausprägung von Verbundeffekten zu bewerten.

Zusätzlich offenbaren die Schattenpreise, beziehungsweise deren Verhältnisse, die relativen Wertschätzungen einzelner Hochschulen über die an sich preislosen Outputs. Dies ermöglicht eine Gegenüberstellung des Status Quos mit alternativen Bewertungen. So lässt sich eine mögliche Fehlallokation der Mittel im Kontext der Ineffizienz analysieren. Angenommen, politische Entscheidungsträger definierten die eigene Wertschätzungen über die Outputs von Hochschulen in Form von Preisen, dann ließe sich, wie schon in der

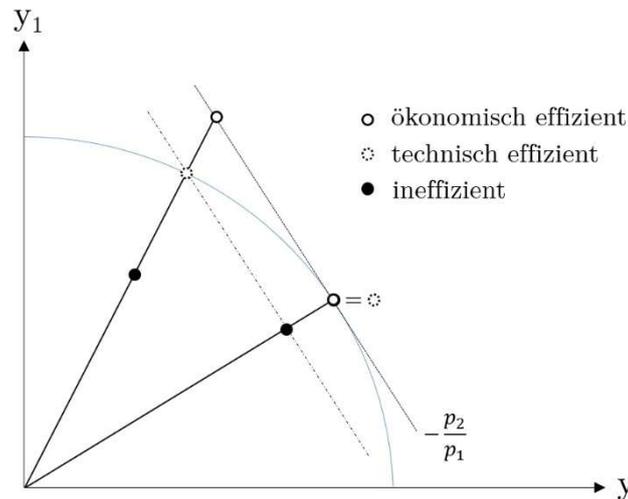


Abbildung 20: Technische und ökonomische Effizienz

klassische Arbeit von Farrell (1957) beschrieben, die gesamte ökonomische Ineffizienz in einen technischen und einen allokativen Teil zerlegen<sup>93</sup> (Abbildung 20). Wie in 10.1.34 dargestellt, verläuft die zur Transformationskurve tangente Isoertragslinie durch das im Ertrag maximale Outputbündel. Eine Abweichung von diesem Punkt schließt zwar nicht aus, dass die Unternehmung technisch effizient produziert, allerdings erzielt sie geringere Erträge – das Outputbündel ist in diesem Sinne *allokativ ineffizient*. Die ökonomische

<sup>93</sup> Farrell nannte diese Form der Effizienz ursprünglich Preiseffizienz. Mittlerweile hat sich jedoch der Ausdruck der *allokativen Effizienz* durchgesetzt.

Ineffizienz kann nun über die radiale Abweichung zwischen den einzelnen Parallellinien untersucht werden, da auf einer Isoertragslinie definitionsgemäß Outputbündel mit dem gleichen Ertrag liegen. Auf diese Weise können Bündel mit unterschiedlichen Outputquotienten miteinander verglichen werden.<sup>94</sup> Beispielsweise gleichen sich die ökonomischen Effizienzwerte der beiden Punkte, die auf der unteren Isoertragslinie liegen<sup>95</sup> – auch wenn nur einer technisch-effizient produziert (Abbildung 20).

### 10.3 Modellanwendung: Quantifizierung der Funktionseigenschaften

Die theoretische Vorarbeit ermöglicht nun die Auseinandersetzung mit der zentralen Idee der Arbeit – der organisationalen Spezialisierung und Diversifikation von Hochschulen. Die Schätzung einer Output-Distanzfunktion und ihrer Schattenpreise kann dazu genutzt werden, verschiedene Kennzahlen zur Messung von Verbundeffekten herzuleiten.

#### 10.3.1 Verbundeffekte

Verbundeffekte werden in der Literatur meist als *Economies of Scope* übersetzt. Die Unterscheidung von Output- und Inputperspektive offenbart jedoch eine nuanciertere Abgrenzung zwischen den beiden Termen. Die klassische Definition der *Economies of Scope* geht dabei auf Panzar und Willig (1981) zurück:

*Verbundeinsparungen (Economies of Scope): Betrachte eine Teilmenge von Outputkomponenten  $\mathbf{y}_S$  aus  $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_M)$  mit  $S \subseteq \{1, \dots, M\}$ . Verbundeinsparungen treten dann bei der Produktion von  $\mathbf{y}_S$  auf, wenn für die Kostenfunktion  $C(\cdot)$ <sup>96</sup> gilt, dass  $\sum_{j \in S} C(y_j) > C(\mathbf{y}_S)$ .*

Mit anderen Worten fallen für die simultane Produktion eines bestimmten Outputbündels geringere Kosten an als bei der separaten Produktion von dessen Einzelkomponenten. Diese

<sup>94</sup> Bündel mit dem gleichen Outputquotienten liegen in der Darstellung (Abbildung 20) auf demselben Strahl aus dem Ursprung.

<sup>95</sup> Das gilt für eine konkrete Wertschätzung  $(p_2, p_1)$ .

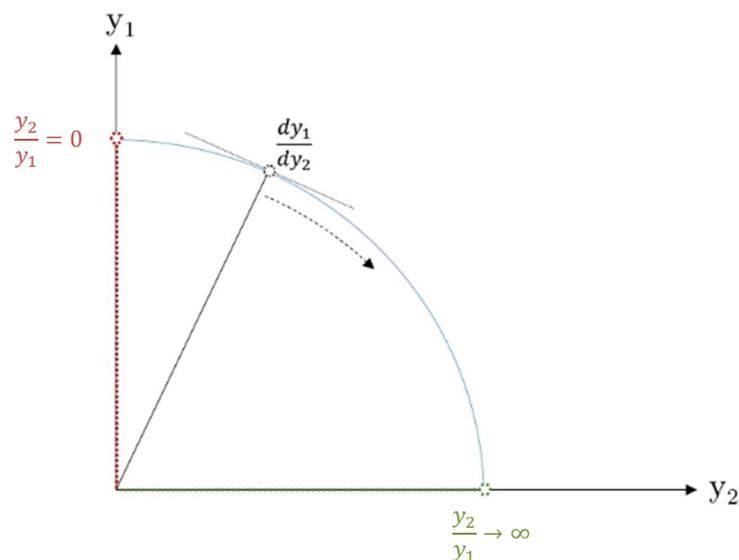
<sup>96</sup>  $C(\mathbf{y})$  steht für die Kostenfunktion  $C(\mathbf{y}) = \min_{\mathbf{x}} \{\mathbf{x}' \mathbf{p}_1: \mathbf{x} \text{ kann } \mathbf{y} \text{ produzieren} | \mathbf{y}\}$ , wobei  $\mathbf{p}_1$  einen Vektor der Inputpreise darstellt.

Definition basiert auf der Betrachtung der Kostenverläufe und nimmt daher eine Inputperspektive ein.

Aus der Outputperspektive ergibt sich eine alternative Interpretation von Verbundeffekten, die ich im Kontrast zu den Verbundeinsparungen *Verbunderträge* nennen möchte:

*Verbunderträge: Betrachte eine Teilmenge von Inputkomponenten  $\mathbf{y}_S$  aus  $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_M)$  mit  $S \subseteq \{1, \dots, M\}$ . Verbunderträge treten dann bei der Produktion von  $\mathbf{y}_S$  auf, wenn für die Ertragsfunktion  $R(\cdot)$  gilt, dass  $\sum_{j \in S} R(y_j) < R(\mathbf{y}_S)$ .<sup>97</sup>*

Eine Produktionstechnologie erzielt also Verbunderträge, wenn sie bei einer simultanen Produktion mehrerer Outputs einen höheren Ertrag generiert als bei einer separaten. Aufgrund fixer Preise treten solche Verbundeffekte dann auf, wenn Komplementaritäten in der Produktion der Outputs herrschen und sich die Produktionsmöglichkeiten nach außen wölben. Die Bewertung von Verbunderträgen erfordert somit eine Untersuchung der Form der Transformationskurve.



**Abbildung 21:** Der Outputquotient („Strahl“) in seiner doppelten Rolle als Indikator für Spezialisierung und als „Abtaster“ der Transformationskurve.

Als Grundlage dieser Untersuchung dient der Quotient zweier Outputs  $y_m/y_n$ . In der graphischen Darstellung kann man sich diesen Quotienten als Strahl aus dem Ursprung

<sup>97</sup> Es stellt sich hier die interessante Forschungsfrage, wann Verbunderträge und Verbundeinsparungen äquivalent zueinander sind?

vorstellen. Alle von ihm markierten Outputkombinationen teilen denselben Quotienten. Strahlen in der Nähe der Achsen, also sehr hohe Quotienten oder solche nahe der Null, beschreiben spezialisierte Outputverhältnisse. Die Form der Transformationskurve kann mithilfe der Ableitungen entlang derselben beschrieben werden. Die Steigungen verändern sich dabei für verschiedene Outputkombinationen. Wie ein Radar kann der Strahl bzw. der Quotient dabei verschiedene Punkte auf der Hülle „abtasten“ (Abbildung 21).

### 10.3.2 Kennzahlen

Die Grenzrate der Transformation  $MRT_{m/m'} = \frac{p_m^*(x,y)}{p_{m'}^*(x,y)}$  misst das Verhältnis, zu dem zwei Outputs transformiert werden können. Damit entspricht  $MRT_{m/m'}$  den Opportunitätskosten in Einheiten von Output  $m$ , wenn ein weiterer Output  $m'$  produziert werden soll. Die Grenzrate der Transformation ist per se kein Indikator für die Existenz von Verbundeffekten, da sowohl nach innen als auch nach außen gewölbte Transformationskurven hohe und niedrige Ableitungen aufweisen. Im Falle von positiven Verbundeffekten ist die Steigung (und damit die Ableitung) der Transformationskurve im Betrag zunächst gering und steigt danach mit dem Outputverhältnis kontinuierlich an. Bei einer linearen Transformationskurve ist die Steigung dagegen konstant (Abbildung 22).<sup>98</sup>

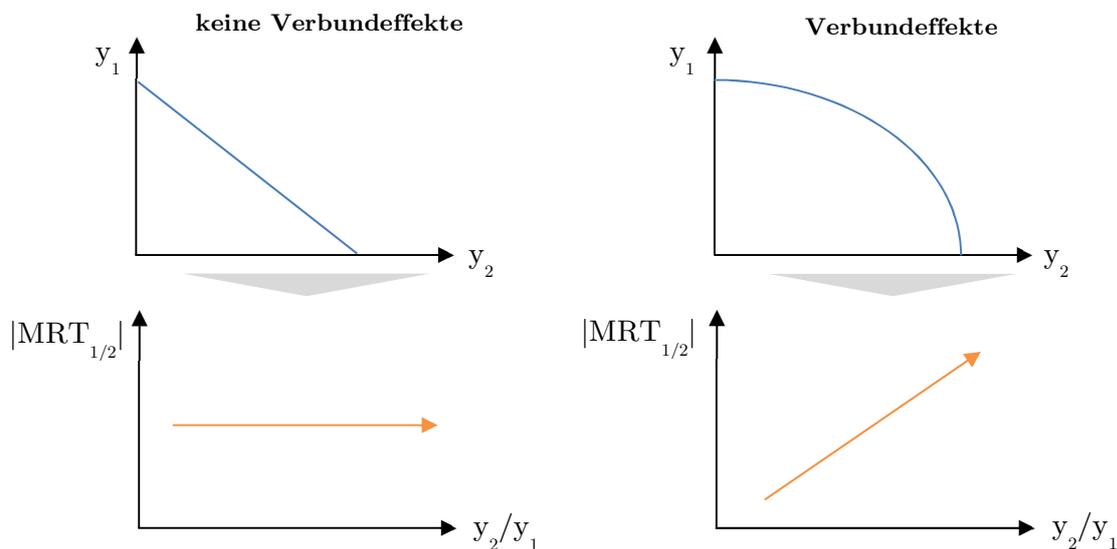


Abbildung 22: Zusammenhang zwischen der Form der Transformationskurve und der Entwicklung der Grenzrate der Transformation bei einem sich ändernden Outputquotienten („Strahl“).

<sup>98</sup> Bei einer nach innen gewölbten Kurve ist die Steigung sogar betragsmäßig fallend.

Entscheidend für die Beurteilung von Verbundeffekten ist also die Veränderung der Produktionsmöglichkeiten und damit ein Effekt zweiter Ordnung. Solche Veränderungen werden in einigen empirischen Arbeiten zur Messung von Verbundeffekten (z.B. Grosskopf et al. 1995, Paul et al. 2000, Johnes 2010) mithilfe der Morishima-Elastizität untersucht (Blackorby und Russell 1989):

$$M_{m/m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = -\frac{d \ln[D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})/D_{m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})]}{d \ln[y_m/y_{m'}]} = y_m \left( \frac{D_{mm'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{D_{m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})} \right) - y_m \left( \frac{D_{mm}(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})} \right) \quad (22)$$

Die Morishima-Elastizität misst die Veränderung in der prozentualen Steigung der Transformationskurve (bzw. die in der Veränderung der Schattenpreise), die aus einer einprozentigen Erhöhung des Outputverhältnisses zugunsten von  $y_m$  resultiert. In anderen Worten identifiziert die Kennzahl, um wie viel Prozent sich die Grenzrate der Transformation durch einen (prozentualen) Schwenk des Quotientenstrahls ändert.<sup>99</sup> Eine nach außen gewölbte Transformationskurve weist so eine betragsmäßig fallende Grenzrate der Transformation auf. In diesem Falle wird der Zähler negativ und der Gesamtausdruck positiv (Johnes 2010). Die Morishima-Elastizität spricht dann für die Existenz von Verbundeffekten. Wenn die Transformationskurve dagegen eher linear verläuft, liegt  $M_{mm'}$  um null oder liefert sogar negative Werte. In der zweiten Umformung wird deutlich, dass die Kennzahl aus der Perspektive eines Outputs formuliert ist. Daher ist  $M_{mm'}$  allgemein nicht symmetrisch, also  $M_{m/m'} \neq M_{m'/m}$ . Diese Eigenschaft folgt aus der wünschenswerten Natur der Kennzahl, dass sie nicht nur den zweidimensionalen Raum, sondern verschiedene Dimensionen und damit verschiedene Verlaufsrichtungen abbildet (Grosskopf et al. 1995).

### 10.3.3 Exkurs: Skaleneffekte

Skaleneffekte fallen zumeist in einem Atemzug mit Verbundeffekten. Auch wenn beide Effekte sich per Definition eindeutig unterscheiden, können sie je nach Situation und Interpretation miteinander verschwimmen. Eine Hochschule kann beispielsweise Skaleneffekte erschließen, indem sie ihre Studierendenschaft vergrößert und dadurch eine

---

<sup>99</sup> Man bemerke in diesem Kontext die umgekehrte Definition im Nenner.

Fixkostendegression zentraler Einrichtungen wie der Universitätsverwaltung ausnutzt.<sup>100</sup> Wird eine solche Zunahme der Studierendenzahlen jedoch durch die Erweiterung des Studienangebots ausgelöst, dann kann der beobachtete Vorteil nicht mehr nur als Skalensondern ebenso als Verbundeffekt interpretiert werden.

Wenn positive Skaleneffekte zu einer Spezialisierung führen, können Skalen- und Verbundeffekte auch eine vermeintlich gegensätzliche Rolle einnehmen. Die zugrundeliegende Logik ist, dass positive Skaleneffekte zunehmende Grenzvorteile in einem Output mit sich bringen. Dadurch kann es sich nach der ersten Produktion immer weiter lohnen, auch zusätzliche Ressourcen für diesen Output zu verwenden. Eine solche Situation kann zu einer spezialisierten Produktion führen – selbst wenn konstante oder leicht positive Verbundeffekte existieren.

Nun ist die Form der Transformationskurve maßgeblich für die Beantwortung der Grundfragestellung. Je stärker ihre äußere Wölbung ausfällt, desto größer sind die Produktionsmöglichkeiten einer simultanen Produktion mehrerer Outputs verglichen mit einer spezialisierten Produktion. Somit spricht eine solche Technologie für eine breite Aufstellung der Hochschulen. Im Folgenden soll anhand eines Modells der Einfluss von Skaleneffekten auf die Form der Transformationskurve verdeutlicht werden.

---

<sup>100</sup> Eine Fixkostendegression beschreibt die Aufteilung einmaliger Fixkosten eines skalierbaren Faktors auf eine wachsende Anzahl an Produkt- oder Dienstleistungseinheiten.

## Skaleneffekte und die Transformationskurve

*Skaleneffekte*<sup>101</sup>: Eine Produktionsfunktion  $f(\mathbf{x})$  produziert für ein  $s > 1$  mit ... (23)

*negativen Skaleneffekten, wenn  $f(s\mathbf{x}) < sf(\mathbf{x})$ .*

*positiven Skaleneffekten, wenn  $f(s\mathbf{x}) > sf(\mathbf{x})$ .*

*konstanten Skaleneffekten, wenn  $f(s\mathbf{x}) = sf(\mathbf{x})$ .*

In anderen Worten führt eine proportionale Erhöhung aller Inputs bei negativen Skaleneffekten zu einer unterproportionalen und bei positiven Skaleneffekten zu einer überproportionalen Erhöhung der Produktion (z.B. Hanusch et al. 2013).

Negative Skaleneffekte resultieren aus einem abnehmenden Grenzprodukt, da die ersten Inputeinheiten größere Outputs generieren als spätere. Hinsichtlich der Transformationskurve führen diese abnehmenden Steigerungsraten dazu, dass eine ausgeglichene Produktion hohe Grenzprodukte von beiden Outputs ausschöpft, während eine spezialisierte die hohen anfänglichen Grenzprodukte in einem Output verschenkt. Damit kann eine nach außen gewölbte Transformationskurve auf der kombinierten Betrachtung zweier Produktionen mit negativen Skaleneffekten beruhen.

Alternativ kann diese Kurvenform auch durch Verbundeffekte entstehen, weil in diesem Fall (selbst bei konstanten Skaleneffekten) die verbundene Produktion mehrerer Outputs Synergien mit sich bringt. Das folgende Modell demonstriert das Zusammenspiel von Verbund- und Skaleneffekten anhand einer Technologie mit einem Input und zwei Outputs. Darin wird veranschaulicht, wie je nach Ausprägung der Verbund- und Skaleneffekte, sowohl nach außen, als auch nach innen gewölbte Transformationskurven entstehen können.

---

<sup>101</sup> Diese Definition betrachtet Skaleneffekte gewollt outputseitig. Die klassische Definition von Skaleneffekten konzentriert sich dagegen (wie schon im Fall der Verbundeffekte) auf die Kostenseite. Nach Baumol et al. (1982) produziert eine Technologie mit positiven Skaleneffekten, wenn  $C(sy) < sC(y)$  oder äquivalent, wenn die Durchschnittskosten einer Produktion fallen.

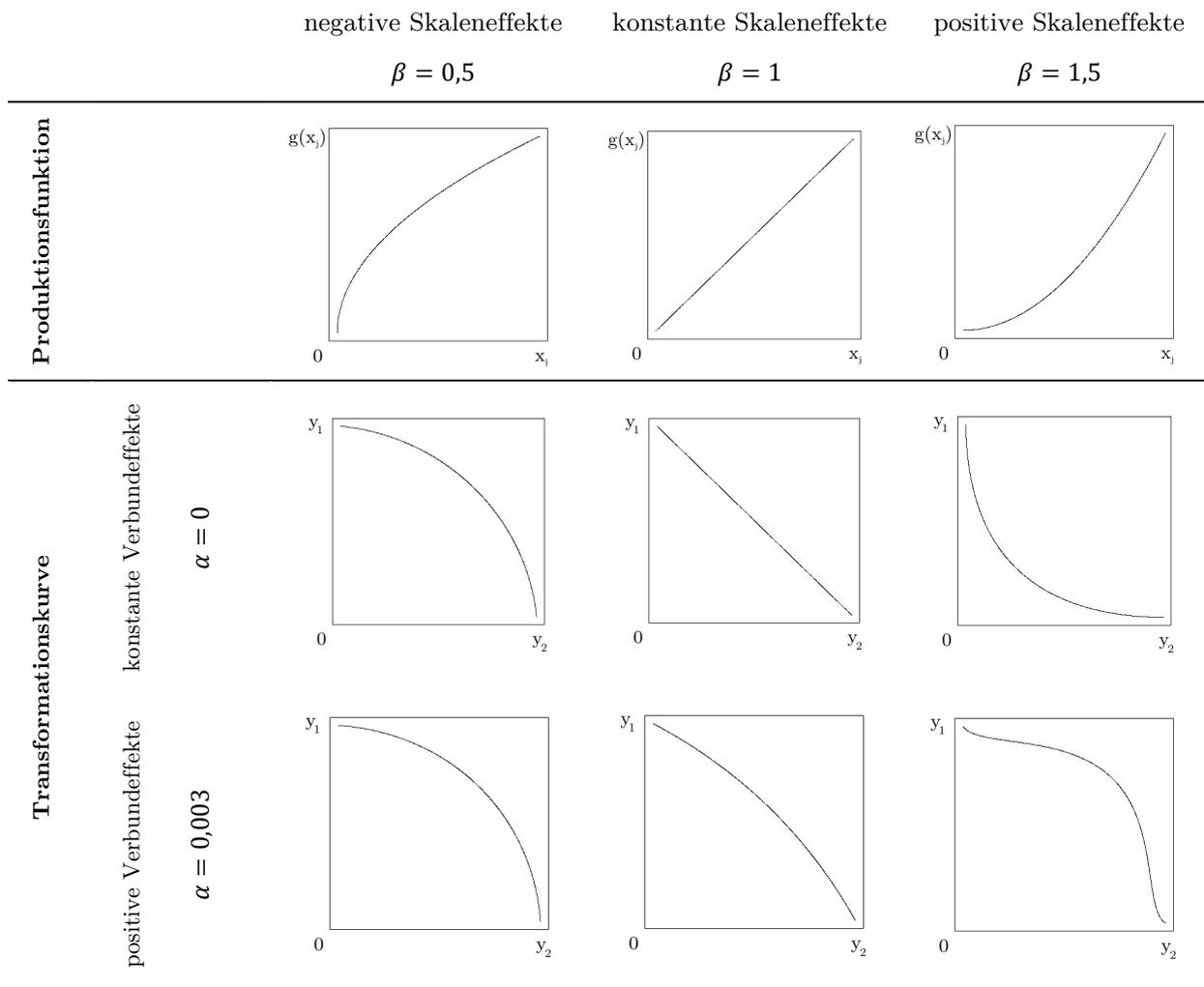
**Exkursmodell: Interaktion von Skalen- und Verbundeffekten**

**Modell:** Exemplarische Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Form der Transformationskurve und der Parametrisierung der Produktionstechnologie:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= f(x_1, x_2) = g(x_1) + \alpha * g(x_1)g(x_2) \\
 y_2 &= f(x_2, x_1) = g(x_2) + \alpha * g(x_2)g(x_1)
 \end{aligned}
 \tag{24}$$

mit  $x_1 + x_2 = x$  und  $g(z) = z^\beta$ ,  $\alpha \geq 0, \beta > 0$

In diesem Szenario ergeben sich beide Outputs aus einer primären Produktionsfunktion  $g(\cdot)$  und einem sekundären Interaktionsterm  $\alpha * g(x_1)g(x_2)$ , der den Grad von Verbundeffekten darstellen soll.  $x_1$  beschreibt dabei den Anteil des Gesamtinputs der auf  $y_1$  verwendet wird. Wenn  $\alpha = 0$ , dann modellieren die Gleichungen eine Produktion ohne Verbundeffekte.



**Abbildung 23:** Ausprägungen der Transformationskurve verschiedener Skalen- und Verbundeffekte.

Wenn  $\alpha > 0$ , dann wird hingegen das Vorhandensein von Verbundeffekten angenommen.  $\beta$  steuert das Skalerverhalten der Grundproduktion.  $0 < \beta < 1$  modelliert eine konkave Produktionsfunktion und reflektiert in diesem Sinne das Gesetz abnehmender Grenzerträge.  $\beta > 1$  modelliert dagegen eine konvexe Produktionsfunktion, also den Fall positiver Skaleneffekte.

Abbildung 23 zeigt graphische Ausprägungen dieses Modells. In der oberen Sektion spiegeln die verschiedenen Formen der Produktionsfunktion wider, welche Art von Skaleneffekten angenommen wird. Im unteren Abschnitt sind die daraus folgenden Transformationskurven aufgeführt. Hier wird zusätzlich zwischen positiven und konstanten Verbundeffekten unterschieden. Unter positiven Verbundeffekten bilden sich also tendenziell nach außen gewölbte Transformationskurven. Damit reflektieren die Graphen die zugrundeliegende Vorstellung, dass eine Technologie mit Verbundeffekten in der Lage ist, ausgewogene Outputbündel besonders effektiv zu produzieren. Unter positiven Skaleneffekten können sie sich allerdings auch nach innen wölben. Der konzentrierte Einsatz des fixen Inputs in nur einen Output führt demnach unter konvexen Produktionsfunktionen zu einer Ausschöpfung von Skaleneffekten. Im Sinne der Logik einer Ertragsfunktion mit festen Marktpreisen (vgl. Abbildung 18) würde ein Randpunkt den höchsten Berührungspunkt mit einer Steigungsgeraden der Preisverhältnisse aufweisen. So legt diese Logik die Spezialisierung in einem der beiden Outputs nahe.

Das Modell demonstriert die Abhängigkeit zwischen den Produktionsfunktionen der Einzeloutputs und der Transformationskurve. Es zeigt, dass Produktionstechnologien selbst ohne die Annahme negativer Verbundeffekte sowohl nach innen als auch nach außen gewölbte Transformationskurven hervorbringen können. Bezüglich der Messung von Verbundeffekten schlägt sich dieses Erkenntnis in zweifacher Weise nieder.

Erstens hinterfragt sie die Konvexität der Produktionsmöglichkeiten und damit die Dualität von Ertragsfunktion und Output-Distanzfunktion. Wenn Skaleneffekte vorliegen, der Output also überlinear in seinen Ressourcen wächst, so ist die Konvexität sowohl für eine

Transformationskurve, als auch entlang mehrerer Inputlevels nicht gegeben. Diese Feststellung unterstreicht die Notwendigkeit einer Untersuchung der Skaleneffekte.

Zweitens betont das Modell die Notwendigkeit, die Auswirkungen von Skalen- und Verbundeffekten auf die Produktionstechnologie voneinander zu trennen, da beide Befunde unterschiedliche Interpretationen mit sich bringen. Wölbt sich die Transformationskurve beispielsweise aufgrund negativer Skaleneffekte in den einzelnen Outputs nach außen, so kann nicht nur eine simultane Produktion, sondern auch eine separate in mehreren kleinen Einzelunternehmungen effiziente Resultate erzielen. Die Aufnahme quadrierter Faktoren stellt eine typische Modellierungsalternative zur Repräsentation von (lokalen) Skaleneffekten dar, mit der Skaleneffekte Einzug in eine Technologie halten.

Zusammenfassend kann die Output-Distanzfunktion also dazu genutzt werden, Eigenschaften der Produktionstechnologie zu untersuchen. Die Funktion ermöglicht die Herleitung der Schattenpreisverhältnisse und kann auf diese Weise dazu genutzt werden, die Form der Transformationskurve zu untersuchen. Effekte erster Ordnung lassen sich über die Kennzahl der Grenzrate der Transformation ermitteln, während Morishima-Elastizitäten zur Bewertung von Effekten zweiter Ordnung herangezogen werden können. Der Zusammenhang zwischen der Form der Transformationskurve und dem Vorherrschen von Verbundeffekten kann durch Skaleneffekte verzerrt werden. Daher empfiehlt sich die Entflechtung verschiedener Effekte durch die Messung von Skalenerträgen. Im nächsten Kapitel folgt die empirische Umsetzung der Theorie, also die Schätzung einer Produktionstechnologie mithilfe einer Output-Distanzfunktion. Auf Basis ihrer parametrischen Ausprägung lassen sich dann die soeben vorgestellten Kennzahlen quantifizieren.

## 11 Die empirische Messung von Verbundeffekten

*“The whole intention of empirical economics is to force theory down to Earth.”*

– George Akerlof

Nach der modelltheoretischen Einführung des vorherigen Kapitels folgt nun die Beschreibung der empirischen Umsetzung des Forschungsvorhabens. Dazu gehören die Spezifikation der zu schätzenden Produktionsfunktion sowie die Berechnung der vorgestellten Kennzahlen auf Basis der Funktionsparameter.

### 11.1 Konzept: Übertragung des theoretischen Modells

Ein Schätzverfahren, das eine empirische Umsetzung des vorgestellten theoretischen Modellrahmens ermöglicht, ist die Stochastic Frontier Analysis (SFA). Dabei handelt es sich um eine ökonometrische Methode zur Schätzung der effizienten Hülle („Frontier“) einer Produktionstechnologie. Die SFA geht auf Arbeiten von Aigner et al. (1977) und Meeusen und Van den Broeck (1977) zurück. Die gemeinsame Idee der Forscher bestand darin, einen zweiten stochastischen Fehlerterm in die Produktionsfunktion aufzunehmen, um damit Ineffizienz innerhalb des Modells wiedergeben zu können. So versuchten die Forscher, zugleich die von Ineffizienzen betroffene Produktionstechnologie zu beschreiben und der stochastischen Natur des Produktionsprozesses Rechnung zu tragen.

Ihr Modell kann man sich wie folgt vorstellen. Angenommen, die in den Daten beobachtbare Produktion  $y_i$  läge im Bereich der Produktionsmöglichkeiten. Sie läge also für ein bestimmtes Inputlevel  $\mathbf{x}_i$  höchstens auf einer maximalen Produktionsgrenze  $f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta})$ , wobei  $\boldsymbol{\beta}$  die konkreten Funktionsparameter darstellen:

$$f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) \geq y_i \tag{25}$$

Dann kann, einer (Shephard-) Distanzfunktion entsprechend, der Output über einen Ineffizienzterm (TE) auf die effiziente Hülle projiziert werden, so dass die Ungleichung bindet:

$$f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) = \frac{y_i}{TE_i} \leftrightarrow y_i = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) * TE_i^{102} \quad (26)$$

Das Modell separiert nun die effiziente Produktionsfunktion und die Ineffizienz, die den Unterschied zwischen der technisch möglichen und der tatsächlichen Produktion ausmacht. Nehmen wir nun an, die Produktion unterläge stochastischen Schwankungen. Dann kann das Modell im Sinne typischer Regressionsgleichungen um einen stochastischen Fehlerterm  $e^{v_i}$  erweitert werden:

$$y_i = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) * e^{v_i} * TE_i, \quad (27)$$

$f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) * e^{v_i}$  stellt hier die *stochastische* Produktionsgrenze dar. Zuletzt wird in der SFA nun auch der Ineffizienzterm als Ausprägung einer Dichtefunktion  $TE_i = e^{-u_i}$  ausgedrückt. Die Abweichung zwischen der deterministischen Produktionsgrenze und den beobachteten Outputs wird so durch einen zusammengesetzten Fehlerterm aus zufälliger Streuung  $v_i$  und Ineffizienz  $u_i$  modelliert (Kumbhakar und Lovell 2003):

$$y_i = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) * e^{\varepsilon_i} \text{ mit } \varepsilon_i = v_i - u_i^{103} \quad (28)$$

$v_i$  und  $u_i$  unterscheiden sich gemäß der an sie gestellten Annahmen. Die  $v_i$  werden typischerweise als symmetrisch um Null verteilte Ausprägungen einer Normalverteilung modelliert ( $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ ). Die  $-u_i$  repräsentieren hingegen die Ineffizienz und folgen daher, den theoretischen Überlegungen entsprechend, einer einseitigen Verteilung. Typischerweise gewählte Verteilungsformen haben daher meist nur eine positive Dichte im Bereich nicht-negativer Ausprägungen. Die wichtigsten Beispiele sind die Halbnormalverteilung  $u_i \sim N^+(0, \sigma_u^2)$  (Aigner et al. 1977), die abgeschnittene Normalverteilung  $u_i \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$  (Stevenson 1980) und die Gamma-Verteilung  $u_i \sim G(p, b)^{104}$  (Greene 1990).

Mithilfe der SFA kann die Form der Produktionstechnologie unter der Annahme einer bestimmten Funktionsform  $f(\cdot)$  durch den Parametervektor  $\boldsymbol{\beta}$  geschätzt werden. Der

<sup>102</sup> Die technische Effizienz ist dann der Anteil der tatsächlich beobachteten Produktion an der maximal möglichen Produktion  $TE_i = \frac{y_i}{f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta})}$ .

<sup>103</sup>  $v_i$  und  $u_i$  müssen sich für eine solche Spezifikation unabhängig voneinander verhalten.

<sup>104</sup> mit dem Skalenparameter  $p$  und dem Formparameter  $b$ .

zusammengesetzte Fehlerterm ermöglicht es darüber hinaus, sowohl die stochastische Streuung als auch das Auftreten von Ineffizienz in der Produktion zu modellieren.<sup>105</sup>

### 11.1.1 Wahl der Funktionsform

Wie bei der Verteilung des Effizienzterms, stehen auch hinsichtlich der Funktionsform des Schätzmodells verschiedene Alternativen zur Auswahl. Traditionell wurden Produktionstechnologien häufig mithilfe von Cobb-Douglas Produktionsfunktionen geschätzt (Cobb und Douglas 1928):

$$f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) = \beta_0 * x_1^{\beta_1} * x_2^{\beta_2} \leftrightarrow \ln f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 \quad (29)$$

Diese Funktionsform ist theoretisch attraktiv, weil sie verschiedene ökonomische Grundkonzepte abbilden kann. So hat die Cobb-Douglas Funktion zum Beispiel zur Abbildung von Nutzenfunktionen<sup>106</sup> oder zur Repräsentation der gesamtwirtschaftlichen Produktion<sup>107</sup> Einzug in volkswirtschaftliche Grundmodelle gehalten. Insgesamt fehlt der Cobb-Douglas Funktion jedoch die Flexibilität, Effekte zweiten Grades in und zwischen den Faktoren in ausreichender Form abzubilden (Berndt und Christensen 1973). Daher werden Produktionstechnologien mittlerweile zunehmend über flexiblere Funktionsformen geschätzt. Beliebte Optionen sind beispielsweise die quadratische Produktionsfunktion (Baumol et al. 1982) und die verallgemeinerte Leontief Produktionsfunktion (Diewert 1971). In dieser Arbeit findet die weit verbreitete *Translog* („Transzendental-logarithmische Produktionsfunktion“ von Christensen et al. 1973) Anwendung:

$$\ln f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_{11}(\ln x_1)^2 + \beta_{22}(\ln x_2)^2 + \beta_{12} \ln x_1 \ln x_2 \quad (30)$$

Die Translog-Funktion umfasst die Summe aller logarithmierten Funktionsargumente und ihrer Kombinationen zweiten Grades. Sie stellt damit eine Verallgemeinerung der Cobb-

---

<sup>105</sup> Die Parameter (z.B.  $\{\boldsymbol{\beta}, \mu_u, \sigma_u^2, \sigma_v^2\}$  für abgeschnitten-normalverteilte Ineffizienzen) lassen sich beispielweise im Rahmen einer Maximum Likelihood Schätzung oder eines Bayesianischen Ansatzes (Van den Broeck et al. 1994) schätzen.

<sup>106</sup> Zur Abbildung abnehmender Grenznutzen (Varian 1992)

<sup>107</sup> Zur Abbildung abnehmende Grenzproduktivität in den Einzelfaktoren bei global konstanten Skaleneffekten (Mankiw 2010)

$f(\lambda \mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) = \lambda f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta})$  ist dann durch eine Cobb-Douglas Funktion erfüllt, wenn  $\sum_i \beta_i = 1$ .

Douglas Funktion dar. Die Parameter der Translog-Funktion können aufgrund der Logarithmen als Elastizitäten zwischen dem Funktionswert und den einzelnen Argumenten interpretiert werden. Die lineare Form erlaubt zudem den Einsatz üblicher Regressionssoftware. Zuletzt ermöglichen die Interaktions- und Quadratterme, ein flexibles Verhalten der Funktion über den Wertebereich der Argumente abzubilden. Damit ist die Funktion kaum in ihrer Aufgabe eingeschränkt, die Daten zu repräsentieren.

### 11.1.2 Herleitung der Schätzfunktion

Die Translog-Funktion wird zunehmend häufig zur empirischen Schätzung einer Output-Distanzfunktion herangezogen. Wie im Theorieteil erläutert, lässt sich so eine Produktionstechnologie aus mehreren Inputs und mehreren Outputs abbilden. Das Translog-Schätzmodell einer Output-Distanzfunktion sieht folgendermaßen aus:

Für die Outputs  $m \in \{1, \dots, M\}$  und die Inputs  $k \in \{1, \dots, K\}$ ,

$$\begin{aligned} \ln D_i = & \alpha_0 + \sum_m \alpha_m \ln y_{mi} + 0.5 \sum_m \sum_n \alpha_{mn} \ln y_{mi} \ln y_{ni} + \sum_k \beta_k \ln x_{ki} + \\ & 0.5 \sum_k \sum_l \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} + \sum_k \sum_m \gamma_{km} \ln x_{ki} \ln y_{mi}, \end{aligned} \quad (31)$$

$D_i$  beschreibt dabei die Shepard Outputdistanz.<sup>108</sup>

Die geforderten theoretischen Annahmen an das Verhalten einer Output-Distanzfunktion (siehe Abschnitt 10.2.1) können  $D_i$  über die folgenden Homogenitätsbedingungen ersten Grades auferlegt werden:

$$\sum_m \alpha_m = 1,$$

$$\sum_n \alpha_{mn} = 0 \text{ für } m = 1, 2, \dots, M,$$

$$\sum_m \gamma_{km} = 0 \text{ für } k = 1, 2, \dots, K,$$

---

<sup>108</sup> siehe Formel (18)

Zudem gelten die Symmetriebedingungen:

$$\alpha_{mn} = \alpha_{nm} \text{ für } m, n = 1, 2, \dots, M,$$

$$\beta_l = \beta_{lk} \text{ für } k, l = 1, 2, \dots, K.$$

Durch die Homogenität ersten Grades kann nun  $sD_i(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = D_i(\mathbf{x}, s\mathbf{y})$ , also die Annahme (v) in Form der Funktion umgesetzt werden. Lovell et al. (1994) nutzen diese Funktionseigenschaft zudem, um die Schätzgleichung mit einer Outputkomponente zu normalisieren, also zum Beispiel mit  $s = \frac{1}{y_1}$ :

$$\begin{aligned} \ln(D_i/y_{1i}) &= \alpha_0 + \sum_{m \neq 1} \alpha_m \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} + 0.5 \sum_{m \neq 1} \sum_n \alpha_{mn} \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} \ln \frac{y_{ni}}{y_{1i}} + \sum_k \beta_k \ln x_{ki} + \\ &0.5 \sum_k \sum_l \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} + \sum_k \sum_{m \neq 1} \gamma_{km} \ln x_{ki} \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} \quad \leftrightarrow \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} -\ln y_{1i} &= \alpha_0 + \sum_{m \neq 1} \alpha_m \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} + 0.5 \sum_{m \neq 1} \sum_n \alpha_{mn} \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} \ln \frac{y_{ni}}{y_{1i}} + \sum_k \beta_k \ln x_{ki} + \\ &0.5 \sum_k \sum_l \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} + \sum_k \sum_{m \neq 1} \gamma_{km} \ln x_{ki} \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} - \ln D_i \end{aligned} \quad (33)$$

Diese Transformation ermöglicht nun die Schätzung der Funktion mit einer Komponente als „abhängiger Variable“ auf der linken Gleichungsseite und damit den Einsatz von konventioneller Software zur Schätzung von Regressionsgleichungen.<sup>109</sup> Zuletzt kann das Modell durch einen symmetrisch verteilten Fehlerterm  $v_i$  ergänzt und die Distanz im Sinne einer SFA als Zufallsvariable ( $u_i = \ln D_i$ ) repräsentiert werden. Die finale stochastische Schätzgleichung lautet dann

$$\begin{aligned} -\ln y_{1i} &= \alpha_0 + \sum_{m \neq 1} \alpha_m \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} + 0.5 \sum_{m \neq 1} \sum_n \alpha_{mn} \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} \ln \frac{y_{ni}}{y_{1i}} + \sum_k \beta_k \ln x_{ki} + \\ &0.5 \sum_k \sum_l \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} + \sum_k \sum_{m \neq 1} \gamma_{km} \ln x_{ki} \ln \frac{y_{mi}}{y_{1i}} + v_i - u_i. \end{aligned} \quad (34)$$

---

<sup>109</sup> Für die empirische Schätzung wurde hier das FRONTIER Package in R von Coelli und Henningsen (2017) verwendet.

### 11.1.3 Berechnung der Kennzahlen

Auf Basis der Parameterausprägungen der Schätzgleichung lassen sich die theoretisch vorgestellten Kennzahlen zur Messung von Skalen- und Verbundeffekten ableiten. Das folgende Unterkapitel beschreibt die konkrete Berechnung der Maße.

Die Translog-Spezifikation bietet an, die Maße durch Elastizitäten auszudrücken. Diese lassen sich leicht aus der Schätzgleichung ermitteln. Da sich die Hülle über den Werteraum nicht einheitlich verhält, können alle Outputelastizitäten in Bezug auf die Werte eines bestimmten Input-Output-Bündels  $(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  berechnet werden:

$$\varepsilon_m(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \delta \ln D(\mathbf{x}, \mathbf{y}) / \delta \ln y_m = \alpha_m + \sum_n \alpha_{mn} \ln y_n + \sum_k \gamma_{km} \ln x_k \quad (35)$$

Die zweiten Ableitungen einer prozentualen Änderung nach den Outputs  $m$  und  $m'$ , nehmen dann praktischerweise die folgende Form an:

$$\varepsilon_{mm'}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = d^2 D(\mathbf{x}, \mathbf{y}) / d \ln y_m d \ln y_{m'} = \alpha_{mm'} \quad (36)$$

Die Berechnung der ersten und zweiten Ableitungen der Distanzfunktion  $D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{\delta D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_m}$  und  $D_{mm'}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{\delta^2 D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_m \delta y_{m'}}$  fallen dagegen bei der Translogspezifikation komplizierter aus.

Die konkreten Herleitungen befinden sich in Anhang A1.

Aus den Werten der Ableitungen und Elastizitäten lassen sich schließlich die vorgestellten Kennzahlen zur Messung von *Verbundeffekten* berechnen:

$$\begin{aligned} \text{Schattenpreise} \quad p_m^*(\mathbf{x}, \mathbf{y}) &= \frac{\delta D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_m} = D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m} * \varepsilon_m(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \\ &= \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m} \left( \alpha_m + \sum_n \alpha_{mn} \ln y_n + \sum_k \gamma_{km} \ln x_k \right) \end{aligned} \quad (37)$$

$$\text{Grenzrate der Transformation} \quad \frac{D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{D_{m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})} = \frac{p_m^*(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{p_{m'}^*(\mathbf{x}, \mathbf{y})} = \frac{\varepsilon_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\varepsilon_{m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})} * (y_{m'} / y_m) \quad (38)$$

$$\text{Morishima-Elastizitäten} \quad M_{m/m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = - \frac{d \ln \left[ \frac{D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{D_{m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})} \right]}{d \ln [y_m / y_{m'}]} = y_m \frac{D_{mm'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{D_{m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})} - y_m \frac{D_{mm}(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})} \quad (39)$$

Die partiellen *Skaleneffekte* lassen sich mithilfe der Inputelastizitäten ermitteln. Diese folgen der gleichen Logik der Outputelastizitäten hinsichtlich eines Inputs  $k$  und eines bestimmten Bündels  $(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  (Balk 2001):

$$\varepsilon_k(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \delta \ln D(\mathbf{x}, \mathbf{y}) / \delta \ln x_k = \beta_k + \sum_l \beta_{kl} \ln x_l + \sum_m \gamma_{km} \ln y_m \quad (40)$$

Die Skalenelastizität bezeichnet dann die prozentuale Veränderung der Distanzfunktion (bzw. des normierenden Outputs) auf die proportionale Erweiterung aller Inputs, also:

$$\varepsilon_x(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = - \sum_k \frac{\delta \ln D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta \ln x_k} = - \sum_k \varepsilon_k(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = - \sum_k [\beta_k + \sum_l \beta_{kl} \ln x_l + \sum_m \gamma_{km} \ln y_m] \quad (41)$$

## 11.2 Daten

Das Modell ermöglicht es, den Produktionsprozess abzubilden. Die konkrete Spezifikation hängt dabei zentral davon ab, welche Variablen man als die entscheidenden In- und Outputs interpretiert, und wie sich diese durch Daten repräsentieren lassen. Die Modellspezifikation dieser Arbeit wird in dieser Hinsicht durch die einleitende Forschungsfrage motiviert, ob im deutschen Hochschulwesen ein sowohl in fachlicher als auch in funktionaler Hinsicht synergetischer Produktionsprozess besteht. Aus diesem Grunde enthält das Modell Outputvariablen, die eine Unterscheidung der fachlichen Produktion vornehmen und solche, die den Output in beiden zentralen Hochschulfunktionen, Lehre und Forschung, abbilden.

### 11.2.1 Inputs und Outputs

Tabelle 14: Beschreibende Definitionen der Input und Outputs des Modells

Variable	Definition
<b>Inputs</b>	
$x_{DM}$	Drittmittel nach Destatis Klassifikation im jeweiligen Jahr (inflationsbereinigt zum Basisjahr 2006; in 1.000 €).
$x_{GM}$	Grundmittel sowie Verwaltungseinnahmen, Zuweisungen und Zuschüsse im jeweiligen Jahr (inflationsbereinigt zum Basisjahr 2006; in 1.000 €).

**Outputs**

$y_{art}$	Anzahl der im jeweiligen Jahr (Wintersemester) immatrikulierten Studierenden der <i>kulturellen</i> Fachbereiche <sup>110,111</sup> Sprach- & Kulturwissenschaften, Kunst & Kunstwissenschaft.
$y_{sc}$	Anzahl der im jeweiligen Jahr (Wintersemester) immatrikulierten Studierenden der <i>technischen</i> Fachbereiche Mathematik & Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften, Agrar-, Forst- & Ernährungswissenschaften, Humanmedizin & Gesundheitswissenschaften, Veterinärmedizin.
$y_{rws}$	Anzahl der im jeweiligen Jahr (Wintersemester) immatrikulierten Studierenden der Rechts-, Wirtschafts- & Sozialwissenschaften.
$y_{zit}$	Anzahl der Zitationen der im jeweiligen Jahr an einer Hochschule veröffentlichten Fachliteratur (Bücher, Journalartikel, Conference Proceedings) im dritten (vollständigen) Kalenderjahr nach Veröffentlichung

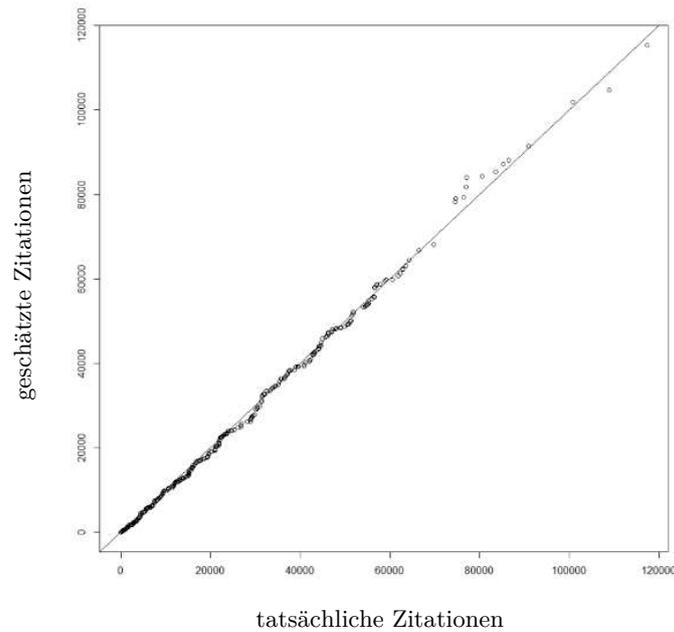
---

Die Outputvariablen, die im Modell den Lehrouput der Hochschulen repräsentieren, sind die Studierendenzahlen aufgeteilt in technische ( $y_{sc}$ : „Science“), kulturelle ( $y_{art}$ : „Arts“) und sozialwissenschaftliche Fachbereiche ( $y_{rws}$ : „Rechts-, Wirtschafts- & Sozialwissenschaften“). Die zugrundeliegende Idee lautet, eine möglichst anerkannte und fachlich entfernte Aufteilung vorzunehmen, die zugleich die gesamte Studierendenschaft berücksichtigt. Mit der Integration dieser Outputvariablen werden zwei Ziele verfolgt. Erstens sollen die Outputs die fachliche Orientierung der Hochschulen und ihre organisationale Ausrichtung der thematischen Breite messen. Zweitens sollen die Studierendenzahlen die Produktivität einer Hochschule im Bereich der Lehre abbilden, um es zu ermöglichen, synergetische Beziehung zur Forschungsaktivität zu untersuchen.

---

<sup>110</sup> ohne Beurlaubte & Gasthörer

<sup>111</sup> nach Destatis Klassifikation



**Abbildung 24: Geschätzte vs. tatsächliche Zitationshäufigkeit im proportionalen Modell (im dritten Jahr nach Veröffentlichung „Lag 3“, siehe Anhang A2)**

Daher wird das Modell auch noch um die dritte Outputvariable, die Zitationszahlen ( $y_{zit}$ ), ergänzt. Genauer wird der Forschungsoutput durch die Anzahl der Zitationen aller wissenschaftlichen Publikationen im (gesamten) dritten Jahr geschätzt. Diese verhält sich nach eigener Auswertung proportional zur Gesamtzitationszahl und dürfte daher die Distanzfunktion aufgrund ihrer linearen Homogenität nicht verzerren. Die Passgenauigkeit eines proportionalen Modells lässt sich in einem Q-Q-Plot darstellen (Abbildung 24). Eine detaillierte Darstellung der zugrundeliegenden Untersuchung befindet sich in Anhang A2.

Die Inputseite bildet dagegen ab, wie viele Ressourcen dazu verwendet werden, den Output zu produzieren. Dafür eignen sich zunächst die finanziellen Mittel, die die Hochschulen für ihre Produktionsleistung im jeweiligen Jahr erhalten. Den größten Anteil davon machen in der deutschen Hochschullandschaft immer noch die Grundmittel ( $x_{GM}$ ) aus, die den Hochschulen durch die Länder zugewiesen werden. Eine zweite, zunehmend wichtige Säule der Hochschulfinanzierung stellen zudem die Drittmittel ( $x_{DM}$ ) dar. Diese werden zwar auch weitestgehend staatlich gestellt (von Bund und Ländern), sie unterscheiden sich allerdings durch ihren bestimmten Leistungsbezug.

Mit der Integration der Drittmittel als Inputvariable unterscheidet sich diese Arbeiten von allen bisherigen ökonometrischen Untersuchungen zur Messung der Hochschulproduktivität

im deutschen Hochschulwesen (Kempkes und Pohl 2010, Johnes und Schwarzenberger 2011, Olivares und Wetzel 2014, Gralka 2018). Vor allem wegen der Schwierigkeit der Gewinnung von individuell-aggregierten Zitationsdaten wurden die Drittmittel zuvor als Proxy für Forschungsleistung und damit als Outputvariable genutzt. Der Zugang zu Zitationsdaten ermöglicht es zum ersten Mal, Drittmittel in ihrer natürlichen Form als Inputvariable zu repräsentieren.

### 11.2.2 Datensatz

Die Untersuchung basiert auf Paneldaten für die Jahre 2007 bis 2013. Der Datensatz umfasst 73 staatliche Universitäten und deckt die Universitätslandschaft damit fast vollständig ab.<sup>112</sup> Universitäten mit Nullwerten in einzelnen Merkmalen konnten aufgrund der multiplikativen Form der Translog-Funktion nicht berücksichtigt werden, da ihre Funktionswerte dann insgesamt zwangsläufig auf den Wert Null fallen. Da diese Spezifikation auch nicht den Produktionsmodellen nicht-universitärer Organisationstypen wie den Fach- oder Kunsthochschulen entspricht, bleiben diese ebenfalls unberücksichtigt. Tabelle 15 zeigt eine Zusammenfassung deskriptiver Statistiken der Modelldaten.

**Tabelle 15: Deskriptive Statistiken der In- und Outputs**

In-/Output (n = 511)	Variable	Mittelwert	Median	Stand. Abw.	Min.	Max.
<b>Inputs</b>						
Drittmittel (€'000)	$x_{DM}$	53.100	43.865	44.024	1.078	246.183
Grundmittel (€'000)	$x_{GM}$	173.790	163.400	99.702	15.625	480.129
<b>Outputs</b>						
Studierende Arts	$y_{art}$	6.067	5.249	4.325	6	21.365
Studierende Science	$y_{sc}$	8.584	7.806	6.146	14	34.990
Studierende RWS	$y_{rws}$	4.790	4.396	2.825	437	13.997
Zitationen	$y_{zit}$	5.661	4.059	5.340	6	28.445

Die Daten für die verwendeten In- und Outputvariablen stammen weitestgehend aus den jährlichen Sonderauswertungen des Statistischen Bundesamtes monetärer und nicht-

<sup>112</sup> Es fehlen die Charité Berlin, die Deutsche Sporthochschule Köln, die Fernuniversität Hagen, die Hafencity Universität Hamburg, die Medizinische Hochschule Hannover, die Tierärztliche Hochschule Hannover, die Universität der Bundeswehr München, die Universität für Verwaltungswissenschaften Speyer und die Universität zu Lübeck.

monetärer Kennzahlen im Hochschulwesen.<sup>113</sup> Die Finanzdaten wurden zum Basisjahr 2006 inflationsbereinigt, um eine systematische Verzerrung der Effizienzwerte durch den allgemeinen Preisniveauanstieg zu vermeiden. Die Statistiken der Universitätskliniken wurden aufgrund fehlender Vergleichbarkeit herausgelassen. Ergänzend zu den Zahlen des Statistischen Bundesamtes konnten die Zitationsdaten der Wissenschaftsdatenbank Scopus (Elsevier) pro Jahr und affilierten Wissenschaftlerinnen so aufbereitet werden, dass sie einer Hochschule pro Publikationsjahr und Zitationsjahr zuordenbar sind.

### *11.2.3 Diskussion*

Die Modellspezifikation unterliegt einigen in der Literatur diskutierten Problemen. Diese sollen im Folgenden kurz angesprochen werden.

Erstens stellt sich die Frage, ob die tatsächlichen Universitätsprodukte ausreichend gut durch die Outputdaten repräsentiert werden. Manche Arbeiten wählen beispielsweise die Anzahl an Absolventen als Outputvariable (z.B. Kempkes und Pohl 2010, Johnes 2014 oder Gralka 2018). Diese Perspektive ist nachvollziehbar, wenn vor allem der Abschluss als Universitätsprodukt verstanden wird. Zudem umgeht diese Outputwahl das Problem, sogenannte Phantomstudierende als Output zu zählen (Teixeira et al. 2012). Auf der anderen Seite bricht dieser Ansatz eine jahrelange Ausbildung auf ein Jahr herunter und unterschätzt die produktiven Lehraktivitäten einer Hochschule zugunsten von Studienabbrechern (Cohn et al. 1989). Zuletzt scheint es für eine fachübergreifende Analyse angebracht, die gesamten Studierendenzahlen zu wählen, da sich die Studiendauer zwischen den Fächern teilweise stark unterscheidet (siehe Fußnote 64). Die Zählung von Absolventen vernachlässigt diesen Effekt. Weiter kann man diskutieren, inwiefern Zitationen sich dazu eignen, den Forschungserfolg einer Hochschule zu messen. Insbesondere die unterschiedlichen Publikationspraktiken verschiedener Fachbereiche werfen hier Zweifel auf.

---

<sup>113</sup> Es handelt sich um die Reihen 4.3.1 (nicht-monetäre Kennzahlen) und 4.3.2. (monetäre Kennzahlen) der Fachserie 11.

In relativer Hinsicht stellt die Outputwahl der Zitationszahlen dagegen einen Fortschritt dar, indem sie die Proxys früherer Arbeiten in vieler Hinsicht ergänzt und oft nur wegen der schwierigen Verfügbarkeit nicht gewählt wurde (Johnes 2014). Insbesondere die Outputwahl „Anzahl Publikationen“ wird durch die Qualitätsadjustierung der Zitationen dominiert. Eine ausführlichere bibliometrische Auseinandersetzung zur Normierung von Fachunterschieden und Praktiken wie der Selbstzitation stellt eine vielversprechende Erweiterung für zukünftige Forschungsarbeiten dar.

Zweitens stellt sich die Frage, ob manche Hochschuloutputs nicht nur unbefriedigend repräsentiert werden, sondern sogar gänzlich fehlen. Das gilt zum Beispiel für die Qualitätsadjustierung des Hochschulprodukts „Lehre“. Diese Problematik ist in erster Linie der fehlenden Verfügbarkeit befriedigender Kennzahlen, die der gesamten Hochschullandschaft gerecht werden können, geschuldet. In Bezug auf das deutsche Hochschulsystem lässt sich dieser Einwand als weniger gravierend einschätzen, da die hiesigen Universitäten in ihrer Qualität im internationalen Vergleich als verhältnismäßig ähnlich gelten (Teichler 2005). Zudem ist die Studierendenzahl nicht gänzlich qualitätsunabhängig, da bedeutende Lebensentscheidungen wie die Studienwahl typischerweise nicht zufällig getroffen werden. Es ist daher zu erwarten, dass Studienanfänger zumindest tendenziell Universitäten mit hoher Lehrqualität wählen. Darüber hinaus erfüllen Hochschulen noch weitere Zwecke als Forschung und Lehre. Das gilt vor allem für die sogenannte dritte Mission, die den Technologie- und Wissenstransfer zugunsten der Wirtschaft und anderer Teile der Gesellschaft (Bonaccorsi et al. 2006) beschreibt. Es ist schwierig, die dritte Mission in das Modell zu integrieren, weil sie eine Vielzahl unterschiedlicher Formen der Übertragung von Wissen in sich bündelt. Damit lässt sich die dritte Mission nicht auf wenige messbare Indikatoren herunterbrechen. Hochschulen, die sich also in besonderer Weise außerhalb der akademischen Kreise engagieren, werden in ihrer Produktivität möglicherweise von diesem Modell unterschätzt.

Drittens erscheint die fachliche Dreiteilung in die Bereiche „kulturell“, „technisch“ und „sozialwissenschaftlich“ möglicherweise etwas willkürlich. Diese Aufteilungsentscheidung

wurde insbesondere durch zwei methodische Gründe erforderlich. Zum einen verhindert die kombinatorische Komplexität der Translog-Spezifikation eine weitere Auffächerung der Outputvariablen. Die Funktion generiert für jede zusätzliche Variable Interaktionseffekte mit allen weiteren Variablen, daher führt jeder zusätzliche Output zu einer exponentiell zunehmenden Anzahl von Schätzparametern. Zum anderen erfordert die Translog-Funktion eine Vermeidung von spezifikationsinkompatiblen Nullwerten. Eine weitere Auffächerung hätte zwangsläufig zum Verlust von Hochschulen geführt, die für bestimmte Fachbereiche gar keine Studierenden ausbilden.<sup>114</sup>

Viertens und letztens handelt es sich bei der Stochastic Frontier Analyse um einen ökonometrischen Ansatz, der in diesem Sinne auch zwangsläufig eine Behandlung generischer ökonometrischer Probleme erfordert. Dazu gehört vor allem die Endogenität des Modells, die durch reverse Kausalitäten und durch das Auslassen entscheidender Drittvariablen (OVB) entsteht (Coelli et al. 2005, O'Donnell 2014). Tatsächlich sind die Outputs unter der Ertragsmaximierungsannahme (geg. Schattenpreise) sogar per Annahme endogen. Coelli (2000) zeigt jedoch, dass der Ineffizienzterm solcher ertragsmaximierender Entscheider eine Funktion der Outputquotienten (wie in Lovell et al. 1994) ist und der Outputdistanzfunktionsansatz daher selbst unter allokativer Ineffizienz konsistente Schätzungen der Parameter liefert (Coelli und Perelman 2000, Anríquez und Daidone 2010). Gerade die reverse Kausalität, die beispielsweise zwischen Drittmitteln und Zitationen besteht (Herberholz und Wigger 2016), führt jedoch dazu, dass man bei kausalen Interpretationen vorsichtig sein muss.

---

<sup>114</sup> Die drei Fachbereiche, in denen fast alle Universitäten Studierende führen, sind Sprach- und Kulturwissenschaften, Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften und Mathematik und Naturwissenschaften. Die Gruppierungen mussten also um diese Fachbereiche herum getroffen werden.

### 11.3 Modell

Die finale Spezifikation der Outputdistanzfunktion mit zwei Inputs und vier Outputs lautet

$$\begin{aligned}
 -\ln y_{4it} = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^3 \alpha_m \ln \left( \frac{y_{mit}}{y_{4it}} \right) + 0.5 \sum_{m=1}^3 \sum_{n=1}^3 \alpha_{mn} \ln \left( \frac{y_{mit}}{y_{4it}} \right) \ln \left( \frac{y_{nit}}{y_{4it}} \right) \\
 & + \sum_{k=1}^2 \beta_k \ln x_{kit} + 0.5 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \beta_{kl} \ln x_{kit} \ln x_{lit} \\
 & + \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^3 \gamma_{km} \ln x_{kit} \ln \left( \frac{y_{mit}}{y_{4it}} \right) + \sum_{t=200}^{2013} \tau_t t_{it} + v_{it} - u_{it}
 \end{aligned} \tag{42}$$

$$i = 1, \dots, N \quad t = 2007, \dots, 2013$$

wobei  $t_{it}$  Zeit-Dummies darstellen (mit 2007 als Referenzjahr), die Produktivitätsänderungen in der gesamten Hochschullandschaft auffangen sollen<sup>115</sup>. Die Variable  $y_4 = y_{zit}$  normiert in dieser Spezifikation die Outputs. Die Schätzung mit anderen Normierungsvariablen zeigt jedoch, in Übereinstimmung mit früheren Arbeiten, dass sich die Parameterwerte stark ähneln (Paul und Nehring 2005). Zur Untersuchung der Robustheit der Modell-Spezifikation wird das Modell zudem in drei Versionen geschätzt, die unterschiedliche Annahmen an den Fehlerterm  $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$  stellen:

- I. Die Modellvariation **ZI** folgt dem klassischen SFA Modell mit einem zeitlich konstanten Effizienzterm  $u_{it} = u_i$ , der einer abgeschnitten-normalen Verteilung folgt (Aigner et al. 1977).
- II. Die Modellvariation **ZV** ermöglicht es dem Effizienzterm, sich mit der Zeit zu verändern. Es gilt  $u_{it} = (\exp[-\eta(t - 2013)])u_i$ .  $u_{i2013} = u_i$  misst also eine Referenzeffizienz, die sich mit der Zeit je nach Ausprägung des Veränderungsparameters  $\eta$  linear anpasst (Battese und Coelli 1992).
- III. Als Vergleichswert soll zudem die Modellvariation **COLS** („corrected least squares“) geschätzt werden, die Effizienz als deterministisch betrachtet und damit keine

<sup>115</sup> Dazu gehört in dem Untersuchungszeitraum beispielsweise die Verkürzung der Schulzeit und die damit verbundenen doppelten Jahrgänge.

Verteilungsannahme an die Effizienzverteilung stellt (Bogetoft und Otto 2011). COLS verzichtet also vollständig auf den Effizienzterm, sodass  $\varepsilon_{it} = v_{it} \sim N(0, \sigma^2)$ . Es folgt eine Schätzung der Parameter im klassischen Regressionsmodell, der jedoch zusätzliche Individualdummies pro Universität  $\sum_{i=2}^{73} \omega_i I_{it}$  hinzugefügt werden.<sup>116</sup> Mithilfe der dazugehörigen Parameter  $\omega_i$  lässt sich dann die Ineffizienz messen, indem die Lageparameter im Verhältnis zu der Universität gesetzt werden, für die sich die effiziente Hülle am stärksten ausdehnen lässt:

$$D_i^{COLS} = \frac{\exp(-\omega_i - \alpha_0)}{\exp(\alpha_0^{max})} \text{ mit } \alpha_0^{max} = \max\{-\omega_i - \alpha_0 \mid i = 1, \dots, N\} \quad (43)$$

---

<sup>116</sup> Der Ansatz entspricht damit einem LSDV Schätzer („Least Squares Dummy Variable“) (Lambert 2014).

## 11.4 Ergebnisse

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der Modellschätzung und die darauf aufbauenden Kennzahlen vorgestellt werden. Zugunsten der Übersichtlichkeit werden die Ergebnisse zunächst nur für das ZI-Modell dargestellt. Eine Gegenüberstellung mit den anderen beiden Modellen folgt im Zuge einer Untersuchung der Robustheit der Ergebnisse im Folgekapitel (11.5).

**Tabelle 16: Ergebnisse der Schätzung des ZI-Modells einer Outputdistanzfunktion mit vier Outputs und zwei Inputs (normiert mit der Outputvariable  $y_{zit}$ ).<sup>117</sup>**

Variable	Wert		Variable	Wert	
	$\alpha_0$	- 4,559	$x_{DM} y_{art}$	$\gamma_{11}$	- 0,024
$y_{art}$	$\alpha_1$	1,045 ***	$x_{GM} y_{art}$	$\gamma_{21}$	- 0,045
$y_{art}^2$	$\alpha_{11}$	0,038 ***	$x_{DM} y_{sc}$	$\gamma_{12}$	- 0,007
$y_{sc}$	$\alpha_2$	0,190	$x_{GM} y_{sc}$	$\gamma_{22}$	0,017
$y_{sc}^2$	$\alpha_{22}$	0,112 ***	$x_{DM} y_{rws}$	$\gamma_{13}$	- 0,022 **
$y_{rws}$	$\alpha_3$	- 0,631	$x_{GM} y_{rws}$	$\gamma_{23}$	0,091
$y_{rws}^2$	$\alpha_{33}$	0,023	$x_{DM} y_{zit}$	$\gamma_{14}$	0,047 * a
$y_{zit}$	$\alpha_4$	0,618 ** a	$x_{GM} y_{zit}$	$\gamma_{24}$	- 0,080 ** a
$y_{zit}^2$	$\alpha_{44}$	0,051 *** a			
$x_{DM}$	$\beta_1$	1,551 ***	$t_{2008}$	$\tau_{2008}$	- 0,003
$x_{DM}^2$	$\beta_{11}$	- 0,071	$t_{2009}$	$\tau_{2009}$	- 0,013
$x_{GM}$	$\beta_2$	- 1,704 ***	$t_{2010}$	$\tau_{2010}$	- 0,028 *
$x_{GM}^2$	$\beta_{22}$	0,185 **	$t_{2011}$	$\tau_{2011}$	- 0,061 ***
$x_{DM} x_{GM}$	$\beta_{12}$	- 0,079	$t_{2012}$	$\tau_{2012}$	- 0,105 ***
$y_{art} y_{sc}$	$\alpha_{12}$	- 0,057 ***	$t_{2013}$	$\tau_{2013}$	- 0,132 ***
$y_{art} y_{rws}$	$\alpha_{13}$	0,054 **			
$y_{art} y_{zit}$	$\alpha_{14}$	- 0,058 ** b		$\sigma_v^2$	0,261 ***
$y_{sc} y_{rws}$	$\alpha_{23}$	- 0,061 ***		$\sigma_u^2$	0,988 ***
$y_{sc} y_{zit}$	$\alpha_{24}$	0,001 a		$\mu_u$	0,720 ***
$y_{rws} y_{zit}$	$\alpha_{34}$	- 0,007 a			

\*\*\* statistisch signifikant zum 1% Niveau

\*\* statistisch signifikant zum 5% Niveau

\* statistisch signifikant zum 10% Niveau

<sup>a</sup> Normierungsvariable  $y_{art}$ <sup>118</sup>

<sup>b</sup> Normierungsvariable  $y_{rws}$

<sup>117</sup> Da die Residuen der SFA-Modelle auch den einseitig-verteilten Effizienzterm beinhalten, ergibt die typische Berechnung des Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) keine sinnvollen Ergebnisse. Dass die flexible Translog-Spezifikation allerdings Modelle mit sehr hoher Anpassungsgüte liefert, deutet das POLS-Modell (mit deterministischem Effizienzterm) an. Hier liegt das Bestimmtheitsmaß bei über 99%, selbst wenn  $R^2$  für die hohe Anzahl an Parametern adjustiert wird.

<sup>118</sup> Die aufgrund der Normierung mit  $y_{zit}$  fehlenden Parameterwerte wurden durch die unter der nächsten Normierungsvariablen geschätzten Werte ergänzt.

Tabelle 16 fasst die geschätzten Parameter im ZI-Modell zusammen. Sie umfasst die einfachen und quadrierten Terme der Outputs ( $\alpha_m, \alpha_{mm}$ ) und Inputs ( $\beta_k, \beta_{kk}$ ), sowie die Interaktionsterme ( $\alpha_{mn}, \beta_{kl}, \gamma_{km}$ ), die Zeitdummies ( $t_{jahr}$ ) und die Steuerungsparameter der beiden Verteilungen ( $\sigma_v^2, \sigma_u^2, \mu_u$ ).

Vier der sechs Parameter, die Interaktionseffekte zwischen Outputs abbilden ( $\alpha_{mn}$ ), unterscheiden sich signifikant von Null.<sup>119</sup> Die Ergebnisse legen also bereits auf den ersten Blick nahe, dass sich verschiedene Arten von Synergieeffekten identifizieren lassen. Zwischen Inputs und Outputs stechen vor allem signifikante Interaktionseffekte in Verbindung mit der Zitationshäufigkeit hervor. Die Zitationshäufigkeit scheint tendenziell mit der Höhe der Drittmittel zuzunehmen und (vergleichsweise) mit der Höhe der Grundmittel zu fallen. Die Inputs unterscheiden sich zudem in ihrem Skalenverhalten, da ihre einfachen und ihre quadrierten Terme jeweils Parameter mit unterschiedlichen Vorzeichen aufweisen. Die Grundmittel haben einen stark negativen einfachen Wert, der jedoch mit zunehmender Inputgröße betragsmäßig fällt, da der quadrierte Effekt mit einem positiven Vorzeichen eingeht. Bei den Drittmitteln lässt sich ein umgekehrtes Verhalten beobachten. Insbesondere der positive einfache Parameter  $\beta_1 = 1,551$  wirft dabei auf den ersten Blick Zweifel am Monotonieverhalten der Funktion auf. Eine Untersuchung der partiellen Inputelastizitäten unter Einbezug der quadratischen und interagierenden Terme zeigt jedoch, dass im relevanten Wertebereich nur etwa zwei Prozent der Inputelastizitäten tatsächlich positiv sind. Die Funktion steht in dieser Hinsicht also im Einklang mit den an sie gestellten theoretischen Annahmen (siehe Anhang A5.).

Diese Unterschiede in der reinen Betrachtung der Parameterwerte und der tatsächlichen Interpretation des Funktionsverhaltens unterstreichen generell die Bedeutung von Referenzwerten für die Untersuchung der Kennzahlen. Diese Referenzwerte werden im Folgenden aus einer von zwei unterschiedlichen Perspektiven gewählt. Zum einen können die Kennzahlen für die Variablenausprägungen aller individuellen Datenpunkte, also aus

---

<sup>119</sup> Zu einem Signifikanzniveau von 5%

Sicht der einzelnen Universitäten, betrachtet werden. Zum anderen kann der Bezug zu einer repräsentativen Variablenausprägung hergestellt werden. Dies ist ein geeigneter Anwendungsfall für die in Kapitel 6 berechneten Clusterzentroide, da sie jeweils den Referenzpunkt für einen latenten Hochschultyp darstellen (Tabelle 17).

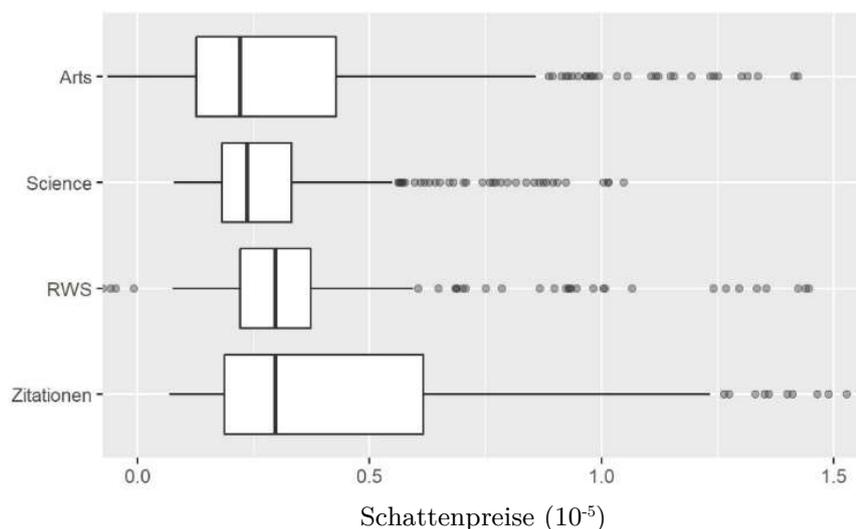
**Tabelle 17: Referenzpunkte der Cluster als Variablenausprägungen der Zentroide (Mittelwerte)**

Cluster	Grundmittel	Drittmittel	„Arts“	„Science“	RWS	Zitationen	Effizienz <sup>120</sup>
Volluniversitäten (groß)	281.352	77.431	12.829	12.633	9.045	11.290	73%
Volluniversitäten (mittelgroß)	177.304	45.822	6.352	8.330	4.614	5.737	56%
Gesellschaftsw. Universitäten	71.021	15.239	3.344	1.999	3.708	1.187	43%
Technische ForschungsH	111.089	38.538	1.585	6.728	2.647	1.904	36%
„TU7“	292.177	146.603	2.706	20.505	3.302	10.078	49%

\*Finanzwerte in 1.000 Euro

#### 11.4.1 Schattenpreise

Wie in der theoretischen Abhandlung dargestellt, entsprechen die ertragsnormierten Schattenpreise  $p_m^*(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  den partiellen Ableitungen der Distanzfunktion nach den einzelnen



**Abbildung 25: Box-Plots der Schattenpreise für die Variablenausprägungen aller Hochschulen**

<sup>120</sup> Um sich hier auf das Verhalten der Transformationskurve zu fokussieren, wurden alle Kennzahlausprägungen für die Clusterzentroide für Effizienzwerte von 1, also auf der effizienten Hülle, betrachtet.

Outputs (Formel (20)). Durch die Ertragsnormierung sind sie nicht direkt in ihrer Höhe, aber in ihrer Relation zueinander als Opportunitätskosten der Produktion interpretierbar.

Ein Blick auf die Verteilung bringt bereits einige interessante Erkenntnisse mit sich (Abbildung 25). So bewegen sich die Medianwerte der Schattenpreise für alle Outputs in einem ähnlichen Wertebereich. Insgesamt scheinen zusätzliche Studierende verschiedener Fachbereiche also vergleichbar hohe Kosten mit sich zu bringen. In genauerer Betrachtung schätzt das Modell die „Produktion“ einer zusätzlichen kulturwissenschaftlichen Studierenden am günstigsten ein. Überraschenderweise befinden sich die Studierenden technischer Studiengänge an zweiter Stelle – noch hinter denen der Sozialwissenschaften. Zudem entsprechen die Grenzkosten eines Studierenden im Median in etwa den Grenzkosten der Produktion von Publikationen, die im dritten Jahr nach Veröffentlichung einmal zitiert werden.<sup>121</sup>

Bemerkenswert ist zudem die unterschiedliche Streuung der Schattenpreise. Der Großteil der Ausprägungen „Science“ bewegt sich beispielsweise nur in etwa auf der Hälfte des Wertebereichs der Schattenpreise „Zitationen“.<sup>122</sup> Die relative Schwierigkeit der Produktion scheint sich hier also stärker zwischen den Universitäten zu unterscheiden. Um ein genaueres Verständnis dafür zu gewinnen, lohnt sich ein Blick auf die Ausprägungen der partiellen Ableitungen der Distanzfunktion für die Referenzpunkte der Clusterzentroide (Tabelle 18).

---

<sup>121</sup> Gemessen an den Regressionsergebnissen des Validitätschecks der Lag-3 Zitationsdaten zur Repräsentation der Gesamtzitationen (Anhang A2.) entspricht eine Lag-3 Zitation in etwa 12 Zitationen über einen Zeitraum von 16 Jahren. Da sich die Zitationshäufigkeit heutiger Publikationen im Vergleich zu denen im Beobachtungszeitraum veröffentlichten (1996-2000) verdreifacht bis verfünffacht hat, können die gesamten Opportunitätskosten eines Studierenden aber auch weit über diesem Gesamtwert liegen.

<sup>122</sup> Gemessen an den Antennenenden. Der Bereich entspricht dem 1,5-fachen des Interquartilsabstandes (Breite der Box).

**Tabelle 18: Partielle Funktionsableitungen („Schattenpreise“) für die Variablenausprägungen der Clusterzentroide (auf der effizienten Hülle mit  $D(x_C, y_C)=1$ ).**

Schattenpreis	Volluniversität (mittelgroß)	Volluniversität (groß)	Gesellschaftsw. Universität	Technische ForschungsH	„TU7“
$p_{art}^*(x_C, y_C)$	0,356	0,157	1,350	1,463	0,163
$p_{sc}^*(x_C, y_C)$	0,429	0,256	1,202	0,625	0,261
$p_{rws}^*(x_C, y_C)$	0,552	0,341	0,732	0,483	0,516
$p_{zit}^*(x_C, y_C)$	0,482	0,238	2,306	1,481	0,368

Es zeigt sich, dass die relativen ordinalen Preisverhältnisse der großen Universitäten (Spalte 1, 2 und 5) denen der Gesamtverteilungen entsprechen ( $p_{art}^* < p_{sc}^* < p_{rws}^*$ ). Generell weisen die Volluniversitäten eine stärkere Ähnlichkeit der Grenzprodukte auf und beweisen insofern erwartungsgemäß die Fähigkeit, Outputs untereinander zu transformieren.<sup>123</sup> Die gesellschaftswissenschaftlichen und die kleineren technischen Universitäten weisen dagegen andere Verhältnismäßigkeiten auf. Um diese Werte als Relationen auch zwischen den Hochschultypen vergleichen zu können, bedarf es einer Untersuchung der Grenzzraten der Transformation, also der Schattenpreisverhältnisse.

**Tabelle 19: Grenzzraten der Transformation für die Variablenausprägungen der Clusterzentroide (auf der effizienten Hülle mit  $D(x_C, y_C)=1$ ).**

$MRT(x_C, y_C)$	Volluniversität (mittelgroß)	Volluniversität (groß)	Gesellschaftsw. Universität	Technische ForschungsH	„TU7“
$MRT_{art/sc}$	0,830	0,614	1,123	2,340	0,624
$MRT_{art/rws}$	0,645	0,461	1,845	3,029	0,315
$MRT_{art/zit}$	0,739	0,661	0,586	0,988	0,442
$MRT_{sc/rws}$	0,777	0,751	1,643	1,294	0,505
$MRT_{sc/zit}$	0,891	1,077	0,521	0,422	0,709
$MRT_{rws/zit}$	1,146	1,434	0,317	0,326	1,404

*Die Schattierungen markieren besonders niedrige und besonders hohe Werte.*

<sup>123</sup> Siehe Anhang A3. für eine genauere Auseinandersetzung mit der Transformierbarkeit der Outputs.

Die Grenzzraten der Transformation entsprechen den Opportunitätskosten der Produktion und sind daher wie folgt zu interpretieren.  $MRT_{m/n}$  gibt an, wie viele Einheiten des Outputs  $m$  aufgegeben werden müssen, um eine weitere Einheit des Gutes  $n$  zu produzieren. Relativ kleine Werte zeigen also die verhältnismäßige Einfachheit der Produktion des Outputs im Zähler ( $m$ ), relativ hohe Werte die verhältnismäßige Einfachheit der Produktion des Outputs im Nenner ( $n$ ).

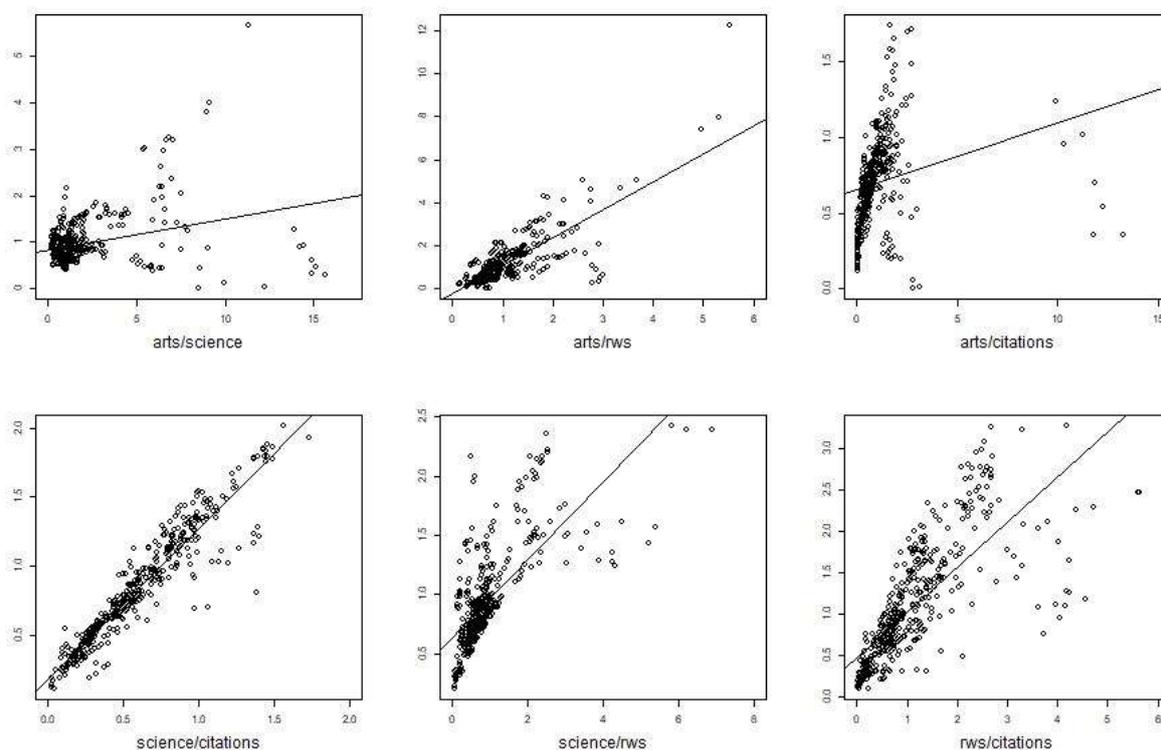
In allen drei oberen Zeilen weisen die Technischen Forschungshochschulen den höchsten Wert auf. Für sie ist es also besonders kostenintensiv, kulturwissenschaftliche Studierende auszubilden. Das Gleiche gilt für die Veröffentlichung einflussreicher Forschung, was man an den niedrigen Werten von  $MRT_{sc/zit}$  und  $MRT_{rws/zit}$  erkennen.  $MRT_{sc/zit}$  stellt sogar den niedrigsten Wert aller Hochschultypen und zeigt damit den komparativen Vorteil der Technischen Forschungshochschulen in der Ausbildung technischer Studierender.

Sehr niedrige Werte in den oberen Zeilen lassen sich dagegen für die großen Volluniversitäten und die „TU7“ beobachten. Diesen großen Hochschulen erscheint es also offenbar relativ leicht zu fallen, auch kulturwissenschaftliche Studierende, zu denen insbesondere auch Lehramtsanwärter gehören, auszubilden. Beide Hochschultypen zeigen darüber hinaus eine besondere Fähigkeit einflussreich zu publizieren. Wenig überraschend können die „TU7“ zudem vergleichsweise einfach technische Studierende ausbilden. Sie offenbaren dagegen relative Schwierigkeiten in der Ausbildung sozialwissenschaftlicher Studierender.

Sozialwissenschaftliche Studierende können verhältnismäßig am einfachsten in den gesellschaftswissenschaftlichen Universitäten ausgebildet werden. Dies gilt dabei überraschenderweise nicht für kulturwissenschaftliche Studierende. Am schwersten fällt es den gesellschaftswissenschaftlichen Universitäten jedoch, zitatreich zu publizieren.

#### *11.4.2 Verbundeffekte*

Um die Messwerte der Grenzzraten der Transformation hinsichtlich der Existenz von Verbundeffekten zu interpretieren, kann man ihren Verlauf beobachten (Abbildung 256). In der Theorie sollte unter Verbundeffekten die betragsmäßige Steigung der



**Abbildung 26: Ausprägungen der Grenzzraten der Transformation im Verhältnis zum Outputquotienten über alle Hochschulen und Outputkombinationen.**

Transformationskurve mit einem wachsenden Outputquotienten einhergehen. Dagegen sollte es ohne Verbundeffekte, bei einer konstanten Ableitung der Transformationskurve, zu konstanten Grenzzraten über den Wertebereich kommen.

Ein Blick auf die Abbildung 26 legt die weitreichende Existenz von Verbundeffekten in der Hochschullandschaft nahe. Mit Ausnahme der beiden Outputkombinationen,  $y_{art}/y_{sc}$  und  $y_{art}/y_{zit}$ <sup>124</sup> lassen sich durchweg positive Zusammenhänge ausmachen. Insbesondere die Kombination von technischer Ausbildung und wissenschaftlicher Publikation weist eine bemerkenswerte Einheitlichkeit auf, die mit einem Bestimmtheitsmaß von etwa 90% als linear-positiver Zusammenhang repräsentiert werden kann. Die drei weiteren

<sup>124</sup> Diese Kombinationen beschreiben den Verbund von kulturwissenschaftlicher und technischer Bildung und den Verbund von kulturwissenschaftlicher Bildung und wissenschaftlichen Publikationen. Ihre Bestimmtheitsmaße liegen nur bei 5% bzw. 10%.

Outputkombinationen zeigen ebenfalls klar positive Korrelationen, offenbaren jedoch auch Ausreißer, die vom allgemeinen Trend abweichen.<sup>125</sup>

Ein Blick auf die Kennzahl der Verbundeffekte, die Morishima Elastizität, ergibt ein weitgehend ähnliches Bild (Tabelle 20). So sind fast alle Beobachtungen positiv und unterstützen damit die Konvexität der Produktionsmöglichkeit und die weitgehende Existenz positiver Verbundeffekte. Einzig in der Kombination von kulturwissenschaftlichen und technischen Studierenden ( $y_{art}/y_{sc}$ ) gibt es mit 41 von 476 Beobachtungen eine nennenswerte Zahl negativer Ausprägungen.

In der Höhe ihrer Medianwerte unterscheiden sich die Morishima Elastizitäten jedoch. Den höchsten Wert weist die Kombination kulturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Studierender auf – nur hier erreicht die Kennzahl im Median Werte über 1. Ebenso lassen sich vergleichsweise ausgeprägte Verbundeffekte zwischen den Zitationen und den Studierenden technischer bzw. sozialwissenschaftlicher Studierender beobachten. Den niedrigsten Wert und damit die vergleichsweise geringsten Verbundeffekte sind nach dieser Betrachtung in der Kombination kulturwissenschaftlicher und technischer Studierender zu erzielen.

**Tabelle 20:** Übersicht über die Morishima-Elastizitäten aller Hochschulen gemessen an den Medianwerten (links) und an der Anzahl positiver Ausprägungen (rechts).

$Median\{M(x_i, y_i)_{m/n}\}$					$\ M(x_i, y_i)_{m/n} > 0\ $				
	$y_{art}$	$y_{sc}$	$y_{rws}$	$y_{zit}$	(n=476)	$y_{art}$	$y_{sc}$	$y_{rws}$	$y_{zit}$
$y_{art}$		0,391	1,135	0,589	$y_{art}$		435	470	447
$y_{sc}$	0,649		0,721	0,783	$y_{sc}$	461		476	462
$y_{rws}$	1,048	0,412		0,725	$y_{rws}$	464	452		462
$y_{zit}$	0,657	0,679	0,852		$y_{zit}$	455	470	475	

*Die Schattierungen markieren besonders niedrige und besonders hohe Werte.*

<sup>125</sup> Ihre Bestimmtheitsmaße liegen im Bereich 50% bis 60%.

Die Betrachtung der Schattenpreise legt nahe, dass sich die einzelnen Hochschultypen in ihrem Verhalten stark unterscheiden können. Daher sollen nun auch die Morishima-Elastizitäten der Clusterzentroide betrachtet werden (Tabelle 21).

**Tabelle 21:** Morishima-Elastizitätswerte für die jeweiligen Variablenausprägungen der Clusterzentroide (gemittelt für  $M_{m/n}$  und  $M_{n/m}$ ).

Morishima Elastizitäten	Volluniversität (mittelgroß)	Volluniversität (groß)	Gesellschaftsw. Universität	Technische ForschungsH	„TU7“
$M(\mathbf{x}_C, \mathbf{y}_C)_{art/sc}$	0,542	0,501	0,495	0,589	-0,311
$M(\mathbf{x}_C, \mathbf{y}_C)_{art/rws}$	1,095	1,088	1,077	1,137	1,299
$M(\mathbf{x}_C, \mathbf{y}_C)_{art/zit}$	0,645	0,625	0,649	0,672	-0,042
$M(\mathbf{x}_C, \mathbf{y}_C)_{sc/rws}$	0,580	0,584	0,444	0,508	0,550
$M(\mathbf{x}_C, \mathbf{y}_C)_{sc/zit}$	0,734	0,718	0,607	0,776	0,824
$M(\mathbf{x}_C, \mathbf{y}_C)_{rws/zit}$	0,796	0,804	0,749	0,765	0,787

*Die Schattierungen markieren besonders niedrige und besonders hohe Werte.*

Die Morishima-Elastizitäten pro latentem Hochschultypen<sup>126</sup> unterscheiden sich bemerkenswert wenig voneinander. Einzig die TU7 fallen stärker aus dem Rahmen und zeigen sogar negative Ausprägungen in den Outputkombinationen  $y_{art}/y_{sc}$  und  $y_{art}/y_{zit}$  (und damit potentiell negative Verbundeffekte). Ausgesprochen positiv sind ihre Werte dagegen für die Kombination kulturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Studierender, die auch insgesamt über alle Hochschultypen stark positive Verbundeffekte aufweisen. Das gilt in etwas verminderter Ausprägung auch wieder für die Kombinationen  $y_{rws}/y_{zit}$  und  $y_{sc}/y_{zit}$ , während die Synergien für die Kombinationen  $y_{art}/y_{sc}$  und  $y_{art}/y_{zit}$  insgesamt etwas schwächer ausgeprägt sind.

Somit unterstützen diese Beobachtungen das von den Morishima-Elastizitätsmedianen gezeichnete Bild. Eine Detailbetrachtung offenbart leichte Unterschiede in den verschiedenen Hochschultypen. Beispielsweise zeigen die gesellschaftswissenschaftlichen Universitäten generell weniger starke Verbundeffekte bei der Ausbildung technischer

<sup>126</sup> Die Kennzahlen wurden über die beiden Kombinationsmöglichkeiten  $M_{m/n}$  und  $M_{n/m}$  gemittelt.

Studierender. In den technischen Forschungshochschulen und insbesondere in den TU7 lassen sich zudem stärkere Verbundeffekte in der gemeinsamen Produktion technischer Studierender und wissenschaftlicher Zitationen erkennen. Dagegen sind die Verbundeffekte der mittleren und großen Volluniversitäten im Verhältnis  $y_{rws}/y_{zit}$  vergleichsweise am größten.<sup>127</sup>

### 11.4.3 Skaleneffekte

Zuletzt soll die Schätzfunktion nun auch noch hinsichtlich ihrer Skaleneffekte, also hinsichtlich ihres Verhaltens bei wachsenden Inputs untersucht werden. Die partiellen Inputelastizitäten geben dabei an, wie sich die Produktionsmöglichkeiten bei einer prozentualen Erweiterung der einzelnen Inputvariablen ausdehnen (Abbildung 27).

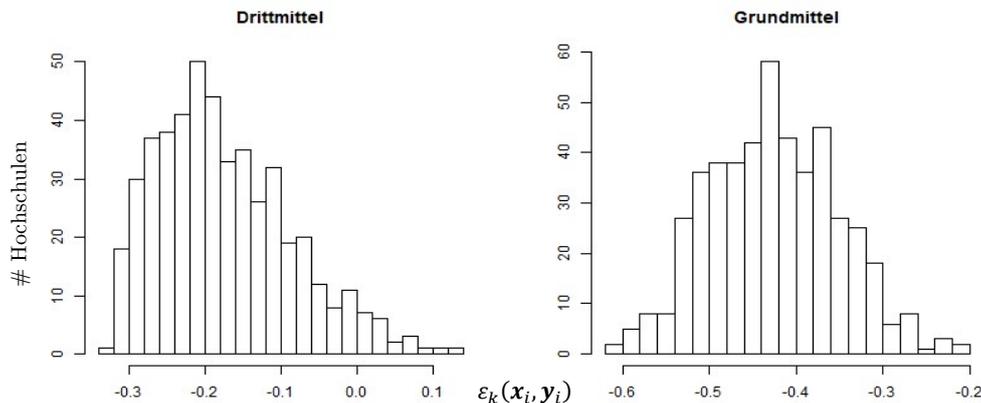


Abbildung 27: Partielle Inputelastizitäten beide Inputvariablen pro Hochschule

Die partiellen Inputelastizitäten  $\varepsilon_k(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  zeigen ein mit den theoretischen Annahmen weitestgehend konformes Funktionsverhalten, da die Werte nur in etwa 2% der Fälle positiv ausfallen. Die Verteilungen der beiden Inputvariablen unterscheiden sich allerdings in ihren Wertebereichen. Die partiellen Inputelastizitäten der Grundmittel liegen im Modus bei einem Wert von -0,44, die der Drittmittel bei -0,22. Das bedeutet, dass sich die Produktionsmöglichkeit bei einer einprozentigen Erweiterung der jeweiligen Inputgröße um 0,44% bzw. um 0,22% ausdehnen.

<sup>127</sup> Eine Gesamtübersicht über die Verteilungen aller Morishima-Elastizitäten finden Sie im Anhang A4.

Für die Evaluation der allgemeinen Skaleneffekte müssen die partiellen Effekte der einzelnen Inputs nun zusammen betrachtet werden. Die Skalanelastizität  $\varepsilon_x(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = -\sum_k \varepsilon_k(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ , addiert dafür die beiden partiellen Inputelastizitäten, um einzuschätzen, um wie viel Prozent die Produktionsmöglichkeiten wachsen, wenn sich alle einzelnen Inputkomponenten gleichzeitig prozentual vergrößern.

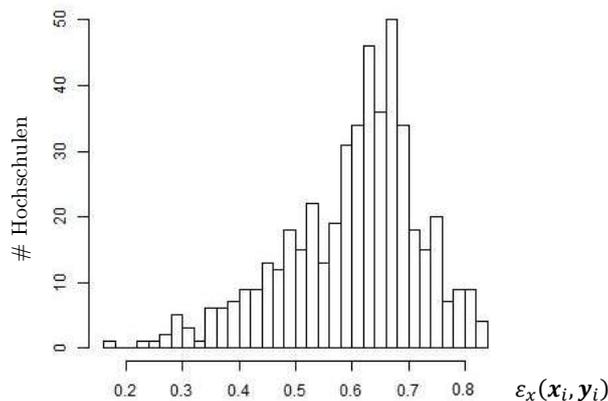


Abbildung 28: Verteilung der Skalanelastizitäten über alle Hochschulen

Die Verteilung der Skalanelastizitäten (Abbildung 28) zeigt, dass das Modell über alle Hochschulen hinweg negative Skaleneffekte schätzt. Im Modus liegen die Ausprägungen bei einem Wert von 0,68. Die Hochschulen können also bei einer proportionalen Erweiterung ihres Budgets nicht erwarten, das angestammte Grenzproduktivitätsniveau aufrechtzuerhalten.

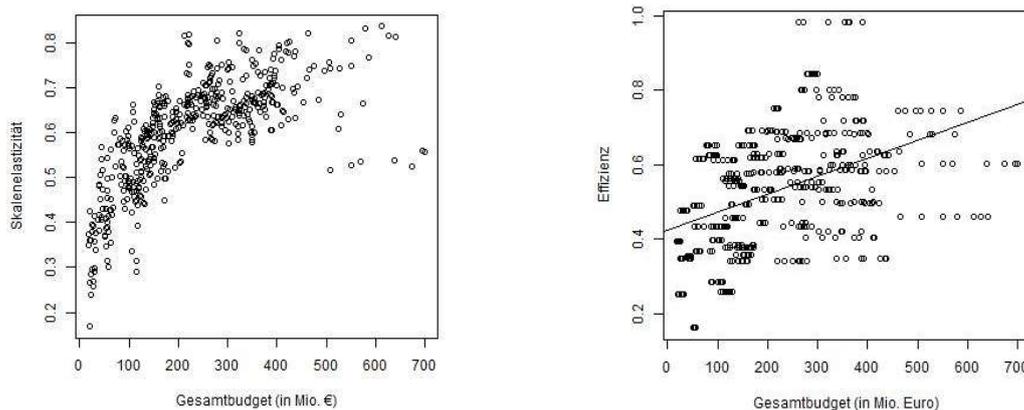


Abbildung 29: Skalanelastizitäten und Effizienz der Hochschulen nach Höhe des Gesamtbudgets.

Ein Blick auf die Verteilung der Skalanelastizitäten nach Hochschulgröße lässt allerdings auch nicht den Schluss zu, dass kleine Hochschulen dadurch systematisch effizienter produzieren. Im Gegenteil kann man eine Zunahme der Skalanelastizität mit einem

wachsenden Hochschulbudget beobachten. Zudem schätzt das Modell geringere Effizienzwerte für kleine Hochschulen (Abbildung 29).

Ein entscheidender Grund dafür liegt in der vergleichsweise hohen Wirksamkeit von Drittmitteln, die bei großen Hochschulen nicht nur besonders prävalent sind, sondern dort auch eine besonders starke Wirkung in der Ausweitung der Produktionsmöglichkeiten zeigen. Eine Kennzahl, um einen absoluten Vergleich der Wirksamkeiten zwischen den beiden Inputvariablen herzustellen zu können, ist die sogenannte *Grenzrate der technischen Substitution*  $MRTS_{k/l}$ :<sup>128</sup>

$$MRTS_{k/l}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{D_k(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{D_l(\mathbf{x}, \mathbf{y})} = \frac{\varepsilon_k(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\varepsilon_l(\mathbf{x}, \mathbf{y})} * (x_l/x_k) \quad (44)$$

Die zugrundeliegende Intuition lautet: „Um wie viele Einheiten des Inputs  $k$  muss das Budget bei gleichbleibendem Output erweitert werden, wenn man Input  $l$  um eine Einheit reduziert?“

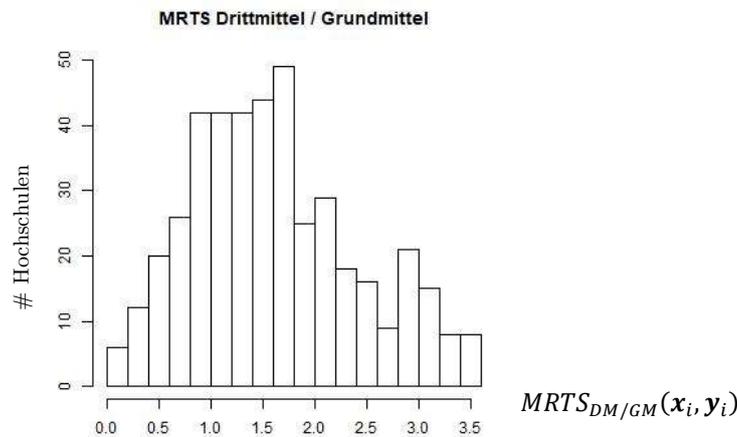


Abbildung 30: Grenzraten der technischen Substitution zwischen Dritt- und Grundmitteln über alle Hochschulen

Wie Abbildung 30 zeigt, liegen die meisten Werte für  $MRTS_{DM/GM}(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i)$  über 1. Das bedeutet, dass nach dem Schätzmodell ein Euro an Drittmitteln zu einer höheren Ausdehnung der Produktionsmöglichkeiten führt als ein Euro an

<sup>128</sup> Das Äquivalent der Grenzrate der Transformation aus Inputperspektive

Grundmitteln.<sup>129</sup> Aufgefächert nach den verschiedenen Hochschultypen lassen sich die folgenden Werte ermitteln (Tabelle 22):

**Tabelle 22: Grenzzraten der technischen Substitution der Clusterzentroide.**

	Volluniversität (mittelgroß)	Volluniversität (groß)	Gesellschaftsw. Universität	Technische ForschungsH	„TU7“
$MRTS_{\frac{DM}{GM}}(x_c, y_c)$	1,727	2,322	1,358	0,917	0,981

Es zeigt sich also, dass sich die Wirksamkeit von Drittmitteln offenbar stark zwischen den Hochschultypen unterscheidet. So schätzt das Modell für Volluniversitäten, dass ein Euro an Drittmitteln mit einer in etwa doppelt so hohen Ausweitung der Produktionsmöglichkeiten einhergeht als ein Euro an Grundmitteln. Für die technischen Hochschultypen verhalten sich die Inputarten dagegen weitestgehend paritätisch.

Nun nimmt die allgemeine Skalanelastizität  $\varepsilon_x$  an, dass der bestehende Inputmix in seinen Proportionen beibehalten wird. Gerade aufgrund der Entwicklung in den vergangenen Jahren lohnt sich jedoch ein Blick auf die (partielle) Skalenwirkung der Drittmittel, da diese jüngst weitaus stärker gewachsen sind als die Grundfinanzierung. Um diese Perspektive einzunehmen, kann man die partielle Inputelastizität der Drittmittel mit der Drittmittelquote ins Verhältnis gesetzt werden. So lässt sich untersuchen, ob sich die Ausdehnung der Produktionsmöglichkeiten bei einer einprozentigen Erhöhung der Drittmittel unter- oder überproportional zur Ausweitung des Gesamtbudgets verhält.<sup>130</sup>

<sup>129</sup> Da das Modell nicht kausal interpretiert werden kann, muss an dieser Stelle jedoch noch einmal auf die Möglichkeit der reversen Kausalität zwischen Drittmitteln und Zitationen verwiesen werden.

<sup>130</sup> Die prozentuale Veränderung des Gesamtbudgets bei einer einprozentigen Erhöhung der Drittmittel entspricht eben genau der Drittmittelquote.

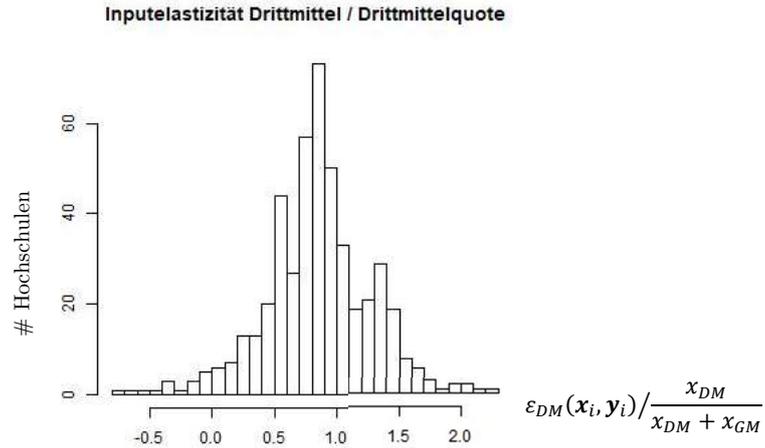


Abbildung 31: „Partielle Skalenwirkung“ einer ausschließlichen Ausweitung der Drittmittel

Wie die Verteilung der Werte zeigt, trennt sich die Hochschullandschaft hier in etwa gleichen Teilen in Organisationen mit eher positivem ( $>1$ ) und Organisationen mit eher negativem Skalenverhalten ( $<1$ ) auf. Sprich, bei der ausschließlichen Betrachtung der Skaleneffekte der Drittmittelausweitung schätzt die Funktion sowohl Hochschulen, deren Produktionsmöglichkeiten überproportional und Hochschulen, deren Produktionsmöglichkeiten unterproportional mit der Ausweitung der Drittmittel wachsen.

Tabelle 23: „Partielle Skalenwirkung“ der Ausweitung von Drittmittel der Clusterzentroide.

	Volluniversität (mittelgroß)	Volluniversität (groß)	Gesellschaftsw. Universität	Technische ForschungsH	„TU7“
$\frac{\varepsilon_{DM}(x_i, y_i)}{\frac{x_{DM}}{x_{DM} + x_{GM}}}$	0,961	1,247	0,620	0,528	0,740

Tabelle 23 zeigt, dass die Volluniversitäten zu konstanten oder positiven Skalenerträgen produzieren, wenn man nur die Ausweitung der Drittmittelfinanzierung betrachtet. Alle anderen Hochschulen weisen auch in dieser Hinsicht abnehmende Skalenerträge auf. Diese Zahlen legen eine allgemeine Produktionsfunktion nahe, nach der (partielle) positive Skaleneffekte erst bei großen Organisationen eintreten. Nach dieser Betrachtung muss eine Universität also erst einmal groß werden, bevor sie von positiven Skalenerträgen profitieren kann.

Schon Wilhelm von Humboldt erkannte die natürlichen Grenzen seines eigenen Organisationsideals (1809, S. 151). Er schreibt: „*Es würde, wenn nicht unmöglich sein, doch unglaubliche Kosten verursachen, die genannten Institute in einen anderen Ort zu verlegen.*“

[...] Aus dieser Ansicht der Sache ergibt sich die örtliche Bestimmung, dass nämlich eine solche Anstalt nur in Berlin ihren Sitz haben könne, von selbst.“

Auch nach diesem Modell sind Hochschulen in *kleinen Städten* von einem abnehmenden Grenzprodukt betroffen. Im Gegensatz dazu befinden sich die großen Volluniversitäten (Cluster X, 6.4.1) fast ausnahmslos<sup>131</sup> in Metropolregionen. Eine mögliche Erklärung für das Skalenverhalten der Hochschulen könnte also die Unterschiedlichkeit ihrer regionalen Wachstumsbedingungen darstellen.<sup>132</sup>

#### 11.4.4 Zusammenfassung

Insgesamt konnten verschiedene interessanter Erkenntnisse aus den Schätzungsergebnissen gewonnen werden. Bemerkenswerterweise schätzt das Modell ähnlich hohe Kosten in der Ausbildung zusätzlicher Studierender für die verschiedenen Fachbereiche. Im Detail lässt sich dabei für die meisten Hochschulen die folgende Relation von Schattenpreisen beobachten:  $p_{art}^* < p_{sc}^* < p_{rws}^*$ .<sup>133</sup> Dabei fällt jedoch auf, dass sich die Schattenpreise unter den einzelnen Hochschulen und Hochschultypen teilweise stark voneinander unterscheiden, wodurch sich (komparative) Produktionsvorteile unterschiedlicher Organisationen und Organisationsformen ausmachen lassen. Über die Grenzzraten der Transformation lassen sich diese Vorteile quantifizieren und vergleichen.

Der Verlauf der Grenzzraten der Transformation mit sich verändernden Outputquotienten lässt darauf schließen, dass für fast alle Kombinationen von Outputs *positive Verbundeffekte* vorliegen. Die Betrachtung der entsprechenden Kennzahl, der Morishima-Elastizität,

---

<sup>131</sup> Die einzige Hochschule im Cluster der großen Volluniversitäten, die sich nicht in einer Metropolregion befindet, ist die Universität Münster (nach Definition des Initiativkreises Europäischer Metropolregionen in Deutschland 2018).

<sup>132</sup> Eine zweite mögliche Erklärungsperspektive wirft die anfänglich (3.2.2) besprochene Arbeit von Anderson et al. (1972) auf, die argumentiert, dass die Besonderheit von Organisationen den regionalen Wettbewerb schwächt, aber den überregionalen Wettbewerb stärkt. Möglicherweise gilt dies auch für das Skalenverhalten, insofern als erst große Universitäten ein überregionales Interesse für sich gewinnen und so dem abnehmenden Grenzprodukt der Regionalität entgehen können.

<sup>133</sup> Die Grenzkosten eines Studierenden entsprechen darüber hinaus in etwa denen der Publikationen mit einer Zitation innerhalb des dritten Jahrs nach Veröffentlichung.

bestätigt diesen Eindruck. Die stärksten Synergieeffekte treten im Zuge der gemeinsamen Ausbildung von kulturwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Studierenden auf. Ebenso, wenn auch in geringerem Maße, lassen sich Verbundeffekte zwischen der Veröffentlichung einflussreicher Publikationen und der Ausbildung von technischen und sozialwissenschaftlichen Studierenden beobachten. Die geringsten Synergieeffekte bestehen in der Kombination von technischen und kulturwissenschaftlichen Studiengängen. In der Detailbetrachtung sind diese Verbundeffekte (wie auch die Kombination kulturwissenschaftlicher Studierender und Zitationen) für den Hochschultyp „TU7“ sogar leicht negativ.

Skaleneffekte sind über die gesamte Hochschullandschaft hinweg negativ. Die Hochschulen können also bei einer proportionalen Erweiterung ihres Budgets nicht erwarten, das angestammte Grenzproduktivitätsniveau aufrechtzuerhalten. Große Hochschulen sind dabei weniger stark betroffen als kleine Hochschulen. Daher sprechen diese Zahlen nicht zwangsläufig für zu große Organisationsgrößen. Vielmehr versprechen Drittmittel nach dem Schätzmodell eine höhere Wirksamkeit als Grundmittel. Wenn man die Skaleneffekte in diesem Sinne nicht als Replikation der bestehenden Finanzierungsstruktur, sondern als eine alleinige Ausweitung der Drittmittel versteht, dann lassen sich sogar positive Skaleneffekte für große Volluniversitäten beobachten. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass Universitäten erst einmal groß werden müssen, um von positiven Skalenerträgen zu profitieren.

### 11.5 Robustheit der Ergebnisse

Wie in Abschnitt 11.3 dargelegt, wurde das Modell in drei Spezifikationen geschätzt.

- Die Modellvariation ZI (I.) entspricht einem klassischen SFA Modell, das die Effizienz als Ausprägung aus einer (stochastischen) Verteilung modelliert.
- Die Modellvariation ZV (II.) entspricht wiederum ZI, fügt allerdings noch die Möglichkeit hinzu, dass sich die Effizienz mit der Zeit verändert.
- Die Modellvariation COLS (III.) betrachtet die Effizienz als deterministisch und modelliert die Produktionsfunktion als LSDV-Spezifikation.

Im Folgenden sollen die Ergebnisse verglichen werden, um zu untersuchen, ob sich die Ergebnisse robust gegenüber der Spezifikation des Modells verhalten.

**Tabelle 24: Vergleich der Schätzparameter für drei unterschiedlichen Modellspezifikationen.**

Variable	ZI	ZV	COLS	Variable	ZI	ZV	COLS
$\alpha_0$	-5,355	-4,559	-4,618	$y_{art} y_{sc} \alpha_{12}$	-0,061	-0,057	-0,060
$y_{art} \alpha_1$	0,983	1,045	1,073	$y_{art} y_{rws} \alpha_{13}$	0,057	0,054	0,055
$y_{art}^2 \alpha_{11}$	0,037	0,038	0,039	$y_{art} y_{zit} \alpha_{14}$	-0,033	-0,037	-0,033
$y_{sc} \alpha_2$	0,379	0,190	0,217	$y_{sc} y_{rws} \alpha_{23}$	-0,051	-0,061	-0,058
$y_{sc}^2 \alpha_{22}$	0,105	0,112	0,112	$y_{sc} y_{zit} \alpha_{24}$	0,007	0,003	0,005
$y_{rws} \alpha_3$	-0,751	-0,631	-0,616	$y_{rws} y_{zit} \alpha_{34}$	-0,022	-0,012	-0,016
$y_{rws}^2 \alpha_{33}$	0,016	0,023	0,018	$x_{DM} y_{art} \gamma_{11}$	-0,018	-0,024	-0,021
$y_{zit} \alpha_4$	0,389	0,583	0,449	$x_{GM} y_{art} \gamma_{21}$	-0,044	-0,045	-0,050
$y_{zit}^2 \alpha_{44}$	0,048	0,052	0,048	$x_{DM} y_{sc} \gamma_{12}$	-0,006	-0,007	-0,006
$x_{DM} \beta_1$	1,354	1,551	1,420	$x_{GM} y_{sc} \gamma_{22}$	-0,001	0,017	0,014
$x_{DM}^2 \beta_{11}$	-0,075	-0,071	-0,067	$x_{DM} y_{rws} \gamma_{13}$	-0,037	-0,022	-0,023
$x_{GM} \beta_2$	-1,419	-1,704	-1,587	$x_{GM} y_{rws} \gamma_{23}$	0,114	0,091	0,091
$x_{GM}^2 \beta_{22}$	0,149	0,185	0,170	$x_{DM} y_{zit} \gamma_{14}$	0,060	0,050	0,055
$x_{DM} x_{GM} \beta_{12}$	-0,054	-0,079	-0,072	$x_{GM} y_{zit} \gamma_{24}$	-0,068	-0,078	-0,070

Die geschätzten Parameter weisen für alle drei Modelle (weitgehend) die gleichen Vorzeichen auf und befinden sich generell auf ähnlichen Wertniveaus. Im Detail sind jedoch wesentliche Unterschiede beobachtbar – dies kann sowohl einer fehlenden Modellrobustheit als auch der Flexibilität der Funktionsform geschuldet sein. Letzteres kann dazu führen, dass sich dieselben Kennzahlausprägungen aus unterschiedlichen Kombinationen von Parametern zusammensetzen. Letztendlich unterstreicht eine Gegenüberstellung der Parameterwerte also die Notwendigkeit, die verschiedenen Kennzahlen direkt miteinander zu vergleichen.

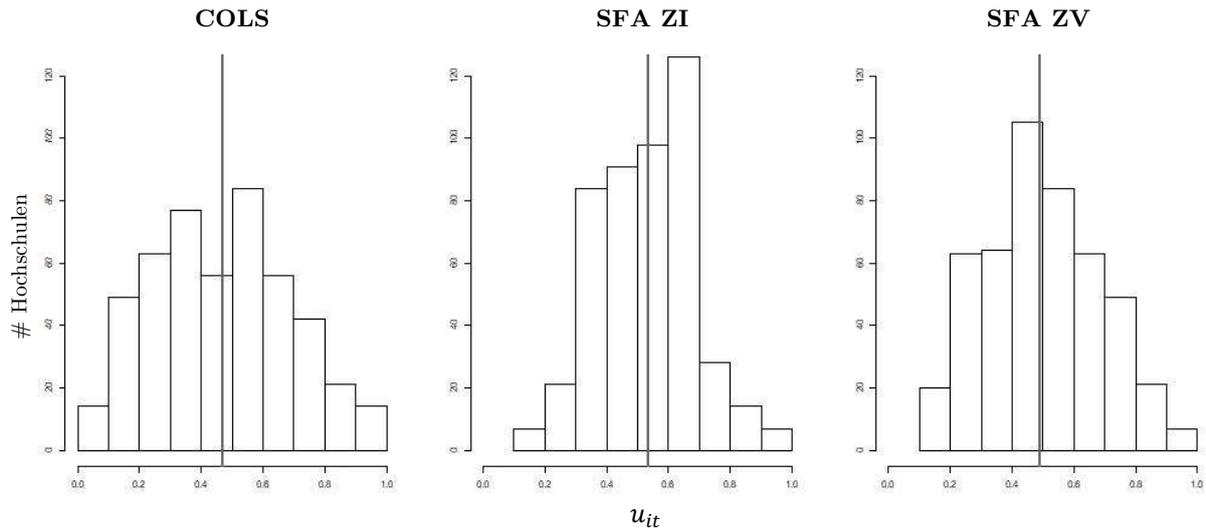


Abbildung 32: Verteilung der Effizienzwerte pro Modellspezifikation (Markierung: Median)

Für eine Methodik aus der Effizienzmessung bietet es sich an, die geschätzten Effizienzwerte der verschiedenen Spezifikationen miteinander zu vergleichen, um die Robustheit der Ergebnisse zu testen. Erneut zeigt sich, dass sich die Werte ungefähr im Wertniveau gleichen, jedoch im Detail Unterschiede aufweisen (Abbildung 32). Die Effizienzen in der COLS-Spezifikation spreizen sich weiter in Richtung der Extremwerte und sind eher symmetrisch verteilt. Die SFA-Spezifikationen liegen dagegen eher in der Nähe des Mittelwerts und weisen (insbesondere SFA ZI) eine linksschiefe Verteilung auf. Die mittleren Effizienzen liegen zwischen 0,47 und 0,53 und damit relativ nah beieinander.

Tabelle 25: Korrelationsmatrix der Effizienzwerte pro Modellspezifikation.

	COLS	SFA ZI	SFA ZV
COLS	1	0,87	0,99
SFA ZI	0,87	1	0,93
SFA ZV	0,99	0,93	1

Wie Tabelle 25 darüber hinaus zeigt, ähneln sich auch die ordinalen Relationen zwischen den Effizienzwerten der verschiedenen Spezifikationen. Die Korrelationen zwischen den Verteilungen liegen zwischen 87% und 99%.

Um nun auch die für die Arbeit wichtigeren Kennzahlen zu untersuchen, fällt der nächste Blick auf die Grenzraten der Transformation. Auch hier zeigt sich, dass sich die Werte in

ordinaler Betrachtung ähneln. So sind die Kennzahlausprägungen pro Hochschule für alle Kombinationen von Modellspezifikation stark miteinander korreliert (Tabelle 26).

**Tabelle 26: Korrelationen der Schätzungen der Grenzzraten der Transformation für alle Spezifikationskombinationen.**

Korrelation	$MRT_{art/sc}$	$MRT_{art/rws}$	$MRT_{art/zit}$	$MRT_{sc/rws}$	$MRT_{sc/zit}$	$MRT_{rws/zit}$
COLS/ZI	0,99	0,98	0,94	0,94	0,94	0,97
COLS/ZV	0,99	0,97	0,78	0,96	0,80	0,85
ZI/ZV	1,00	0,99	0,72	0,96	0,74	0,75

Wenn man die Mittelwerte der Grenzzraten der Transformation betrachtet (Tabelle 27), dann lassen sich jedoch Unterschiede erkennen. Im Vergleich zur vorgestellten Benchmark-Schätzung der Modellspezifikation SFA ZI bewerten die anderen Spezifikationen die Kosten der Ausbildung von technischen und kulturwissenschaftlichen Studierenden etwas höher und der Sozialwissenschaften etwas geringer. Insgesamt bewegen sich die Kennzahlenwerte aber auch hier auf einem zumindest vergleichbar hohen Niveau.

**Tabelle 27: Mittelwerte der geschätzten Grenzzraten der Transformation über alle Hochschulen im Vergleich zwischen den Modellspezifikationen.**

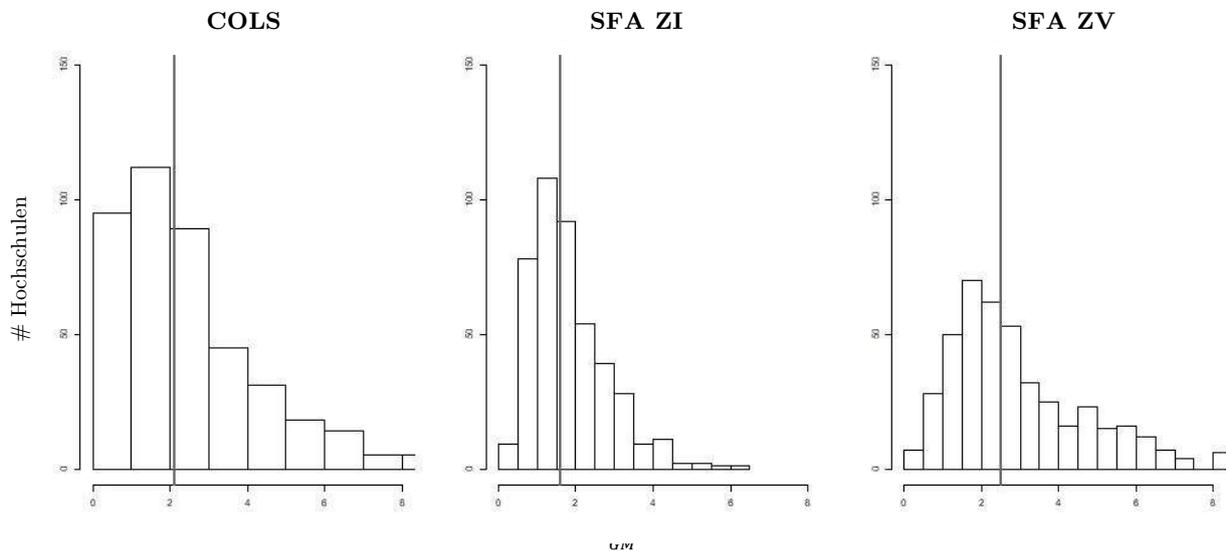
Mittelwerte	$MRT_{art/sc}$	$MRT_{art/rws}$	$MRT_{art/zit}$	$MRT_{sc/rws}$	$MRT_{sc/zit}$	$MRT_{rws/zit}$
COLS	1,09	1,75	0,90	1,26	0,99	1,04
ZI	1,05	1,24	0,72	0,96	0,85	1,12
ZV	1,06	1,34	0,96	1,00	1,19	1,42

Wenn man nun die (prozentualen) Veränderungen der Grenzzraten der Transformation, also die Morishima-Elastizitäten, betrachtet, so wird das Bild einhelliger (Tabelle 28). Hier zeigt sich, dass alle drei Modellspezifikation zu sehr ähnlichen Werten kommen. Insbesondere weisen alle Spezifikationen durchweg positive Kennzahlwerte auf. Im Hinblick auf die Messung von Verbundeffekten zeigen sich die Resultate also bemerkenswert robust gegenüber der Auswahl des Schätzmodells.

**Tabelle 28: Vergleich der Medianwerte der Morishima-Elastizitäten für alle Hochschulen und für die jeweiligen Modellspezifikationen (COLS / SFA ZI / SFA ZV).**

	$y_{art}$	$y_{sc}$	$y_{rws}$	$y_{zit}$
$y_{art}$		0,41 / 0,39 / 0,47	1,14 / 1,13 / 1,07	0,61 / 0,59 / 0,46
$y_{sc}$	0,65 / 0,65 / 0,72		0,77 / 0,72 / 0,57	0,8 / 0,78 / 0,75
$y_{rws}$	1,11 / 1,05 / 1,07	0,43 / 0,41 / 0,32		0,65 / 0,73 / 0,66
$y_{zit}$	0,67 / 0,66 / 0,54	0,72 / 0,68 / 0,74	0,81 / 0,85 / 0,76	

Letztlich fehlt nur noch die Untersuchung der Modellrobustheit gegenüber dem Verhalten der Inputseite. Hier soll ein Blick auf das Verhältnis der beiden Inputvariablen geworfen werden.



**Abbildung 33:** Verteilung der Grenzzraten der technischen Substitution (Drittmittel/Grundmittel) pro Modellspezifikation (Markierung: Median).

Wie man in Abbildung 33 sehen kann, folgen die Grenzzraten der technischen Substitution zwischen Drittmitteln und Grundmitteln  $MRTS_{DM/GM}$  für alle Modellspezifikationen einer rechtsschiefen Verteilung und bilden dabei über die Hochschullandschaft hinweg ein ähnliches Verhalten ab. Der Medianwert des Benchmarkfalls SFA ZI ist dabei sogar noch etwas geringer als der der beiden anderen Spezifikationen. Das heißt, dass sowohl SFA ZV als auch COLS den produktivitätsfördernden Einfluss von Drittmitteln relativ zu Grundmitteln sogar noch stärker einschätzen.

Zusammenfassend zeigen sich also nicht alle Parameter- und Kennzahlenwerte robust gegenüber der Modellspezifikation. Insbesondere für die Werte der Grenzzraten der Transformation und der technischen Substitution konnten Unterschiede in den Wertniveaus festgestellt werden. Die im Ergebniskapitel 11.4 getroffenen Grundaussagen können in der Tendenz jedoch über die Spezifikationen hinweg repliziert werden. Insbesondere die Ergebnisse über die Existenz von Verbundeffekten in der Hochschullandschaft zeigen sich robust gegenüber der Wahl der Modellspezifikation.

## 12 Schlussbemerkungen

*Ihr Wunsch geht dahin, die Akademie der Wissenschaften, die der Künste, die wissenschaftlichen Institute, namentlich die klinischen, anatomischen und medicinischen [...], die Bibliothek, das Observatorium, den botanischen Garten, und die naturhistorischen und Kunst-Sammlungen und die allgemeine Lehranstalt selbst dergestalt in ein organisches Ganzes zu verbinden, dass jeder Theil, indem er eine angemessene Selbstständigkeit erhält, doch gemeinschaftlich mit den andern zum allgemeinen Endzweck mitwirkt.*

– Wilhelm von Humboldt (1809)

*(weiter aus dem Antrag zur Gründung der Universität zu Berlin)<sup>134</sup>*

Medizin, Geschichte, Astronomie, Biologie und Kunst – der Kanon der Wissenschaften hat sich seit Humboldts Zeit sichtbar gewandelt. Das generelle Prinzip, die Wissenschaften zu „einem organischen Ganzen“ zu vereinen, bleibt jedoch bis heute bestehen. Diese Arbeit kommt zu dem Schluss, dass sich aus der Perspektive der Effizienz auch 200 Jahre nach Humboldts Wirken noch *weitreichende Verbundeffekten* im Hochschulwesen beobachten lassen (11.4.2). Die zentrale Empfehlung lautet daher, dass man im Zuge zunehmender Bestrebungen nach organisationaler Profilbildung in den deutschen Universitäten (Wissenschaftsrat 2013, Brockmeier 2017) die wirtschaftlichen Synergieeffekte des Verbunds nicht aus den Augen verlieren sollte. Vielmehr sprechen die Beobachtungen dieser Arbeit dafür, existierende Hochschulen im Sinne der deutschen Volluniversität mit einer noch größeren thematischen Breite auszustatten. Vor allem verwandte Fachbereiche wie die Kultur- und Sozialwissenschaften zeigen Potential für Effizienzsteigerungen (Tabelle 20). Auch aus funktionaler Sicht kommt diese Arbeit zu dem Ergebnis, dass der Humboldt'sche Verbund aus Forschung und Lehre Effizienzgewinne verspricht – insbesondere, wenn es sich um natur- und sozialwissenschaftliche Studiengänge handelt (11.4.2). Damit unterscheidet sich diese finanzwissenschaftliche Arbeit von den empirischen Beobachtungen didaktischer Studien (Kapitel 9).

---

<sup>134</sup> Dem Ersuchen wurde einen Monat später stattgegeben.

Das konkrete Ausmaß von Verbundeffekten steht dabei in Abhängigkeit zur jeweiligen Fachkombination und dem jeweiligen Hochschultyp. Ebenso konnte gezeigt werden, dass sich auch die marginalen Produktionskosten der universitären Leistungen merklich zwischen den verschiedenen Hochschulen und Hochschultypen unterscheiden (Tabelle 18). In diesem Sinne geht die zentrale Empfehlung der thematischen und funktionalen Ausweitung der Hochschulaktivität mit dem Vorbehalt einher, dass nicht jede Erweiterung Effizienzvorteile mit sich bringt. Mindestens in komparativer Hinsicht sollte eine Zuweisung zusätzlicher Aufgaben zu einzelnen Hochschulen wohlbedacht sein. Die Ergebnisse legen es demnach nahe, die allgemeinen Beobachtungen mit einer Untersuchung des jeweiligen Einzelfalls zu verbinden. Auch für die weitere Forschung stellt sich hier die Frage, welche ausschlaggebenden Gründe im Einzelfall dafür sorgen, dass der Verbund von Disziplinen und Funktionen die organisationale Effizienz erhöht?

Eine weitere Erkenntnis dieser Arbeit, die weniger für die zunehmende Größe von Hochschulorganisationen per se spricht, sondern eher für ihre fachliche und funktionale Breite, ist das Skalenverhalten der universitären Produktionsfunktion. Tatsächlich misst das Modell für eine replizierende Ausweitung der finanziellen Mittel durchweg fallende Skalenerträge (11.4.3). Eine Erweiterung der fachlichen und funktionalen Breite, kollidiert diesbezüglich mit der Aussicht, dass die Hochschulen ihr angestammtes Grenzproduktivitätsniveau tendenziell nicht aufrechterhalten können, wenn sie sich vergrößern. Durch die Einbindung der Zitationszahlen als Proxy für Forschungsoutput konnten die Drittmittel in dieser Arbeit zum ersten Mal im Zuge einer Effizienzanalyse als Inputvariable definiert werden. Dadurch ergibt sich ein geteiltes Bild des Skalenverhaltens, sobald man die anhaltende Ausweitung der Drittmittelfinanzierung betrachtet. In diesem Fall zeigen insbesondere die großen Volluniversitäten Potenzial für zunehmende Skalenerträge (11.4.3). Warum gerade die Volluniversitäten in der Lage sind, sowohl den Verbund als auch ihr organisationales Wachstum effektiv zu handhaben, stellt eine interessante Ausgangsfrage für zukünftige Forschungsarbeiten dar. Dies gilt im Besonderen auch für die Frage, warum man gerade in den Volluniversitäten einen besonders effektiven Umgang mit Drittmitteln beobachten kann.

Mit dem Zweiklang von *externer* und *interner* Hochschuldiversität wurde im zweiten Teil (Kapitel 7) eine nützliche Differenzierung eingeführt, die zur konstruktiven Diskussion über die Organisation der Hochschullandschaft beitragen kann. Diese Unterscheidung ermöglicht es beispielsweise, das differenzierte Ziel zu formulieren, zugleich eine wünschenswerte Vielfalt *zwischen* den Hochschulen zu verfolgen, ohne dabei die Vielfalt *innerhalb* der einzelnen Hochschule, und damit mögliche Verbundeffekte, infrage zu stellen.

Dass dieses Ziel aus Sicht der *internen Hochschuldiversität* in der deutschen Hochschullandschaft tatsächlich verfolgt wird, konnte Kapitel 7 offenlegen. So lässt sich seit der Wiedervereinigung in den Universitäten eine gleichbleibend hohe thematische Breite beobachten. In den privaten Hochschulen und in den Fachhochschulen erkennt man sogar Tendenzen in Richtung einer wachsenden thematischen Breite. Die Entwicklung der letzteren kam dabei jedoch Mitte der 2000er Jahre zum Stillstand. Isomorphistische Theorien, nach denen es zu einer organisationalen Konvergenz zwischen Fachhochschulen und Universitäten kommen werde („Academic Drift“), lassen sich daher empirisch nicht unterstützen (3.2.2., 7.3).

Hinsichtlich der *externen Hochschuldiversität* gibt diese Arbeit den Überlegungen zur organisationalen Aufstellung des Hochschulsystems eine systematische Klassifikation der Hochschullandschaft an die Hand (Kapitel 6). Die Klassifikation zeigt, dass in Deutschland eine relativ klare Ordnung relativ homogener Gruppen von Hochschulen existiert, in der einzelne Hochschultypen unterschiedliche Nischen des fachlichen und funktionalen Spektrums abdecken.

Mithilfe der Ordnung können Bereiche der Hochschullandschaft identifiziert werden, in denen Potenzial für eine stärkere Differenzierung steckt. Dazu gehören beispielsweise die Fachhochschulen, unter denen man eine ausgeprägte organisationale Gleichartigkeit beobachten kann, die nur von den Kunst- und Verwaltungsfachhochschulen übertroffen wird (6.4.1). Die größte externe Diversität findet man dagegen bei den kleinen technischen Forschungshochschulen und, in geringerem Maße, bei den kleinen, eher

gesellschaftswissenschaftlich orientierten Universitäten.<sup>135</sup> Auch über die eigentliche Analyse hinaus eignet sich die Klassifikation als ein nützlicher Ausgangspunkt für aufbauende Analyseverfahren. Im dritten Teil dieser Arbeit konnte dies bereits demonstriert werden. Hier wurden die Clusterzentren als Referenzpunkte für die Messung von Verbundeffekten genutzt (11.4).

Diese Arbeit bietet auch zahlreiche Anknüpfungspunkte für die künftige Forschung. Ein Beispiel dafür stellt die Integration von alternativen Output- und Strukturvariablen in die vorgestellten Modelle dar. Vor allem die methodische Vorarbeit im Zuge der Clusteranalyse bietet hier die Möglichkeit, andere strukturgebende Merkmale in den Klassifikationsprozess miteinzubeziehen. Aber auch innerhalb der Effizienzanalyse ließen sich andere Hochschuloutputs definieren. Insbesondere die „dritte Mission“, also der Technologie- und Wissenstransfer, gewinnt zunehmend an Bedeutung (Hartung 2016) und könnte daher in Form von Proxyvariablen Einzug in die Modelle finden. Darüber hinaus würde es ein vielversprechendes Forschungsziel zukünftiger Arbeiten darstellen, auf eine bessere Abbildung der Lehrqualität innerhalb der Outputvariablen hinzuarbeiten.

Durch den Einsatz der Zitationszahlen als Proxy für Forschungsoutput eröffnet sich auch in dieser Hinsicht weiterer Raum für alternative methodische Ansätze. Insbesondere die Anwendung bibliometrischer Methoden zur adäquaten Gewichtung der Zitationen stellt diesbezüglich eine vielversprechende Erweiterung dieser Arbeit dar. Aber auch die davon abgeleitete Integration der Drittmittel als Inputvariable bietet neue Forschungsmöglichkeiten. So wären Experimente, die eine kausale Interpretation zwischen Outputeffizienz und Drittmittelfinanzierung zuließen, für das Forschungsgebiet von besonderer Bedeutung.

---

<sup>135</sup> Zudem lässt sich in der Analyse eine Vielzahl an „Orchideenhochschulen“ identifizieren, die als Sonderfälle eine besondere Rolle in der Hochschullandschaft einnehmen (6.4.2).

## Literaturverzeichnis

- Agasisti, Tommaso, & Johnes, Geraint. (2010). Heterogeneity and the evaluation of efficiency: the case of Italian universities. *Applied Economics*, 42, 1365–1375.
- Aigner, Dennis, Lovell, C. A. Knox, & Schmidt, Peter. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6, 21–37.
- Akaike, Hirotogu. (1998). Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. In *Selected Papers of Hirotogu Akaike* (S. 199–213). New York: Springer.
- Anderson, C. Arnold, Bowman, Mary J., & Tinto, Vincent. (1972). *Where Colleges Are and Who Attends: Effects of Accessibility on College Attendance*. New York: McGraw-Hill.
- Anríquez, Gustavo, & Daidone, Silvio. (2010). Linkages between the farm and nonfarm sectors at the household level in rural Ghana: a consistent stochastic distance function approach. *Agricultural Economics*, 41, 51–66.
- Balassa, Bela. (1965). Trade Liberalisation and “Revealed” Comparative Advantage. *The Manchester School*, 33, 99–123.
- Balk, Bert M. (2001). Scale Efficiency and Productivity Change. *Journal of Productivity Analysis*, 15, 159–183.
- Banscherus, Ulf, Engel, Ole, Mindt, Anne, Spexard, Anna, & Wolter, Andrä. (2015). *Differenzierung im Hochschulsystem: Nationale und internationale Entwicklungen und Herausforderungen*. Münster: Waxmann.
- Barz, Heiner. (2010). *Handbuch Bildungsfinanzierung*. Wiesbaden: Springer.
- Battese, George E., & Coelli, Tim J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153–169.
- Baumol, William J., Panzar, John C., & Willig, Robert D. (1982). *Contestable markets and the theory of industry structure*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Bellman, Richard E. (1990). *Adaptive Control Processes: A Guided Tour*. Princeton: Princeton University Press.
- Berndt, Ernst R., & Christensen, Laurits R. (1973). The translog function and the substitution of equipment, structures, and labor in U.S. manufacturing 1929-68. *Journal of Econometrics*, 1, 81–113.
- Birnbaum, Robert. (1983). *Maintaining Diversity in Higher Education* (1. Edition). San Francisco: Jossey-Bass.
- Blackorby, Charles, & Russell, R. Robert. (1989). Will the Real Elasticity of Substitution Please Stand Up? (A Comparison of the Allen/Uzawa and Morishima Elasticities). *The American Economic Review*, 79, 882–888.
- Bogetoft, Peter, & Otto, Lars. (2010). *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. New York: Springer.
- Bonaccorsi, Andrea, & Daraio, Cinzia. (2009). Characterizing the European university system: a preliminary classification using census microdata. *Science and Public Policy*, 36, 763–775.
- Bonaccorsi, Andrea, Daraio, Cinzia, & Simar, Léopold. (2006). Advanced indicators of productivity of universities: An application of robust nonparametric methods to Italian data. *Scientometrics*, 66, 389–410.

- Briec, Walter, Kerstens, Kristiaan, & Eeckaut, Philippe V. (2004). Non-convex Technologies and Cost Functions: Definitions, Duality and Nonparametric Tests of Convexity. *Journal of Economics*, 81, 155–192.
- Brockmeier, Martina. (2017). Differenzierung im Hochschulsystem zwischen Bildungsauftrag und Selbstentwurf. Keynote. *Tagung Wissenschaftsrat*, 18.05.2017. Wien.
- Brusoni, Stefano, & Geuna, Aldo. (2003). An international comparison of sectoral knowledge bases: persistence and integration in the pharmaceutical industry. *Research Policy*, 32, 1897–1912.
- Bundesagentur für Arbeit. (1975). *Klassifikation der Berufe 1975*. Wiesbaden.
- Bundesagentur für Arbeit. (2010). *Klassifikation der Berufe 2010*. Wiesbaden.
- Carnegie Commission on Higher Education. (1973). *The Purposes and the Performance of Higher Education in the United States: Approaching the Year 2000*. New York: McGraw-Hill.
- Carnegie Commission on Higher Education. (1994). *A classification of institutions of higher education*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Carnegie Commission on Higher Education. (2001). *The Carnegie classification of institutions of higher education*. Menlo Park: Carnegie Publication.
- Christensen, Laurits R., Jorgenson, Dale W., & Lau, Lawrence J. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55, 28–45.
- Coase, Ronald H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 4, 386–405.
- Cobb, Charles W., & Douglas, Paul H. (1928). A Theory of Production. *The American Economic Review*, 18, 139–165.
- Codling, Andrew, & Meek, Lynn V. (2006). Twelve Propositions on Diversity in Higher Education. *Higher Education Management and Policy*, 18, 1–24.
- Coelli, Tim. (2000). *On the econometric estimation of the distance function representation of a production technology* (CORE Discussion Papers). Université catholique de Louvain: Center for Operations Research and Econometrics (CORE).
- Coelli, Tim J., & Henningsen, Arne. (2017). *R package „frontier“: Stochastic Frontier Analysis*.
- Coelli, Tim J., & Perelman, Sergio. (2000). Technical efficiency of European railways: a distance function approach. *Applied Economics*, 32, 1967–1976.
- Coelli, Timothy J., Rao, Dodla S. P., O'Donnell, Christopher J., & Battese, George E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. New York: Springer.
- Cohn, Elchanan, Rhine, Sherrie L. W., & Santos, Maria C. (1989). Institutions of Higher Education as Multi-Product Firms: Economies of Scale and Scope. *The Review of Economics and Statistics*, 71, 284–290.
- Darwin, Charles R. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray.
- De Grauwe, Paul, & Camerman, Filip. (2002). How big are the big multinational companies? *Tijdschrift Voor Economie En Management*, 47.
- De Witte, Kristof, & Marques, Rui C. (2011). Big and beautiful? On non-parametrically measuring scale economies in non-convex technologies. *Journal of Productivity Analysis*, 35, 213–226.
- Delfgaauw, Josse, & Dur, Robert. (2007). Incentives and Workers' Motivation in the Public Sector. *The Economic Journal*, 118, 171–191.
- Destatis. (2014). *Studierende an Hochschulen*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). (2012). *Förderatlas 2012: Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung in Deutschland*. Bonn: Wiley.
- Diewert, Walter. (1971). An Application of the Shephard Duality Theorem: A Generalized Leontief Production Function. *Journal of Political Economy*, 79, 481–507.
- DiMaggio, Paul J., & Powell, Walter W. (1983). The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. *American Sociological Review*, 48, 147–160.
- Dixit, Avinash. (2002). Incentives and Organizations in the Public Sector: An Interpretative Review. *The Journal of Human Resources*, 37, 696–727.
- Dotterweich, Douglas, & Baryla Jr., Edward A. (2005). Non-resident Tuition and Enrollment in Higher Education: Implications for Tuition Pricing. *Education Economics*, 13, 375–385.
- Edwards, Nancy. (2014). *The Professional Partnership: An Alternative Paradigm for University Governance*. Karlsruher Institut für Technologie: Dissertation.
- Eisert, Rebecca, Granzow, Axel, & Junker, Pit. (2013). Mittelstand: Mit exotischen Produkten zum Erfolg. *Wirtschaftswoche*.
- Ester, Martin, Kriegel, Hans-Peter, Sander, Jörg, & Xu, Xiaowei. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In *KDD 96 Proceedings* (S. 226–231).
- Eucken, Walter. (1949). Die Wettbewerbsordnung und ihre Verwirklichung. *Ordo : Jahrbuch für die Ordnung von Wirtschaft und Gesellschaft*, 2, 1–99.
- Everitt, Brian S., Landau, Sabine, Leese, Morven, & Stahl, Daniel. (2011). *Cluster Analysis*. Chichester: Wiley.
- Färe, Rolf. (1988). *Fundamentals of Production Theory*. Berlin: Springer.
- Färe, Rolf, & Grosskopf, Shawna. (1990). A distance function approach to price efficiency. *Journal of Public Economics*, 43, 123–126.
- Färe, Rolf, & Primont, Daniel. (1995). *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*. New York: Springer.
- Farrell, Michael J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, 253–290.
- Ford, Henry. (1922). *My Life and Work*. New York: Doubleday, Page & Company.
- Garvin, David A. (1980). *The Economics of University Behavior*. New York: Academic Press.
- Gralka, Sabine. (2018). Persistent inefficiency in the higher education sector: evidence from Germany. *Education Economics*, 26, 373–392.
- Gralka, Sabine, Wohlrabe, Klaus, & Bornmann, Lutz. (2018). *How to Measure Research Efficiency in Higher Education? Research Grants vs. Publication Output* (CESifo Working Paper Series Nr. 7055).
- Gravelle, Hugh, & Rees, Ray. (2004). *Microeconomics* (3. Edition). Harlow: Pearson Education Limited.
- Greene, William H. (1990). A Gamma-distributed stochastic frontier model. *Journal of Econometrics*, 46, 141–163.
- Grosskopf, Shawna, Margaritis, Dimitris, & Valdmanis, Vivian. (1995). Estimating output substitutability of hospital services: A distance function approach. *European Journal of Operational Research*, 80, 575–587.

- Hannan, Michael T., & Freeman, John. (1977). The Population Ecology of Organizations. *American Journal of Sociology*, 82, 929–964.
- Hanusch, Horst, Kuhn, Thomas, & Cantner, Uwe. (2000). *Volkswirtschaftslehre 1: Grundlegende Mikro- und Makroökonomie* (5. Edition). Berlin: Springer.
- Hartigan, John A., & Wong, M. Anthony. (1979). Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society*, 28, 100–108.
- Hartung, Manuel J. (2016). Die dritte Mission. *Die Zeit*. Abgerufen von <https://www.zeit.de/2016/19/universitaeten-exzellenzinitiative-exzellenzverbuende-zukunftsvision>
- Hattie, John. (2003). Teachers Make a Difference: What is the Research Evidence? Gehalten auf der ACER Research Conference, Melbourne.
- Hattie, John, & Marsh, Herbert W. (1996). The Relationship between Research and Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 66, 507–542.
- Hawley, Amos H. (1950). *Human ecology: a theory of community structure*. New York: Ronald Press.
- Henningsen, Arne. (2015). *Introduction to Econometric Production Analysis with R*. Leanpub. Abgerufen von <https://leanpub.com/ProdeconR>
- Herberholz, Lars, & Wigger, Berthold U. (2016). Die Allokation der Fördermittel des Qualitätspakts Lehre – Evidenz für den Matthäus-Effekt. *Mimeo*.
- Holmstrom, Bengt. (1982). Moral Hazard in Teams. *The Bell Journal of Economics*, 13, 324–340.
- Huisman, Jeroen, Lepori, Benedetto, Seeber, Marco, Frölich, Noline, & Scordato, Lisa. (2015). Measuring institutional diversity across higher education systems. *Research Evaluation*, 24, 369–379.
- Huisman, Jeroen, Meek, Lynn, & Wood, Fiona. (2007). Institutional Diversity in Higher Education: a Cross-National and Longitudinal Analysis. *Higher Education Quarterly*, 61, 563–577.
- IHI Zittau. (2017). Geschichte des IHI Zittau. Abgerufen 10. Juli 2018, von <https://tu-dresden.de/ihizittau/das-ihizittau/profil/geschichte/>
- Initiativkreis Europäische Metropolregionen in Deutschland. (2018). Mitglieder IKM. Abgerufen 28. Juni 2018, von <http://www.deutsche-metropolregionen.org/mitglieder/>
- Izadi, Hooshang, Johnes, Geraint, Oskrochi, Reza, & Crouchley, Robert. (2002). Stochastic frontier estimation of a CES cost function: the case of higher education in Britain. *Economics of Education Review*, 21, 63–71.
- Jensen, Michael, C. & Meckling, William H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, 3, 305–360.
- Johnes, Geraint, & Schwarzenberger, Astrid. (2011). Differences in cost structure and the evaluation of efficiency: the case of German universities. *Education Economics*, 19, 487–499.
- Johnes, Jill. (2010). Efficiency and Input- and Output-Substitutability in English Higher Education 1996/97 to 2007/08: A Parametric Distance Function Approach. *SSRN Scholarly Paper*.
- Johnes, Jill. (2014). Efficiency and Mergers in English Higher Education 1996/97 to 2008/9: Parametric and Non-parametric Estimation of the Multi-input Multi-output Distance Function. *The Manchester School*, 82, 465–487.
- Kempkes, Gerhard, & Pohl, Carsten. (2010). The efficiency of German universities—some evidence from nonparametric and parametric methods. *Applied Economics*, 42, 2063–2079.
- Kerr, Clark. (1982). “The Uses of the University” Two Decades Later. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 14, 23–31.

- Kogan, Jacob, Nicholas, Charles, & Teboulle, Marc (Hrsg.). (2006). *Grouping Multidimensional Data: Recent Advances in Clustering*. Berlin: Springer-Verlag.
- Koshal, Rajindar K., & Koshal, Manjulika. (1999). Economies of scale and scope in higher education: a case of comprehensive universities. *Economics of Education Review*, 18, 269–277.
- Kumbhakar, Subal C., & Lovell, C. A. Knox. (2003). *Stochastic Frontier Analysis* (1. Edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Laband, David N., & Lentz, Bernard F. (2003). New Estimates of Economies of Scale and Scope in Higher Education. *Southern Economic Journal*, 70, 172–183.
- Lambert, Ben. (2014). Econometrics. Abgerufen 10. Juli 2018, von <https://ben-lambert.com/econometrics/>
- Lance, Godfrey, & Williams, William T. (1967). Mixed-Data Classificatory Programs I - Agglomerative Systems. *Australian Computer Journal*, 15–20.
- Lepori, Benedetto, Huisman, Jeroen, & Seeber, Marco. (2014). Convergence and differentiation processes in Swiss higher education: an empirical analysis. *Studies in Higher Education*, 39, 197–218.
- Lloyd, Stuart P. (1982). Least squares quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*, 28, 129–137.
- Longlong, Hou, Fengliang, Li, & Weifang, Min. (2009). Multi-product total cost functions for higher education: The case of Chinese research universities. *Economics of Education Review*, 28, 505–511.
- Lovell, C. A. Knox, Travers, Peter, Richardson, Sue, & Wood, Lisa. (1994). Resources and Functionings: A New View of Inequality in Australia. In *Models and Measurement of Welfare and Inequality* (S. 787–807). Berlin: Springer.
- Luhmann, Niklas. (1990). *Die Wissenschaft der Gesellschaft* (1. Edition). Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Mackensen, Lutz. (2013). *Ursprung der Wörter: Das etymologische Wörterbuch der deutschen Sprache*. München: Bassermann Verlag.
- Mankiw, N. Gregory. (2011). *Principles of Economics* (6. Edition). Mason: Cengage Learning.
- Marsh, Herbert W., & Hattie, John. (2002). The Relation between Research Productivity and Teaching Effectiveness: Complementary, Antagonistic, or Independent Constructs? *The Journal of Higher Education*, 73, 603–641.
- McFadden, Daniel. (1978). Cost, Revenue, and Profit Functions. In *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications*. Amsterdam: North-Holland.
- Meeusen, Wim, & van Den Broeck, Julien. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*, 18, 435–444.
- Metzler, Gabriele (2017). Was vom Humboldt Jahr übrig blieb. *Der Tagesspiegel*. Abgerufen von <https://www.tagesspiegel.de/wissen/humboldt-universitaet-zu-berlin-was-vom-humboldt-jahr-uebrig-blieb/20453392.html>
- Milgrom, Paul, & Roberts, John. (1990). Bargaining costs, influence costs, and the organization of economic activity. In *Perspectives on positive Political Economy* (Bd. 57, S. 57–89). Cambridge: Cambridge University Press.
- Milgrom, Paul, & Roberts, John. (1992). *Economics, Organization & Management*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

- Moodie, Gavin. (2015). How Different Are Higher Education Institutions in the UK, US and Australia? The Significance of Government Involvement. *Higher Education Quarterly*, 69, 3–36.
- Morphew, Christopher C. (2009). Conceptualizing Change in the Institutional Diversity of U.S. Colleges and Universities. *The Journal of Higher Education*, 80, 243–269.
- Neave, Guy. (1979). Academic drift: Some views from Europe. *Studies in Higher Education*, 4, 143–159.
- Nemoto, Jiro, & Furumatsu, Noriko. (2014). Scale and scope economies of Japanese private universities revisited with an input distance function approach. *Journal of Productivity Analysis*, 41, 213–226.
- North, Douglass C. (1991). Institutions. *The Journal of Economic Perspectives*, 5, 97–112.
- North, Douglass C. (1993). The New Institutional Economics and Development. *Economic History*.
- North, Douglass C. (1994). Economic Performance Through Time. *The American Economic Review*, 84, 359–368.
- O'Donnell, Christopher J. (2014). Econometric estimation of distance functions and associated measures of productivity and efficiency change. *Journal of Productivity Analysis*, 41, 187–200.
- Olivares, Maria, & Wetzel, Heike. (2014). Competing in the Higher Education Market: Empirical Evidence for Economies of Scale and Scope in German Higher Education Institutions. *CESifo Economic Studies*, 60, 653–680.
- Olson, Mancur. (1992). *Die Logik des kollektiven Handelns: Kollektivgüter und die Theorie der Gruppen*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Ostrom, Elinor. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. New York: Cambridge University Press.
- Paletschek, Sylvia. (2007). Zurück in die Zukunft?: Universitätsreformen im 19. Jahrhundert. In *Das Humboldt-Labor. Experimentieren mit den Grenzen der klassischen Universität* (S. 11–16). Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- Panzar, John C., & Willig, Robert D. (1981). Economies of Scope. *The American Economic Review*, 71, 268–272.
- Paul, Catherine J. Morrison, Johnston, Warren E., & Frengley, Gerald A. G. (2000). Efficiency in New Zealand Sheep and Beef Farming: The Impacts of Regulatory Reform. *The Review of Economics and Statistics*, 82, 325–337.
- Paul, Catherine J. Morrison, & Nehring, Richard. (2005). Product diversification, production systems, and economic performance in U.S. agricultural production. *Journal of Econometrics*, 126, 525–548.
- Pauly, Mark V. (1968). The Economics of Moral Hazard: Comment. *American Economic Review*, 58, 531–537.
- Pearson, Karl (1901). On lines and planes of closest fit to a system of points in space. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 6, 559–572.
- Pelleg, Dan, & Moore, Andrew W. (2000). X-means: Extending K-means with Efficient Estimation of the Number of Clusters. In *Proceedings of the Seventeenth International Conference on Machine Learning* (S. 727–734). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Pfeffer, Jeffrey, & Salancik, Gerald R. (2003). *The External Control of Organizations: A Resource Dependence Perspective*. Stanford: Stanford University Press.

- Porter, Michael E. (1999). *Wettbewerb und Strategie*. München: Econ Verlag.
- Quast, Heiko, & Scheller, Percy. (2015). Vertikale Differenzierung der Hochschullandschaft und Bildungsungleichheit. In *Differenzierung im Hochschulsystem. Nationale und internationale Entwicklungen und Herausforderungen*. Münster: Waxmann Verlag.
- R Development Core Team. (2008). *R: A language and environment for statistical computing*. Wien: R Foundation for Statistical Computing.
- Rensing, Christoph. (2013). MOOCs – Bedeutung von Massive Open Online Courses für die Hochschullehre. *PIK - Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 36, 141–145.
- Riesman, David. (1958). *Constraint and Variety in American Education*. New York: Anchor Doubleday.
- Robinson, James, Acemoglu, Daron, & Johnson, Simon. (2005). Institutions as a Fundamental Cause of Long-Run Growth. *Handbook of Economic Growth*, 1A, 386–472.
- Romesburg, Charles. (2004). *Cluster Analysis for Researchers*. Lulu.com.
- Rorty, Richard. (2004). Wissen deutsche Politiker, wozu Universitäten da sind? *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. Abgerufen von <http://www.faz.net/1.177778>
- Rossi, Federica. (2009). Increased Competition and Diversity in Higher Education: An Empirical Analysis of the Italian University System. *Higher Education Policy*, 22, 389–413.
- Rossi, Federica. (2010). Massification, competition and organizational diversity in higher education: evidence from Italy. *Studies in Higher Education*, 35, 277–300.
- Schumpeter, Joseph A. (1912). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Schwalbach, Joachim. (2014). *Produktionstheorie* (2. Edition). München: Vahlen.
- Schwennicke, Christoph (2017). Wilhelm von Humboldt, der liberale Rebell. *Cicero*. Abgerufen von <https://www.cicero.de/kultur/cicero-im-mai-wilhelm-von-humboldt-der-liberale-rebell>
- Shephard, Ronald W. (1953). *Cost and production functions*. Princeton: Princeton University Press.
- Shephard, Ronald W. (1970). *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton: Princeton University Press.
- Shin, Jung C. (2009). Classifying higher education institutions in Korea: a performance-based approach. *Higher Education*, 57, 247–266.
- Smith, Adam. (1853). *The Theory of Moral Sentiments*. London: Henry G. Bohn.
- Smith, Adam. (1904). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London: Methuen & Co.
- Sneath, Peter H. A. (1957). The application of computers to taxonomy. *Journal of General Microbiology*, 17, 201–226.
- Sokal, Robert R. (1958). A Statistical Method for Evaluating Systematic Relationships. *University of Kansas Science Bulletin*.
- Sørensen, Thorvald. (1948). *A Method of Establishing Groups of Equal Amplitude in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons*. Kopenhagen: Munksgaard.
- Spence, Michael. (1973). Job Market Signaling. *The Quarterly Journal of Economics*, 87, 355–374.
- Stadtman, Verne A. (1980). *Academic Adaptations. Higher Education Prepares for the 1980s and 1990s*. San Francisco: Jossey-Bass.

- Stanley, Gordon, & Reynolds, Pat. (1994). Similarity grouping of Australian universities. *Higher Education*, 27, 359–366.
- Stanley, Richard P. (1986). What Is Enumerative Combinatorics? In *Enumerative Combinatorics* (S. 1–63). Boston: Springer.
- Statistisches Bundesamt. (2013a). *Hochschulen auf einen Blick*. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt. (2013b). *Prüfungen an Hochschulen* (Reihe 4.2 Fachserie 11). Wiesbaden.
- Steinhaus, Hugo. (1957). Sur la division des corps matériels en parties. *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences*, 12, 801–804.
- Steinley, Douglas. (2003). Local optima in K-means clustering: what you don't know may hurt you. *Psychological Methods*, 8, 294–304.
- Stevenson, Rodney E. (1980). Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation. *Journal of Econometrics*, 13, 57–66.
- Stiglitz, Joseph E. (2002). Information and the Change in the Paradigm in Economics. *The American Economic Review*, 92, 460–501.
- Studieren.de. (2017). Studiengänge an Universitäten, Fachhochschulen und Berufsakademien. Abgerufen von <https://studieren.de/studiengangliste.0.html>
- Teichler, Ulrich. (1974). Struktur des Hochschulwesens und "Bedarf" an sozialer Ungleichheit. *Mitteilungen Aus Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 197–209.
- Teichler, Ulrich. (2005). *Hochschulstrukturen im Umbruch: Eine Bilanz der Reformdynamik seit vier Jahrzehnten* (1. Edition). Frankfurt: Campus Verlag.
- Teixeira, Pedro, & Amaral, Alberto. (2001). Private Higher Education and Diversity: An Exploratory Survey. *Higher Education Quarterly*, 55, 359–395.
- Teixeira, Pedro Nuno, Rocha, Vera, Biscaia, Ricardo, & Cardoso, Margarida F. (2012). Competition and diversity in higher education: an empirical approach to specialization patterns of Portuguese institutions. *Higher Education*, 63, 337–352.
- TU 9. (2006). Vereinssatzung des „TU 9 German Institutes of Technology e.V.“ Abgerufen 10. Juli 2018, von [https://www.tu9.de/media/docs/tu9/2015\\_Satzung\\_TU9\\_e\\_V.pdf](https://www.tu9.de/media/docs/tu9/2015_Satzung_TU9_e_V.pdf)
- Tullock, Gordon. (1967). The Welfare Costs of Tariffs, Monopolies, and Theft. *Economic Inquiry*, 5, 224–232.
- Universität Erfurt. (2017). Unser Profil. Abgerufen 11. Juli 2018, von <https://www.uni-erfurt.de/uni/portraet/>
- Universität Hildesheim. (2017). Leitbild der Stiftung Universität Hildesheim. Abgerufen 11. Juli 2018, von <https://www.uni-hildesheim.de/profil/leitbild/>
- Universität Koblenz · Landau. (2017). Wir über uns. Abgerufen 11. Juli 2018, von <https://www.uni-koblenz-landau.de/de/uni/profil/ueber-uns>
- van den Broeck, Julien, Koop, Gary, Osiewalski, Jacek, & Steel, Mark F. J. (1994). Stochastic frontier models: A Bayesian perspective. *Journal of Econometrics*, 61, 273–303.
- van Vught, Frans A. (2008). Mission Diversity and Reputation in Higher Education. *Higher Education Policy*, 21, 151–174.
- van Vught, Frans A., Kaiser, Frans, File, John M., Gaethgens, Christiane, Peter, Rolf, & Westerheijden, Don F. (2010). *U-Map: The European classification of higher education institutions*. Enschede: CHEPS.
- Varian, Hal R. (1992). *Microeconomic Analysis*. New York: Norton & Company.

- Varian, Hal R. (2006). *Intermediate Microeconomics*. New York: Norton & Company.
- von Bruch, Rüdiger, Fichte, Johann G., Schleiermacher, Friedrich D. E., von Humboldt, Wilhelm, & Marksches, Christoph. (2010). *Gründungstexte: Festgabe zum 200-jährigen Jubiläum der Humboldt-Universität zu Berlin*. Humboldt-Universität zu Berlin.
- von Hayek, Friedrich A. (1945). The Use of Knowledge in Society. *American Economic Review*, 4, 519–530.
- von Hayek, Friedrich A. (1968). *Der Wettbewerb als Entdeckungsverfahren*. Kiel: Institut für Weltwirtschaft.
- von Hayek, Friedrich A. (1975). Die Anmaßung von Wissen. In *ORDO – Jahrbuch für die Ordnung von Wirtschaft und Gesellschaft* (Bd. 26, S. 12–21).
- von Humboldt, Wilhelm. (1809). Zur Gründung der Universität Berlin. In Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), *Wilhelm von Humboldts Gesammelte Schriften*. Berlin: B. Behr's Verlag.
- von Mises, Ludwig. (1940). *Nationalökonomie: Theorie des Handelns und Wirtschaftens*. München: Philosophia.
- Voss, Julia, & Darwin, Charles. (2008). *Reise eines Naturforschers um die Welt* (3. Edition). Frankfurt: Insel Verlag.
- Ward, Joe H. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.
- Wigger, Berthold U. (2015). Unternehmerische Universität: Wissensfabriken sind keine Wurstfabriken. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. Abgerufen von <http://www.faz.net/1.3712629>
- Wilkinson, James Hardy. (1965). *The Algebraic Eigenvalue Problem*. Oxford: Clarendon Press.
- Williamson, Oliver E. (1990). *Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus: Unternehmen, Märkte, Kooperationen* (1. Edition). Tübingen: Mohr Siebeck.
- Wilson, James. (1989). *Bureaucracy: What Government Agencies Do And Why They Do It*. New York: Basic Books.
- Wissenschaftsrat. (2000). *Thesen zur künftigen Entwicklung des Wissenschaftssystems in Deutschland*. Berlin.
- Wissenschaftsrat. (2013). *Perspektiven des deutschen Wissenschaftssystems*. Braunschweig.
- Wissenschaftsrat und DFG. (2008). *Bericht der gemeinsamen Kommission zur Exzellenzinitiative an die gemeinsame Wissenschaftskonferenz*. Bonn.
- Wissenschaftsrat und DFG. (2015). *Bericht der gemeinsamen Kommission zur Exzellenzinitiative an die gemeinsame Wissenschaftskonferenz*. Bonn.
- Wolf, Christof, & Best, Henning (Hrsg.). (2010). *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*. Wiesbaden: Springer.
- Worthington, Andrew C., & Higgs, Helen. (2011). Economies of scale and scope in Australian higher education. *Higher Education*, 61, 387–414.

## Anhang

A1. Herleitung der 1. und 2. partiellen Ableitung der Outputdistanzfunktion

$$\frac{\delta D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_m} = \left( \alpha_m + \sum_n \alpha_{mn} \ln y_n + \sum_k \gamma_{mk} \ln x_k \right) \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m}$$

$$\frac{\delta^2 D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_m \delta y_{m'}} = \frac{\delta \left( \frac{\delta D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_m} \right)}{\delta y_{m'}} = \dots$$

I. wenn  $m \neq m'$ :

$$\begin{aligned} \dots &= \frac{\alpha_{mm'}}{y_{m'}} * \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m} + \frac{(\alpha_m + \sum_n \alpha_{mn} \ln y_n + \sum_k \gamma_{mk} \ln x_k)}{y_m} * \frac{\delta D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_{m'}} \\ &= \frac{\alpha_{mm'}}{y_{m'}} * \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m} + \frac{\varepsilon_{Dm} \varepsilon_{Dm'}}{y_m y_{m'}} D(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \\ &= \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m y_{m'}} * (\alpha_{mm'} + \varepsilon_{Dm} \varepsilon_{Dm'}) \end{aligned}$$

II. wenn  $m = m'$ :

$$\begin{aligned} \dots &= \frac{\alpha_{mm}}{y_m} * \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m} + \frac{(\alpha_m + \sum_n \alpha_{mn} \ln y_n + \sum_k \gamma_{mk} \ln x_k)}{y_m} * \frac{\delta D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\delta y_m} \\ &\quad - \left( \alpha_m + \sum_n \alpha_{mn} \ln y_n + \sum_k \gamma_{mk} \ln x_k \right) * \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m^2} \\ &= \frac{\alpha_{mm}}{y_m} * \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m} + \frac{\varepsilon_{Dm} \varepsilon_{Dm}}{y_m y_m} D(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - \frac{\varepsilon_{Dm} D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m^2} \\ &= \frac{D(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_m y_m} * (\alpha_{mm} + \varepsilon_{Dm} \varepsilon_{Dm} - \varepsilon_{Dm}) \end{aligned}$$

## A2. Bestimmung einer Proxy-Variablen zur Schätzung des Zitationsoutputs

Ein Problem des Modells entsteht unvermeidlich dadurch, dass neuere Publikationsjahrgänge weniger Zeit dazu hatten zitiert zu werden als ältere. Es stellt sich daher die Frage, ob und wie man mit diesem natürlichen Ungleichgewicht umgehen kann.

Eine naheliegende Näherung liegt in der Extrapolation der Zitationszahl eines einheitlichen, zeitnahen Nachfolgejahrs („Proxy“). Die zugrundeliegende Annahme ist, dass ein einheitliches Proportionalitätsverhältnis zwischen dem Proxy und der Gesamtzitationszahl besteht. Dann führt der der Zitationswert zum bestimmten Zeitpunkt aufgrund der linearen Homogenität (ersten Grades) der Outputdistanzfunktion zu denselben Ergebnissen.

Als Datenbasis der Auswertung dienen die Zitationsstatistiken der wissenschaftlichen Publikationen einer Hochschule pro Jahr. Diese lassen sich herunterbrechen auf die Zitationen des Publikationsjahrgangs pro Nachfolgejahr („Lag“). Wenn beispielsweise eine Hochschule  $i$  im Jahr  $t$  publiziert, dann beschreibt  $c_{it}^{t+1}$  die Gesamtanzahl aller dazugehörigen Zitationen im ersten vollständigen Kalenderjahr nach dem Publikationsjahr. Die publikationsbezogenen Zitationsdaten liegen von 1996 bis 2016 vor. Ein Testmodell auf das Verhalten der ersten fünf Jahre (1996-2000) lässt es also zu, den Verlauf bis Lag 16 zu untersuchen. Als Proxy für die Gesamtzitation dienen nun die aufsummierten Zitationen über die maximale Anzahl an Lags.

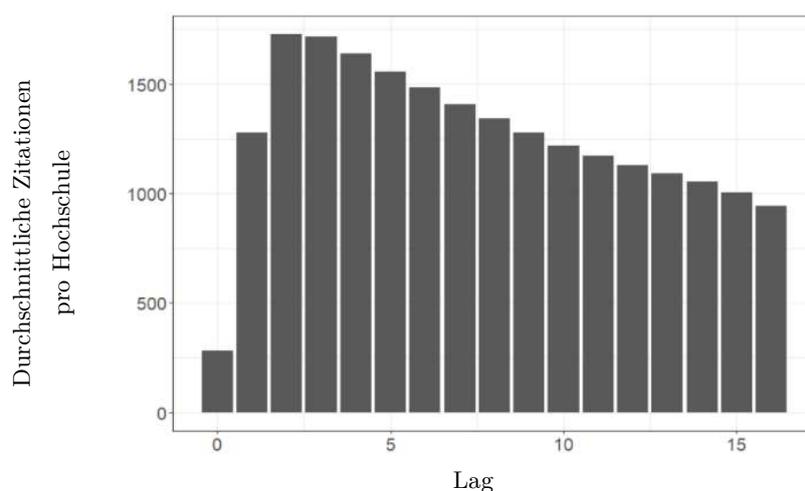


Abbildung 35: Jährliche Zitationshäufigkeit im jeweiligen Jahr nach Veröffentlichung

Um zu untersuchen, ob eine Proportionalität zwischen unterschiedlichen Lag-Werten oder Kombinationen und den Gesamtzitationen besteht, werden lineare Modelle ohne Achsenabschnittsparameter geschätzt. Beispielsweise für einen Lag  $L$

$$\hat{c}_{it}^{t+L_{max}} = \beta \hat{c}_{it}^{t+L}, \quad (45)$$

beziehungsweise für die Zitationssumme bis (inkl.) Lag  $L$

$$\hat{c}_{it}^{t+L_{max}} = \beta (\sum_{l=0}^L \hat{c}_{it}^{t+l}). \quad (46)$$

Es stellt sich heraus, dass bereits alle Modelle nicht aufsummierten Variablen mit  $L \geq 1$  ein Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) von über 0,99 erreichen und sich damit stark proportional verhalten. Auf dem hohen die Niveau nimmt das  $R^2$  mit höheren Lags stetig zu, daher bietet sich für die Wahl des Proxys für den Zitationsoutput ZIT im Arbeitsmodell der Lag-Wert mit dem höchstmöglichen Lag an. Für den Panelzeitraum bis 2013 beträgt dieser  $L = 2016 - 2013 = 3$ . Das Modell erreicht ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,995$ .

$$\hat{c}_{it}^{t+L_{max}} = \beta \hat{c}_{it}^{t+3} \quad \text{mit } \beta = 12,2268 \text{ (Standardfehler: } 0,0428) \quad (47)$$

### A3. Bestimmung der Kennzahl der relativen Opportunitätskosten

Um über den Verlauf hinweg vergleichbarere Resultate zu erzielen, untersuchen Grosskopf et al. (1995) die Grenzrate der Transformation relativ zum Outputverhältnis mit der Kennzahl  $sub_{m/m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ , oder wie Paul et al. (2000) es nennen mit den „relativen Opportunitätskosten“.

$$sub_{m/m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{p_m^*(\mathbf{x}, \mathbf{y})/p_{m'}^*(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_{m'}/y_m} = \frac{D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})/D_{m'}(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{y_{m'}/y_m} = {}^{136} \frac{\varepsilon_{D_o m}}{\varepsilon_{D_o m'}} \quad (48)$$

für alle  $m \neq m', m = 1, \dots, M$ .<sup>137</sup>

Grosskopf et al. sprechen dabei auch von der „Transformierbarkeit“ zweier Outputs. Mithilfe von  $sub_{m/m'}$  kann eine Ahnung über die komplementären Effekte verschiedener Outputs gewonnen werden, da die (prozentualen) Grenzeffekte der Outputs für ein bestimmtes Input-Output Verhältnis innerhalb der Technologie miteinander verglichen werden.

Liegt  $sub_{m/m'}$  für ein bestimmtes Referenzbündel  $(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  um den Wert 1, so lassen sich die beiden Outputs prozentual in vergleichbarer Größe gegeneinander transformieren. Größere Abweichungen von 1 sprechen für eine geringe Transformierbarkeit – was für eine relativ spezialisierte Allokation oder für eine große Unterschiedlichkeit in den Grenzprodukten der Outputs sprechen kann.

**Tabelle 29: Relative Opportunitätskosten (*sub*)**

<i>sub</i>	Volluniversität (mittelgroß)	Volluniversität (groß)	Gesellschaftsw. Universität	Technische ForschungSH	„TU7“
$sub_{art/sc}$	0,675	0,670	1,864	0,563	0,078
$sub_{art/rws}$	0,874	0,670	1,504	1,531	0,277
$sub_{art/zit}$	0,975	0,913	2,363	0,861	0,123
$sub_{sc/rws}$	1,296	1,000	0,807	2,722	3,555
$sub_{sc/zit}$	1,446	1,363	1,268	1,531	1,580
$sub_{rws/zit}$	1,115	1,364	1,572	0,563	0,444

<sup>136</sup>  $D_m(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  beschreibt die Ableitung der Output-Distanzfunktion nach Output  $y$ .

<sup>137</sup> Wobei  $\varepsilon_{D_o m} = \delta \ln D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y}) / \delta \ln y_m = \delta D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y}) / \delta y_m * (y_m / D_o(\mathbf{x}, \mathbf{y}))$  die Elastizität der Output-Distanzfunktion nach einem Output  $m$  beschreibt. Die logarithmierte Schreibweise wird im empirischen Teil in Form einer Translog-Funktion wieder aufgegriffen.

#### A4. Darstellung der Wertverteilungen aller Morishima-Elastizitäten

Die Morishima-Elastizität misst die Veränderung in der prozentualen Steigung der Transformationskurve, die aus einer einprozentigen Erhöhung des Outputverhältnisses zugunsten eines Outputs  $y_m$  resultiert. Da im Allgemeinen  $M_{m/m'} \neq M_{m'/m}$  gilt (10.3.2), erfordert die Untersuchung der Kennzahlwerte eine Betrachtung aller gegenseitigen Outputkombinationen.<sup>138</sup>

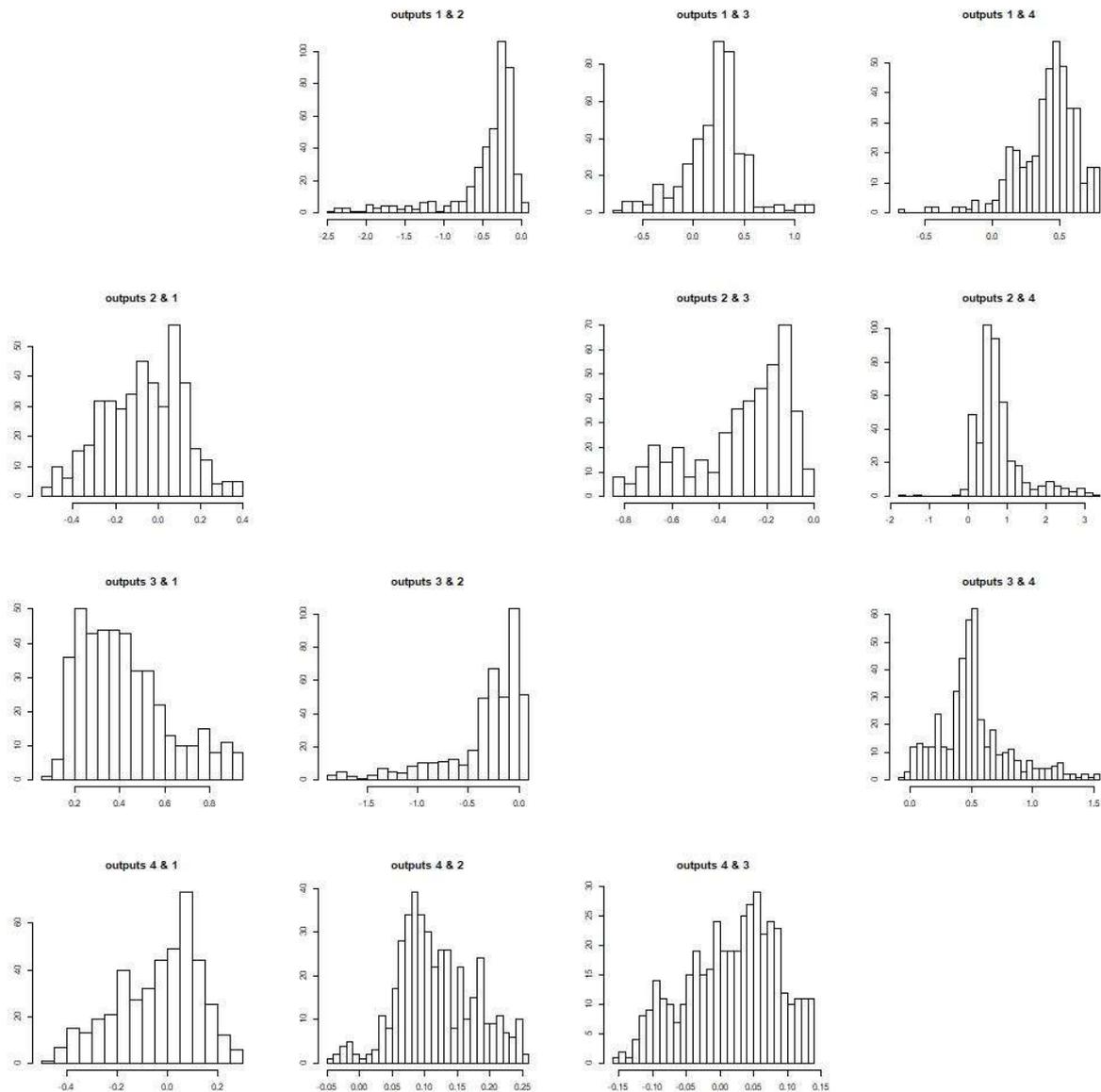
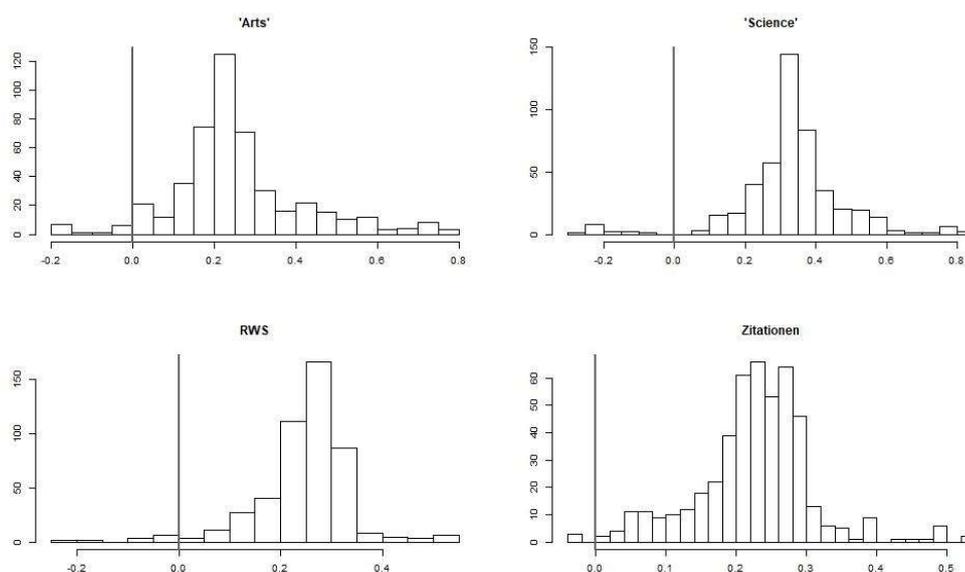


Abbildung 36: Verteilung der Morishima-Elastizitäten für alle gegenseitigen Outputkombinationen

<sup>138</sup> Die Outputs lauten: Studierende „Arts“ (1), Studierende „Science“ (2), Studierende „RWS“ (3) und Zitationen (4). Die Ausprägungen von  $M_{m/m'}$  sind mit outputs m & m' überschrieben.

### A5. Monotonieverhalten der Schätzfunktion

Im Folgenden soll untersucht werden, ob das Verhalten der Distanzfunktion im Einklang mit der an sie gestellten Annahmen der Monotonie (10.2.1) steht. Ein Weg zur Überprüfung des Monotonieverhaltens ist die Untersuchung der Grenzeffekte aller Hochschulen. Wie bereits erwähnt, müssen dazu neben den einfachen Termen auch die quadratischen und interagierenden Terme mitberücksichtigt werden. Daher eignen sich die Outputelastizitäten für diesen Zweck (Henningsen 2015). So scheint beispielsweise ein Parameterwert von  $\alpha_3 = -0,631$  ein unerwartetes Vorzeichen aufzuweisen. Es suggeriert, dass die Effizienz mit zusätzlichen sozialwissenschaftlichen Studierenden fällt, was einer Verletzung der Monotonieeigenschaft der Distanzfunktion gleichkäme.<sup>139</sup> Dabei werden jedoch Sekundäreffekte der Veränderung vernachlässigt, die in der entsprechenden Outputelastizität ( $\alpha_3 + \sum_n \alpha_{3n} \ln y_n + \sum_k \gamma_{k3} \ln x_k$ ) Berücksichtigung finden.



**Abbildung 37: Outputelastizitäten für alle Hochschulen und für den jeweiligen Output.**

<sup>139</sup> In anderen Studien treten diese unerwarteten Vorzeichen zumeist nicht auf, da sie eine Normierung aller Variablen mit ihren Mittelwerten (bzw. ihren Medianwerten) durchführen und sich die Elastizitäten damit direkt auf den relevanten Wertebereich beziehen. Diese Transformation führte in den hier betrachteten Modellen jedoch zu einer Veränderung der Kennzahlwerte, wodurch darauf verzichtet wurde.

Ein Blick auf die Werte in Abbildung 37 zeigt, dass die negativen Ausprägungen die klare Minderheit ausmachen (ca. 2%). Im relevanten Wertebereich verhält sich die Distanzfunktion also monoton.

Aus der Inputperspektive lässt sich die gleiche Beobachtung machen. Auch hier gibt es einen einfachen Term mit unerwartetem Vorzeichen. Die Untersuchung der Inputelastizitäten bescheinigt jedoch mit einer ebenso geringen Quote von in diesem Fall positiven Ausprägungen, dass sich die Funktion wie gewünscht relevanten Wertebereich monoton verhält (Abbildung 38).

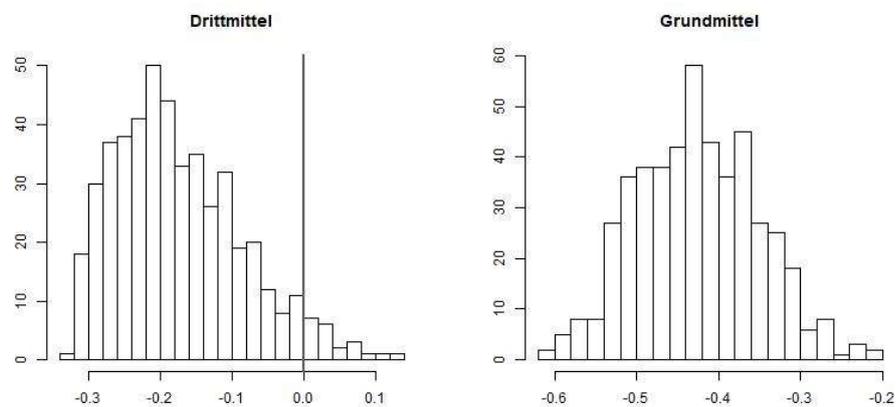


Abbildung 38: Inputelastizitäten für alle Hochschulen und für den jeweiligen Input

