



# HELENA



Higher Education Global  
Efficiency Analysis

Dipl.-Kfm. Sait Başkaya

## Vorgehensmodell zur Berücksichtigung von Interdependenzen zwischen Inputarten bei Effizienzanalysen im Hochschulbereich

Förderkennzeichen: 01 PW 11007



gefördert vom  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

HELENA-Projektbericht Nr. 6

ISSN 2194-0711

## Abstract

Im vorliegenden Bericht werden eventuelle Interdependenzen zwischen Inputarten analysiert und aufgedeckt. Dabei wird insbesondere, im positiven Falle einer Interdependenz zwischen konkreten Inputarten, versucht, eine Empfehlung für die Effizienzberechnung abzugeben, um ein sogenanntes „double accounting“ zu vermeiden.

*Das Forschungsprojekt „Higher Education Global Efficiency Analysis“ (HELENA) wird mit Finanzmitteln des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen: 01 PW 11007) und vom Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR): Neue Medien in der Bildung – Hochschulforschung begleitet. Die Projektmitglieder danken für die großzügige Unterstützung ihrer Forschungs- und Implementierungsarbeiten.*

# Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>Abstract.....</b>	<b>I</b>
<b>Abkürzungs- und Akronymverzeichnis.....</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Literaturüberblick .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Interdependenzen zwischen Inputarten im Hochschulbereich .....</b>	<b>6</b>
3.1.1 Vertikale Interdependenz.....	6
3.1.2 Horizontale Interdependenz.....	7
3.1.3 Diagonale Interdependenz .....	8
3.2 Systematisierung der Interdependenz .....	9
3.2.1 Intensität der Kollinearität .....	9
3.2.2 Relevanz der Kollinearität .....	10
3.2.3 Praktikabilität der Messung .....	11
<b>4 Analyse von Kollinearität.....</b>	<b>12</b>
4.1 Auswahl einer Kollinearität .....	12
4.2 Berechnung der Kollinearität .....	12
4.2.1 Ausgangssituation.....	13
4.2.2 Modifikationen der Ausgangssituation.....	14
4.3 Ergebnis der Beispielberechnungen.....	16
<b>5. Fazit und Ausblick .....</b>	<b>18</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>19</b>

## Abkürzungs- und Akronymverzeichnis

Abb.	Abbildung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Bsp.	Beispiel
bzw.	beziehungsweise
DEA	Data Envelopment Analysis
Dipl.-Kfm.	Diplom-Kaufmann
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMU	Decision Making Unit
etc.	et cetera
HELENA	Higher Education Global Efficiency Analysis
Hrsg.	Herausgeber
Kfz	Kraftfahrzeug
No.	Numero
Nr.	Nummer
PIM	Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement
S.	Seite
vgl.	vergleiche
Vol.	Volume
z.B.	zum Beispiel

## Abbildungsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Abbildung 1: vertikale Interdependenz.....	6
Abbildung 2: horizontale Interdependenz.....	7
Abbildung 3: diagonale Interdependenz.....	8
Abbildung 4: Systematisierung von Interdependenzen.....	12

## Tabellenverzeichnis

	<u>Seite</u>
Tabelle 1: Intensität der Kollinearität.....	9
Tabelle 2: Relevanz der Kollinearität.....	10
Tabelle 3: Praktikabilität der Messung.....	11
Tabelle 4: Ausgangssituation Input AB.....	13
Tabelle 5: Ausgangssituation Input A.....	13
Tabelle 6: Ausgangssituation Input B.....	13
Tabelle 7: Modifikation 1 Input AB.....	14
Tabelle 8: Modifikation 1 Input B.....	14
Tabelle 9: Modifikation 2 Input AB.....	14
Tabelle 10: Modifikation 2 Input B.....	15
Tabelle 11: Modifikation 3 Input AB.....	15
Tabelle 12: Modifikation 3 Input B.....	15
Tabelle 13: Modifikation 4 Input AB.....	15
Tabelle 14: Modifikation 4 Input B.....	16
Tabelle 15: Relation zwischen Inputarten bei Kollinearität.....	16

# 1 Einführung

## 1.1 Problemdarstellung

Es wird anfangs davon ausgegangen, dass der Produktionsprozess im Hochschulbetrieb als „Black Box“ anzusehen ist. Ziel ist es jedoch, durch Analysen diesen unklaren Prozess zu verstehen und transparent zu machen.

Das Forschungsprojekt HELENA befasst sich mit der Frage der Analyse und des international orientierten Vergleichs von Effizienz im Hochschulbereich. Hierzu wird die Data Envelopment Analysis (DEA) als Grundlage herangezogen und angewendet. Im Verlaufe des Projektes wird jedoch auch eine Erweiterung dieser Methode, wie z.B. die Implementierung einer mehrstufigen und mehrperiodigen DEA, angestrebt.

Die folgenden Absätze dienen dazu, in den Themenbereich der Messung von Hochschuleffizienz und die damit zusammenhängende Bedeutung der Interdependenzen einzuführen.

Dieses Unterkapitel wird sich mit der Problematik der Messung von Hochschuleffizienz im Allgemeinen und dem Problem von Interdependenzen zwischen einzelnen Inputarten bei der Effizienzmessung im Hochschulsektor im Speziellen befassen. Dabei wird das allgemein vorherrschende Problem der Messung von Effizienz im Hochschulbereich „heruntergebrochen“ und in ihre einzelnen „Sub-Probleme“ zerlegt, um eine genauere und detailliertere Analyse zu ermöglichen.

Aus der Produktionstheorie ist die Effizienz die Gegenüberstellung aller „erzeugten“ Outputarten<sup>1</sup> zu den „eingesetzten“ Inputarten.<sup>2</sup>

Die simple Herangehensweise der Gegenüberstellung der Outputarten zu den Inputarten birgt einerseits sehr viele Probleme im Hochschulbereich, denn allein die Definition der „eingesetzten“ Inputarten (Frage nach dem Einsatzmaterial) und der „erzeugten“ Outputarten (Frage nach dem Produktionsergebnis) gestaltet sich nicht als unproblematisch. Andererseits kommt außerdem die allgemeine Problematik zum Tragen, dass „qualitative“ Prozesse (Bsp. Forschungsleistung) in quantitativ messbaren Zahlen (Bsp. Anzahl der Publikationen) abgebildet werden müssen, um eine Effizienzberechnung zu ermöglichen. Dies bedeutet, dass die Definition der Input- und Outputarten zum einen, aber auch die Auswahl der zur Berechnung zugrunde gelegten Zahlen zum anderen, die nur einen „Näherungswert“ (Publikationen) für die eigentlich angestrebten Größen (Forschungsleistung) sein können, sich als problematisch erweisen.

Darüber hinaus sollte nicht vergessen werden, dass bei der Effizienzbetrachtung im Hochschulbereich nicht nur von einer einzigen Inputart bzw. Outputart ausgegangen werden kann. Vielmehr sind multiple Outputarten das Ergebnis des Einsatzes multipler Inputarten, was die gesonderte Betrachtung der Effekte einer einzelnen Inputart auf eine einzelne Outputart sehr erschwert. Es wäre wünschenswert, zuerst die Inputarten auf ihre eventuell vorhandenen Interdependenzen zu analysieren, dann diese Effekte erst einmal auszublenden und nicht in die Betrachtung oder Berechnung mit einfließen zu lassen, um wiederum zum einen konkrete Aussagen zur Input-Output-Konstellation hinsichtlich der Effizienz machen zu können, und zum anderen, was viel wichtiger und Kern des vorliegenden Berichtes ist, einem „double accounting“ entgegenzuwirken und letztendlich zu vermeiden.

---

<sup>1</sup> Vgl. Fußnote 1 in KLUMPP/ZELEWSKI (2012), S. 1.

<sup>2</sup> Vgl. ALT (2012), S. 117.

Der Begriff Interdependenz bedeutet im Allgemeinen die gegenseitige Abhängigkeit.<sup>1</sup> Mit Interdependenzen zwischen Inputarten sind „gleich-korrelierte“<sup>2</sup> Inputarten gemeint. Beispielsweise sind finanzielle Ressourcen eine Inputart des Wertschöpfungsprozesses im Hochschulbereich, die z.B. zur Verfügung steht, um Personal, eine weitere mögliche Inputart für die Betrachtung der Hochschuleffizienz, anzuheuern. Es ist davon auszugehen, dass mit höheren Finanzmitteln auch mehr Personal beschäftigt werden kann und umgekehrt, je weniger Finanzmittel zur Verfügung stehen, desto weniger Personal wird eingestellt. Somit ist anzunehmen, dass diese beiden Inputarten stark positiv miteinander korreliert sind.<sup>3</sup>

Obwohl eine solche positive Korrelation vorhanden sein kann und gegebenenfalls auch sehr stark ausfällt, werden bei den meisten Berechnungen unterstellt, dass solche Inputarten voneinander unabhängig und als beliebig substituierbar angesehen werden können, welches durchaus irreführend ist. Daher ist es im ersten Schritt erwünscht, solche möglichen Interdependenzen aufzuzeigen und im folgenden Schritt, falls Interdependenzen vorliegen sollten, diese aus zukünftigen Datensets zu eliminieren, um einem „double accounting“ vorzubeugen.

## 1.2 Zielsetzung

Wie bereits oben dargestellt, beschäftigt sich die Forschungsgruppe HELENA mit vielen Aspekten innerhalb der Effizienzberechnung im Hochschulbereich.

Nachdem ein Projektbericht für die Gesamtbetrachtung des Projektes HELENA<sup>4</sup> erstellt worden ist, wurde ein Kriterienkatalog<sup>5</sup> erstellt, der die Eignung von Methoden zur Effizienzanalyse im Hochschulbereich beurteilen soll. Es folgten Arbeitspapiere zum Thema Methodenauswahl und zur Methodenfortentwicklung.<sup>6</sup> Weiterhin folgte ein Projektbericht, der die Identifizierung und das Operationalisieren von relevanten Inputarten für die Effizienzanalyse im Hochschulbereich beinhaltet.<sup>7</sup> Der anschließende Projektbericht analysiert relevante Output- und Outcomearten für Effizienzanalysen im Hochschulbereich.<sup>8</sup> Der vorliegende Projektbericht hat die genauere Betrachtung und Analyse der Inputarten im Hochschulsektor als Ziel.

Die Absicht des Projektberichtes ist es, mögliche Interdependenzen zwischen Inputarten im Hochschulbereich zu untersuchen und diese Inputarten auf Kollinearität zu analysieren. Dabei soll vor allem die Empfehlung, welche die Vermeidung eines „double accounting“ als Ziel hat, auf Stichhaltigkeit überprüft und darüber hinaus bei Existenz eines „double accounting“ ein konkretes Vorgehensmodell vorgestellt werden.<sup>9</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. SPINDLER (2007), S. 205.

<sup>2</sup> Im Folgenden wird der Begriff Kollinearität genutzt.

<sup>3</sup> Vgl. KLUMPP/ZELEWSKI (2012), S. 35.

<sup>4</sup> Vgl. KLUMPP/ZELEWSKI (2012).

<sup>5</sup> Vgl. CUYPERS (2012a).

<sup>6</sup> Vgl. KLUMPP/CUYPERS (2012).

<sup>7</sup> Vgl. CUYPERS (2012b).

<sup>8</sup> Vgl. CUYPERS (2012c).

<sup>9</sup> Vgl. KLUMPP/ZELEWSKI (2012), S. 35.

### 1.3 Vorgehensweise

Für jede wissenschaftliche Arbeit ist es erforderlich, auch wenn das speziell definierte Problem in der gleichen Art als „unerforscht“ angenommen wird, eine Ist-Analyse durchzuführen. Das 2. Kapitel legt deshalb den „State-of-the-art“ anhand einer Literaturrecherche dar. Es ist darüber hinaus erstrebenswert, im Zuge dieses Berichtes die Problematik der Interdependenzen zwischen Inputarten anderer Dienstleistungsbereiche wie z.B. Banken, Krankenhäuser, Flughäfen und Restaurants aufzudecken. Der Verfasser nimmt an, dass diese Dienstleistungsbereiche von den Rahmenbedingungen im Hinblick auf die Problemstellung der Interdependenzen zwischen Inputarten – multiple Inputarten stehen multiplen Outputarten gegenüber – als gleichwertig anzusehen sind. Mit der Analyse konkreter „Nachbar-Bereiche“ wird eventuell ein Lösungsansatz ins Auge gefasst, welcher eine eventuelle Implementierung im Hochschulbereich finden kann. Die Ergebnisse werden in Kapitel 2 zusammengefasst.

In Kapitel 3 wird zuerst eine Definition zum Begriff der Interdependenzen zwischen Inputarten im Wertschöpfungsprozess der Hochschulbildung gegeben. Anschließend wird der eigentliche Kern des Berichtes, nämlich die Systematisierung der verschiedenen Interdependenzen zwischen Inputarten, bearbeitet. Die Systematisierung wird anhand einer selbst erstellten „dreistufigen Analyse“ durchgeführt.

Im Anschluss werden in Kapitel 4 die wesentlichen Inputarten auf Kollinearität überprüft. Diese Überprüfung geschieht anhand von Zahlenbeispielen.

Das letzte Kapitel 5 dient zur Zusammenfassung aller Ergebnisse, besonders ob die allgemeingültige Empfehlung der Vermeidung von „double accounting“ bestätigt oder widerlegt werden kann und wie dies im konkreten Fall in einem Vorgehensmodell umzusetzen ist. Darüber hinaus wird ein kurzer Ausblick gegeben.

## 2 Literaturüberblick

### 2.1 Interdependenzen zwischen Inputarten

In der Literatur wird zwischen verschiedenen Interdependenzen unterschieden: ressourcenorientierte Interdependenzen, technologische Interdependenzen<sup>1</sup>, marktorientierte Interdependenzen<sup>2,3</sup>, branchenorientierte Interdependenzen<sup>4</sup>, räumliche Interdependenzen<sup>5</sup>, projektorientierte Interdependenzen<sup>6</sup>, Interdependenzen zwischen Vertretern, Organisationen und Institutionen<sup>7</sup>.

Nach intensiver Literaturrecherche konnten keine geeigneten Verfahren für das Lösen des „double accounting“ bei der Messung von Hochschuleffizienz gefunden werden. Leider konnten auch keine brauchbaren Ansätze – wie beabsichtigt – aus „Nachbar-Bereichen“ ermittelt werden, die eventuell an den Bereich Hochschuleffizienz angepasst werden könnten.

Methodisch jedoch liegt im Allgemeinen die Möglichkeit vor, die DEA<sup>8</sup> mittels einer Korrelationsanalyse zu erweitern.<sup>9</sup>

Eine lineare Korrelation zwischen Inputarten (Outputarten) untereinander wird als Redundanz 1. Grades bezeichnet.<sup>10</sup>

### 2.2 Sonderfall Reputation

Reputation kann als Inputart<sup>11</sup> mit anderen Inputarten verbunden sein. Ist z.B. eine Hochschule sehr angesehen, hat also eine hohe Reputation, so werden voraussichtlich die Neuimmatrikulationen höher sein als bei einer Hochschule mit niedrigem Ansehen<sup>12</sup>, denn Reputation verkörpert die Erfahrungen der Vergangenheit, daher stärkt eine gute Reputation die Glaubwürdigkeit und wirkt gewissermaßen als „Qualitätsgarantie“.<sup>13</sup> Jedoch ist im Zuge dieses Berichtes, der eine „bereinigte Berechnungsmethode“ vorschlagen soll, die Inputart Reputation auszuklammern, da es schwer erscheint, die Reputation einer Hochschule in der Art zu quantifizieren, die sich für das Vorgehensmodell zur Berück-

---

<sup>1</sup> Vgl. GHAPANCHI/TAVANA/KHAKBAZ/LOW (2012), S. 791 ff.

<sup>2</sup> Vgl. LIENERT/LOCHNER (2011), S. 100 ff.

<sup>3</sup> Vgl. VERMA/SINHA (2002), S. 451 f.

<sup>4</sup> Vgl. VARMAZ/VARWIG/PODDIG (2012), S. 115.

<sup>5</sup> Vgl. GEYS (2006), S. 444.

<sup>6</sup> Vgl. KHALILI-DAMGHANI/SADI-NEZHAD/LOTFI/TAVANA (2012), S. 443; GHAPANCHI/TAVANA/KHAKBAZ/LOW (2012), S. 791 ff; EILAT/GOLANY/SHTUB (2005), S. 1020; KILLEN/KJAER (2012), S. 554 ff.

<sup>7</sup> Vgl. GUAN/CHEN (2011), S. 103.

<sup>8</sup> Für Informationen zur Data Envelopment Analysis als Methode zur Effizienzbeurteilung vgl. Klumpp/Zelewski (2012), S. 19.

<sup>9</sup> Vgl. SCHWARZ (2003), S. 245 f.

<sup>10</sup> Vgl. LEE/CHOI (2010), S. 152.

<sup>11</sup> Reputation als Output, welches auch möglich ist, wird in diesem Beispiel nicht beachtet.

<sup>12</sup> Vgl. GLÄSSING/PÜTZ (2009), S. 153 f.

<sup>13</sup> Vgl. FOMBRUN (1996), S. 3.

sichtigung von Interdependenzen zwischen Inputarten als nötig erweist – im Gegensatz zu Finanzmitteln, Anzahl Studierende – und damit in einer Berechnung zu berücksichtigen. Die Datenqualität für die Reputation von Hochschulen wird in diesem Bericht als „weniger messbar“ angesehen und nicht berücksichtigt, da es sich bei der Inputart Reputation<sup>1</sup> nicht um „absolute“ Zahlen handelt, wie z.B. X € an Finanzmitteln, Y Personalstunden Professor oder Z Studierende. Reputation ist gleichwohl in gewisser Weise „messbar“<sup>2</sup> und die Messbarkeit der Reputation wird in der verbreiteten Literatur akzeptiert<sup>3</sup>, jedoch sind diese Methoden und Modelle nur Annäherungsverfahren, die keine „absoluten“ Größen oder Maßeinheiten liefern können, sondern nur die Reputationsindizes, Reputationsrankings) zueinander setzen. Obgleich die Reputation als Inputart bei der Effizienzberechnung herangezogen werden kann, wird auf diese Option aufgrund von kardinalen Messniveaus<sup>4</sup> bewusst verzichtet.

### 2.3 Rollenvermischung der Produktionsfaktoren

Interdependenzen zwischen Inputarten sollten nicht verwechselt werden mit der Rollenvermischung der Produktionsfaktoren. Ein Professor<sup>5</sup> z.B. kann sowohl Lehrpersonal sein als auch Forschung betreiben. Diesen beiden Bestandteilen einer Professur, nämlich Lehre und Forschung, können zwar gegenseitige Abhängigkeiten zugrunde liegen, wie z.B. die, dass die Lehre von neuen Erkenntnissen aus der Forschung profitiert und vice versa, sind aber nur auf Synergieeffekte zurückzuführen.<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> Reputation kann in einer Ordinalskala (wie z.B. mit Schulnoten) abgebildet werden. In diesem Bericht wird diese Möglichkeit nicht beachtet.

<sup>2</sup> Vgl. SCHWALBACH (2001), S. 229 f.

<sup>3</sup> Für Informationen zu Methoden und Modellen der Messung von Reputation vgl. CUYPERS/TZIKA (2012), S. 17 ff.

<sup>4</sup> Beispiel zur Verdeutlichung: Während theoretisch „negative“ Finanzmittel (Kredit etc.) vorstellbar sind, ist eine „negative“ Reputation unter dem Wert 0 nicht möglich.

<sup>5</sup> Im Zuge dieser Arbeit wird zwar die maskuline Version genutzt, aber auch die feminine Version implizit gemeint.

<sup>6</sup> Durch die Übernahme von multiplen Rollen können Möglichkeiten für Synergieeffekte entstehen. Vgl. KRÜCKEN (2012), S. 70; CUYPERS (2012d), S. 19 f.

### 3 Interdependenzen zwischen Inputarten im Hochschulbereich

#### 3.1 Definition

Wie bereits in Kapitel 1.1 erläutert, bedeutet der Begriff „Interdependenz“ die gegenseitige Abhängigkeit. Im Hinblick auf Inputarten ist es jedoch interessant auf welche Art diese Abhängigkeit besteht. Innerhalb dieser Arbeit wird in der Regel zwischen der vertikalen und horizontalen Interdependenz unterschieden<sup>1</sup>, die diagonale Interdependenz wird als ein Sonderfall betrachtet. Bei Interdependenzen zwischen Inputarten sind „gleich-korrelierte“ Inputarten notwendig, die stark positiv miteinander korreliert sind. Die Korrelation ist zwar eine notwendige Bedingung für eine Existenz von Interdependenz zwischen Inputarten, jedoch keine hinreichende. Im vorliegenden Bericht wird eine starke positive Korrelation zwischen Inputarten als „Anfangsverdacht“ für eine Interdependenz zwischen Inputarten gewertet, deshalb wird zunächst in diesem Kapitel eine Korrelation als Interdependenz aufgefasst, anschließend wird diese Annahme in Kapitel 4 kritisch geprüft.

##### 3.1.1 Vertikale Interdependenz

Eine vertikale Interdependenz – auch als eine Interdependenz im engeren Sinne bezeichnet – zwischen Inputarten bedeutet, dass beide Inputarten nicht sequenziell unmittelbar miteinander verbunden sind, wie es bei einer horizontalen Interdependenz der Fall ist. Nicht sequenziell miteinander verbunden bedeutet, dass für die „Produktion“ einer bestimmten Inputart, diese nicht auf eine andere Inputart angewiesen ist (s. Abb. 1). Beispielsweise sind die beiden Inputarten Promotionsstudierende (Input A)<sup>2</sup> und Professoren (Input B) zwar miteinander korreliert, es ist anzunehmen, dass mit steigender Zahl an Promotionsstudierenden (Input A) auch die Zahl der Professoren (Input B) ansteigt, aber die Inputart Professoren (Input B) ist nicht unmittelbar<sup>3</sup> an die Inputart Promotionsstudierende (Input A) gebunden und umgekehrt.<sup>4</sup>

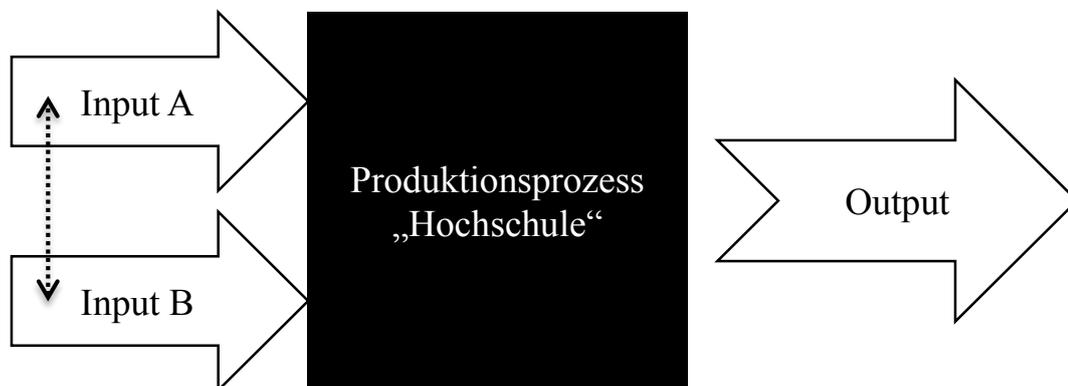


Abbildung 1: vertikale Interdependenz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Die Definition in dieser Arbeit steht im Gegensatz zur Definition von DYCKHOFF. Eine vertikale Interdependenz ist in DYCKHOFF bei einer „sequentiellen (!) Leistungsverflechtung“ vorzufinden. Die sequenzielle Abhängigkeit ist im Gegensatz zu DYCKHOFF in diesem Bericht gerade als horizontale Interdependenz definiert. Vgl. DYCKHOFF (2000), S. 323.

<sup>2</sup> Der Übersicht halber werden die bisher genutzte Begriffe Input- /Outputart in Abbildungen und Beispielen mit Input/ Output abgekürzt.

<sup>3</sup> Die Kritik, dass jeder Professor in der Vergangenheit auch Promotionsstudierender war, ist hier nicht zutreffend, da es sich nicht um eine unmittelbare sequenzielle Abhängigkeit handelt.

<sup>4</sup> In Abbildung 1 und folgenden Abbildungen zeigen die gestrichelten Pfeile die Interdependenz zwischen den Inputarten.

### 3.1.2 Horizontale Interdependenz

Im Gegensatz zur vertikalen Interdependenz, bei der die miteinander korrelierten Inputarten nicht sequenziell miteinander verbunden sind, liegt bei einer horizontalen Interdependenz, auch als eine Interdependenz im weiteren Sinne genannt, eine sequenzielle Abhängigkeit vor. Beispielsweise ist zwischen der Inputart Professoren (Input B) und der Inputart Finanzmitteln<sup>1</sup> (Input C) eine horizontale Interdependenz vorzufinden, also eine unmittelbare sequenzielle Abhängigkeit dieser beiden zueinander in Korrelation stehenden Inputarten. Es wird angenommen, dass mit steigenden Finanzmitteln (Input C) ein Anstieg der Professoren (Input B) zu verzeichnen ist. Ohne die Inputart Finanzmittel (Input C) ist die Inputart Professoren (Input B) jedoch nicht möglich. Die Besonderheit der horizontalen Interdependenz ist, dass diese Interdependenz nur in eine Richtung funktionieren kann, weshalb die „Produktion“ der Inputart Finanzmittel (Input C) ohne die Inputart Professoren (Input B) vorstellbar ist.<sup>2</sup>

Folgende Abbildung zeigt die horizontale Interdependenz zwischen den beiden Inputarten Professoren (Input B) und Finanzmittel (Input C). Die Finanzmittel (Input C) fließen nicht direkt in den Produktionsprozess ein, sondern in Form von Professoren (Input B) oder anderen Inputarten (graue Pfeile), wie z.B. wissenschaftliche Mitarbeiter, Büroräume etc.



Abbildung 2: horizontale Interdependenz

Durch Modifikation des Beispiels kann verdeutlicht werden, dass die Inputart Finanzmittel (Input C) nicht stets unmittelbar sequenziell mit anderen Inputarten verbunden sein muss. Denn wird die Interdependenz zwischen der Inputart Promotionsstudierende (Input A) und der Inputart Finanzmittel (Input C) betrachtet, so liegt keine horizontale Interdependenz vor, sondern eine vertikale.

<sup>1</sup> Finanzmittel können verschiedene finanzielle Ressourcen sein, wie z.B. Budget, Haushaltsvolumen, Drittmittel, Ausgaben, Einnahmen etc.

<sup>2</sup> Es ist durchaus möglich, dass die Leistung (erzielter Output) der Inputart Professor (Input B) dazu beitragen kann, dass in den Folgeperioden die Inputart Finanzmittel (Input C) gesteigert wird.

Eine Erweiterung des Beispiels um eine neue Inputart zeigt, inwiefern die Inputart Finanzmittel (Input C) mit der Inputart Promotionsstudierende (Input A) verbunden sein kann. Damit die Inputart Promotionsstudierende (Input A) „produziert“ werden kann, ist die Inputart Raum (Input D)<sup>1</sup> notwendig.<sup>2</sup> Also besteht zwischen der Inputart Promotionsstudierende (Input A) und der Inputart Raum (Input D) eine horizontale Interdependenz.

Um die neu hinzugefügte Inputart Raum (Input D) in Relation zu den vorherigen Beispielkonstruktionen zu setzen, sollte verdeutlicht werden, dass auch eine horizontale Interdependenz zwischen der Inputart Raum (Input D) und der Inputart Finanzmittel (Input C) besteht. Ohne die Inputart Finanzmittel (Input C) ist die Inputart Raum (Input D) nicht realisierbar, auch wenn dieser Raum nur virtuell sein sollte.

### 3.1.3 Diagonale Interdependenz

Im Gegensatz zur Interdependenz „erster Ordnung“ (vertikale Interdependenz) und der Interdependenz „zweiter Ordnung“ (horizontale Interdependenz) ist auch eine Interdependenz „dritter Ordnung“, nämlich die diagonale Interdependenz, als Sonderfall vorstellbar.

Eine diagonale Interdependenz liegt vor, wenn beide Inputarten sequenziell miteinander verbunden sind, wie es bei horizontaler Interdependenz der Fall ist, jedoch zusätzlich keine Inputart ohne die andere Inputart „produziert“ werden könnte und umgekehrt. Bei horizontaler Interdependenz ist die sequenzielle Abhängigkeit auf eine Richtung „reduziert“<sup>3</sup>, während diese Beschränkung bei der diagonalen Interdependenz eben nicht vorliegt. Ein Beispiel umfasst die wissenschaftliche Erkenntnis (Input E) und Forschung (Input F). Ohne eine offen zugängliche und vorhandene wissenschaftliche Erkenntnis (Input E), wie z.B. Publikationen und Literatur, kann es keine Forschung (Input F) geben, da diese abhängig von früheren wissenschaftlichen Erkenntnissen (Input E) ist, um weitergeführt zu werden. Wissenschaftliche Erkenntnisse (Input E) basieren wiederum auf früherer Forschung (Input F), denn wissenschaftliche Erkenntnisse sind das Resultat von Forschung. Die folgende Abbildung verdeutlicht eine diagonale Interdependenz.



Abbildung 3: diagonale Interdependenz

<sup>1</sup> Hier können sowohl reale Räume wie z.B. Gebäude oder Hörsäle verstanden werden, als auch virtuelle Räume wie es z.B. bei E-Learning der Fall ist. Generell werden für virtuelle Promotionsstudiengänge auch „Räume“ benötigt. Des Weiteren benötigen auch externe Doktoranden einen „Raum“ um mit ihrem Professor zu kommunizieren, obgleich dies im Büro des Professors geschieht oder per E-Mail.

<sup>2</sup> Dies trifft auch auf den Fall Input Professor (Input B) zu, denn ohne den Input Raum (Input D) kommt der Input Professor (Input B) nicht in Betracht.

<sup>3</sup> Finanzmittel können auch ohne Professoren akquiriert werden, aber Professoren können nicht ohne Finanzmittel eingestellt werden.

Die beiden Pfeile über Kreuz zeigen, dass sowohl Bestandteile der Forschung (Input F) in die wissenschaftliche Erkenntnis (Input E) einfließt, als auch das wissenschaftliche Erkenntnis (Input E) in die Forschung (Input F) einfließt. Die beiden gestrichelten Pfeile zeigen die diagonale Interdependenz. Die Abbildung 3 zeigt nur eine „Momentaufnahme“, denn die Komponente Zeit wird ausgeblendet. Der „produzierte“ Output kann unter anderem erneut wissenschaftliche Erkenntnis beinhalten, denn aus früherer wissenschaftlicher Erkenntnis und aktueller Forschung wird neue wissenschaftliche Erkenntnis gewonnen. Der „produzierte“ Output kann aber auch Forschung sein, denn aus früherer Forschung und aktueller wissenschaftlicher Erkenntnis können nun Möglichkeiten für neue Forschung entstanden sein, die ohne die aktuelle wissenschaftliche Erkenntnis nicht umsetzbar gewesen wären.

## 3.2 Systematisierung der Interdependenz

Der folgende Abschnitt widmet sich der Systematisierung der Interdependenz nach selbstdefiniertem Fragenkatalog, um einem „double accounting“ in der Effizienzberechnung vorzubeugen. Die nachfolgenden Unterkapitel bearbeiten die erforderlichen Kriterien in ihrer notwendigen Reihenfolge.

Folgendes Schema muss eingehalten werden:

- Ist die Kollinearität zwischen zwei Inputarten stark (Frage nach der Intensität der Kollinearität)?
- Ist die Kollinearität bedeutend (Frage nach der Relevanz der Kollinearität)?
- Ist die Messung der Kollinearität praktikabel (Frage nach der Praktikabilität der Messung)?

### 3.2.1 Intensität der Kollinearität

Zunächst ist es ausschlaggebend, ob die Kollinearität zweier Inputarten überhaupt stark ausgeprägt ist oder nicht (Frage nach der Intensität der Kollinearität). Inputarten, deren Kollinearität nicht stark ausgeprägt sind, sollten für die vorliegende Analyse nicht von Belang sein.

Kollinearität (a)	stark			weniger stark
Beispiele für Inputarten	Professoren Promotionsstudierende	Professoren (m/w) <sup>1</sup> Promotionsstudierende	Studierende Mieten	Studierende Finanzmittel

**Tabelle 1: Intensität der Kollinearität**

In der obigen Tabelle sind Beispiele für mögliche Inputarten, die miteinander entweder eine starke oder weniger starke Kollinearität aufweisen. Bei den Beispielen werden jedoch keine Werte für die Intensität der Kollinearität gegeben, sondern nur zwischen stark und weniger stark unterschieden.<sup>2</sup> Die Tabelle zeigt also keine Sortierung nach der Intensität der Kollinearität.

<sup>1</sup> Dieses Inputpaar Professor (m/w) und Promotionsstudierende unterscheidet sich vom Inputpaar Professor und Promotionsstudierende dahingehend, dass die Geschlechter der Professoren und Promotionsstudierenden in die Betrachtung einbezogen werden, denn die Kollinearität zwischen Professorinnen/Professoren und weiblichen Promotionsstudierenden oder männlichen Promotionsstudierenden ist ebenfalls stark. Dieses Beispiel kann auch auf Fachbereiche bezogen werden, wie z.B. mehr weibliche Promotionsstudierende in der Medizin als in Mathematik.

<sup>2</sup> Eine mögliche Klassifizierung könnte bei einer positiven Korrelation von 0,5 vollzogen werden. Das bedeutet, starke Kollinearität bei einer Korrelation größer als 0,5 und eine weniger starke Kollinearität bei einer Korrelation weniger als 0,5.

Eine starke Kollinearität wird einerseits bei der Inputart Promotionsstudierende und der Inputart Professoren<sup>1</sup> und andererseits z.B. bei der Inputart Studierende<sup>2</sup> und Input Mieten erwartet. Es wird Folgendes angenommen: Je höher die Anzahl der Promotionsstudierenden an einer Hochschule ist, desto<sup>3</sup> höher auch die Anzahl der bediensteten Professoren an dieser Hochschule. Der Umkehrschluss ist ebenfalls anzunehmen: Je höher die Anzahl der bediensteten Professoren an einer Hochschule, desto höher die Anzahl der Promotionsstudierenden an dieser Hochschule. Beim zweiten Inputpaar gilt ebenfalls: Je mehr Studierende an einer Hochschule<sup>4</sup> eingeschrieben sind, desto<sup>5</sup> höhere Mietpreise für Wohnungen in der Umgebung der Hochschule.

Im Gegensatz zu den oben genannten Beispielen ist anzunehmen, dass die Kollinearität zwischen der Inputart Studierende und der Inputart Finanzmittel weniger stark ausfallen wird, da es keine direkte Verbindung zwischen hohen Finanzmitteln und hohen Studierendenzahlen gibt. Lediglich kann z.B. durch Einsatz der Finanzmittel für Marketingkampagnen oder in eine gute Ausstattung der Hochschule eine Steigerung der Reputation der Hochschule erreicht werden, die eine höhere Studierendenzahl zur Folge haben kann.<sup>6</sup>

### 3.2.2 Relevanz der Kollinearität

In einem zweiten Schritt ist es Aufgabe zu untersuchen, ob die Inputarten, die eine starke Kollinearität aufweisen, auch bedeutend für die Effizienzberechnung im Hinblick auf die Interdependenzen zwischen Inputarten sind (Frage nach der Relevanz der Kollinearität).

Kollinearität (b)	bedeutend		weniger bedeutend
Beispiele für Inputarten	Professoren Promotions- studierende	Professoren (m/w) Promotions- studierende	Studierende Mieten

**Tabelle 2: Relevanz der Kollinearität**

Ob eine starke Kollinearität bedeutend für die Effizienzberechnung unter Berücksichtigung einer möglichen Interdependenz ist, hängt davon ab, inwiefern die Hochschule diese Inputart beeinflussen kann. Ist eine Inputart, wie z.B. Mietpreise in der Umgebung, durch die Hochschule kaum beeinflussbar, ist die Interdependenz zwischen der Inputart Studierende und der Inputart Mieten deshalb als „weniger bedeutend“ eingestuft. Die Interdependenz zwischen diesen beiden Inputarten wird für den weiteren Verlauf nicht berücksichtigt.

Im Gegensatz sind die Interdependenzen zwischen Input Promotionsstudierende und Input Professoren auf der einen Seite, Input Promotionsstudierende und Input Professoren (m/w)<sup>7</sup> auf der anderen Seite, als bedeutend anzusehen, weil diese Inputarten durch die Hochschule beeinflussbar sind.

<sup>1</sup> Beispiele, die bereits in Kapitel 3 erläutert wurden, werden nicht erneut erklärt. Nur neu gebrachte Beispiele werden aufgegriffen.

<sup>2</sup> Die Inputart Studierende umfasst alle eingeschriebenen Studierende, also auch Promotionsstudierende.

<sup>3</sup> Ceteris paribus.

<sup>4</sup> Ausnahmen können Fernstudium und eine virtuelle Hochschule sein.

<sup>5</sup> Ceteris paribus.

<sup>6</sup> Die Tatsache, dass durch Studiengebühren höhere Finanzmittel erreicht werden, wird hier ausgeklammert.

<sup>7</sup> Jede Hochschule hat eine Gleichstellungsbeauftragte, daher ist die Geschlechterfrage bedeutend.

### 3.2.3 Praktikabilität der Messung

Letztlich ist die Messbarkeit der Kollinearität abschließendes Kriterium für die Berücksichtigung für eine Effizienzberechnung. Inputarten, die sehr schwer messbar oder quantifizierbar sind, sollten eventuell berücksichtigt werden, weil sie stark ausgeprägt und bedeutend sind, können allerdings wegen einer schlechten Datenqualität nicht beachtet werden. Dies ist aber kein Problem, weil diese Inputarten nicht der Gefahr unterlaufen, innerhalb einer Effizienzmessung ein „double accounting“ zu verursachen, da diese in der Regel ohnehin nicht in die Berechnung einfließen.

Kollinearität (c)	praktikabel	weniger praktikabel
Beispiele für Inputarten	Professoren Promotionsstudierende	Professoren (m/w) Promotionsstudierende

**Tabelle 3: Praktikabilität der Messung**

Die beiden Inputarten Promotionsstudierende und Professoren (m/w) werden als „weniger praktikabel“ angesehen, obwohl es anzunehmen ist, dass die Kollinearität zwischen beiden sehr stark und auch bedeutend ist, jedoch der Aufwand im Normalfall für die Erfassung der Daten nicht vertretbar ist.

Somit bleibt am Ende dieser beispielhaften Analyse die Kollinearität zwischen der Inputart Promotionsstudierende und der Inputart Professoren.

## 4 Analyse von Kollinearität

### 4.1 Auswahl einer Kollinearität

Folgende Abbildung fasst die Vorgehensweise aus dem vorherigen Kapitel zusammen.

stark			weniger stark
Professoren Promotionsstudierende	Professoren (m/w) Promotionsstudierende	Studierende Mieten	Studierende Finanzmittel
bedeutend		weniger bedeutend	
Professoren Promotionsstudierende	Professoren (m/w) Promotionsstudierende	Studierende Mieten	
praktikabel	weniger praktikabel		
Professoren Promotionsstudierende	Professoren (m/w) Promotionsstudierende		
<b>Ergebnis</b>			
Professoren Promotionsstudierende			

Abbildung 4: Systematisierung von Interdependenzen

Durch stufenweise Eliminierung der peripheren Interdependenzen werden am Ende diejenigen Interdependenzen als Ergebnis für die Effizienzberechnung übrig bleiben, die auch bei der Effizienzbe-  
rechnung stets herausgerechnet werden müssten. Denn es wird angenommen, dass eine starke positive  
Korrelation zwischen Inputarten als „Anfangsverdacht“ für eine Interdependenz zwischen Inputarten  
gewertet wird. Diese Annahme wird am Ende dieses Kapitels überprüft.

Die Abbildung zeigt Beispiele für Interdependenzen, die zwischen Inputarten zum einen mit einer  
starken Kollinearität und zum anderen weniger starken Kollinearität unterscheidet. Danach werden  
die Inputarten mit starker Kollinearität erneut auf eine relevante Kollinearität überprüft und letztend-  
lich die „praktikable“ Kollinearität eines „Inputpaares“ definiert.

In der obigen Abbildung werden insgesamt fünf verschiedene Inputarten (Promotionsstudierende,  
Professoren, Mieten, Studierende, Finanzmittel) als Beispiel angezeigt und mit diesen fünf Inputarten  
vier „Inputpaare“<sup>1</sup> gebildet. Ob das Ergebnis (Professoren, Promotionsstudierende) auch belegbar ist,  
wird in den folgenden Rechenbeispielen aufgegriffen. Dazu wird die Kollinearität des Inputpaares  
(Professoren, Promotionsstudierende) aus dem Ergebnis überprüft.

### 4.2 Berechnung der Kollinearität

Laut stufenweiser Analyse der Interdependenzen in Kapitel 3 kann ein erstes Ergebnis festgehalten  
werden: Es liegt eine Kollinearität zwischen den beiden Inputarten Promotionsstudierende und Pro-  
fessoren vor. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird eine Beispielergebnisberechnung durchgeführt, um Rück-  
schlüsse auf die zu erwartende Effizienz ziehen zu können.

<sup>1</sup> Zwei Inputarten machen zusammen ein „Inputpaar“.

### 4.2.1 Ausgangssituation

Eine Kollinearität liegt vor, wenn die Effizienzwerte für ein „Inputpaar“ (wie z.B. Inputart Professoren und Inputart Promotionsstudierende) äquivalent sind zu einer Effizienzberechnung mit jeweils nur einer Inputart dieses Paares. Dies bedeutet, sofern für das „Inputpaar“ AB eine Effizienz von z.B. 100 % erreicht wird, bei vorliegender Kollinearität nur mit einer Inputart (A oder B) ebenfalls 100 % Effizienz erreicht werden muss.

DMU	Professoren	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	20	200	100	100	100 %
II	10	100	50	50	100 %
III	5	50	25	25	100 %

**Tabelle 4: Ausgangssituation Input AB**

Es wird obiges Zahlenbeispiel zugrunde gelegt: Es gibt Professoren (Inputart), die Promotionsstudierende (Inputart) betreuen. Mit diesen Promotionsstudierenden zusammen können diese Professoren Publikationen (Outputart) veröffentlichen und Drittmittel (Outputart) akquirieren. Dabei sind die Zahlenwerte gerade so gewählt, dass eine verhältnismäßige Korrelation (Faktor 10)<sup>1</sup> vorzufinden ist.

Für jede Decision Making Unit (DMU) wird ein Effizienzwert von 100 % erreicht, welcher auch für die Ausgangssituation erwünscht ist. Interessant wird es für den Effizienzwert bei den Modifikationen. Da eine Kollinearität als gegeben angenommen wird, müsste für die separate Berechnung der jeweiligen Inputarten der gleiche Effizienzwert erreicht werden, welches ebenfalls bestätigt wird.

DMU	Professoren	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	20	100	100	100 %
II	10	50	50	100 %
III	5	25	25	100 %

**Tabelle 5: Ausgangssituation Input A**

DMU	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	200	100	100	100 %
II	100	50	50	100 %
III	50	25	25	100 %

**Tabelle 6: Ausgangssituation Input B**

<sup>1</sup> Hierzu ist die Inputart B (Promotionsstudierende) immer das 10-fache der Inputart A (Professoren), also multipliziert um den Proportionalitätsfaktor von 10.

Im weiteren Verlauf wird die Einsatzmenge der Inputart Promotionsstudierende variiert. Der Inputwert für Professoren (Input A) wird konstant gehalten und nicht geändert. Somit muss für die Berechnung der Effizienz mit dem Input A immer 100 % als Ergebnis erzielt werden, da hier keine Veränderung vorgenommen wurde.

#### 4.2.2 Modifikationen der Ausgangssituation

Die Modifikationen werden so unternommen, dass die vorher gegebene verhältnismäßig gleiche Korrelation um den Faktor 10 nicht mehr existiert. In der Ausgangssituation ist die Einsatzmenge der Inputart Promotionsstudierende unter den DMUs im Verhältnis 4:2:1 (200:100:50). Folgende Tabelle zeigt die erste Modifikation.

DMU	Professoren	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	20	200	100	100	100 %
II	10	50	50	50	100 %
III	5	25	25	25	100 %

**Tabelle 7: Modifikation 1 Input AB**

Da bei der Einsatzmenge der Inputart Professoren nichts verändert wird, wird hier – wie bei folgenden Modifikationen – auf die Darstellung der Tabelle für Input A der Übersichtlichkeit halber verzichtet.

DMU	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	200	100	100	50 %
II	50	50	50	100 %
III	25	25	25	100 %

**Tabelle 8: Modifikation 1 Input B**

Tabelle 8 zeigt, dass durch die Halbierung der Einsatzmenge der Inputart Promotionsstudierende bei DMU II und III, die Effizienz von DMU I halbiert wird.

DMU	Professoren	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	20	200	100	100	100 %
II	10	50	50	50	100 %
III	5	12,5	25	25	100 %

**Tabelle 9: Modifikation 2 Input AB**

Durch erneute Halbierung der Einsatzmenge der Inputart Promotionsstudierende bei DMU III wird der Effizienzwert bei DMU II halbiert und bei DMU I sogar geviertelt.

DMU	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	200	100	100	25 %
II	50	50	50	50 %
III	12,5	25	25	100 %

**Tabelle 10: Modifikation 2 Input B**

Durch anschließende Halbierung der Einsatzmenge der Inputart Promotionsstudierende bei DMU II wird erneut ein Effizienzwert von 100 % bei DMU II und DMU III erzielt.

DMU	Professoren	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	20	200	100	100	100 %
II	10	25	50	50	100 %
III	5	12,5	25	25	100 %

**Tabelle 11: Modifikation 3 Input AB**

Allerdings bleibt die Effizienz bei DMU I auf 25 %.

DMU	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	200	100	100	25 %
II	25	50	50	100 %
III	12,5	25	25	100 %

**Tabelle 12: Modifikation 3 Input B**

Die Ergebnisse, die in den ersten drei Modifikationen entstehen, werden bei der letzten Modifikation bestätigt.

DMU	Professoren	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	20	200	100	100	100 %
II	10	25	50	50	100 %
III	5	6,25	25	25	100 %

**Tabelle 13: Modifikation 4 Input AB**

Im Vergleich zur Ausgangssituation steht die Einsatzmenge der Inputart Promotionsstudierende nun im Verhältnis 32:8:1 (200:25:6,25).

DMU	Promotionsstudierende	Publikationen	Drittmittel	Effizienz
I	200	100	100	12,5 %
II	25	50	50	50 %
III	6,25	25	25	100 %

**Tabelle 14: Modifikation 4 Input B**

### 4.3 Ergebnis der Beispielberechnungen

Bei bestehender Kollinearität ist das Verhältnis zwischen den beiden zueinander in Kollinearität stehenden Inputarten ausschlaggebend für die erreichte Effizienz.

Die Modifikationen zeigen deutlich, dass allein die Relation zwischen der Inputart Professoren und Promotionsstudierende bei den jeweiligen DMUs *ceteris paribus*<sup>1</sup> genügt, um Rückschlüsse auf den Effizienzwert zu machen. Dieser Effizienzwert muss erst gar nicht errechnet werden, denn die inputseitige Relation reicht aus, um die Effizienz zu bestimmen.

Zur Verdeutlichung soll das Beispiel aus Modifikation 2 herangezogen werden.

DMU	Professoren	Faktor	Promotionsstudierende	Effizienz
I	20	10	200	25 %
II	10	5	50	50 %
III	5	2,5	12,5	100 %

**Tabelle 15: Relation zwischen Inputarten bei Kollinearität<sup>2</sup>**

DMU I hat einen Faktor 10 zwischen Input Professoren und Input Promotionsstudierende, DMU II einen Faktor von 5 und DMU III einen Faktor von 2,5. Die Faktoren stehen also in einem Verhältnis von 4:2:1 (10:5:2,5). Werden die Effizienzwerte betrachtet, ist die Relation umgekehrt und die Effizienzwerte der DMUs sind in einem Verhältnis von 1:2:4.

Es können also bei existierender Kollinearität Rückschlüsse auf die Effizienz gemacht werden, indem nur die Relation zwischen den Faktoren der beiden Inputarten betrachtet wird.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Die Outputarten bleiben hierbei unverändert.

<sup>2</sup> Der Übersichtlichkeit halber wurden in dieser Tabelle die Outputarten ausgelassen.

<sup>3</sup> Dies gilt auch vice versa: Allein das Verhältnis der Effizienzwerte der jeweiligen DMUs untereinander genügt, um Rückschlüsse auf die Relation zwischen den Faktoren der Inputarten ziehen zu können.

Es sollte darauf hingewiesen werden, dass für die Berechnung der Beispiele keine Unterscheidung zwischen inputorientierter oder outputorientierter Berechnung gemacht wird. Für die Berechnung wurden jedoch konstante Skalenerträge vorausgesetzt.

Eine starke positive Korrelation zwischen Inputarten wurde als „Anfangsverdacht“ für eine Interdependenz zwischen Inputarten gewertet. Diese Annahme kann jedoch nicht aufrechterhalten werden, denn dabei werden limitationale Produktionsprozesse außer Acht gelassen. Allein eine starke positive Korrelation zwischen Inputarten kann nicht unmittelbar als Interdependenz zwischen diesen Inputarten gewertet werden. Ein limitationaler Produktionsprozess, also ein Produktionsprozess mit festen Faktoreinsatzrelationen, ist z.B. eine Kfz-Produktion, bei der Inputarten Motoren und Räder eingesetzt werden. Diese beiden Inputarten verhalten sich zwar stark kollinear zueinander, aber von einer Interdependenz auszugehen wäre falsch.

## 5. Fazit und Ausblick

Es wurde eine stufenweise Vorgehensweise zur Ermittlung von zu berücksichtigenden Kollinearitäten erarbeitet, welche zur Vermeidung eines möglichen „double accounting“ benutzt werden sollte. Für die vorgestellte Vorgehensweise wurde eine starke Kollinearität vorausgesetzt und eine starke positive Korrelation zwischen Inputarten als „Anfangsverdacht“ für eine Interdependenz zwischen Inputarten gewertet. Diese Annahme konnte aufgrund von Limitationalität von Produktionsprozessen nicht beibehalten werden. Außerdem wurden konstante Skalenerträge vorausgesetzt, welches eine weitere Einschränkung darstellt und selten bei Effizienzanalysen im Hochschulbereich vorzufinden sind.

Bei bestehender Kollinearität können nur dann Rückschlüsse auf die zu erzielende Effizienz gezogen werden, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind:

1. Die Inputarten müssen untereinander proportional sein.
2. Die Inputarten/Outputarten zwischen den DMUs müssen im gleichen Verhältnis sein.
3. Es werden stets konstante Skalenerträge vorausgesetzt.
4. Es können keine limitationalen Produktionsprozesse berücksichtigt werden.

Im obigen Beispiel wurde für die Ausgangssituation ein Faktor von 10 gewählt (Regel 1), der in den Modifikationen variiert wurde. Dazu war in der Ausgangssituation die Veränderung der Input- oder Outputarten zwischen den DMUs ebenfalls gleichmäßig (Regel 2). Im Beispiel für die Ausgangssituation wurde ein Verhältnis über alle Input- und Outputarten von 4:2:1 gewählt, welches für Input A (Professoren) und alle Outputarten auch in den Modifikationen nicht verändert worden ist, um gerade durch die Veränderungen des Inputs B die Änderungen des Effizienzwertes zu beobachten.

Aufgrund der Beschränkungen (konstante Skalenerträge, Limitationalität) stellt „double accounting“ kein wesentliches Problem in der Hochschuleffizienz dar und muss nicht weiter beachtet werden.

## Literaturverzeichnis

### **ALT (2012)**

Alt, Raimund: „Mathematik: Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler“, Linde Verlag, Wien, 2012.

### **CUYPERS (2012a)**

Cuypers, Marc: „Kriterienkatalog für die Beurteilung der Eignung von Methoden zur Analyse der Effizienz von Wertschöpfungsprozessen im Hochschulbereich“, Projektberichte des Forschungsprojekts HELENA Nr. 2, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Essen 2012.

### **CUYPERS (2012b)**

Cuypers, Marc: „Identifizierung und Operationalisierung von relevanten Inputarten für die Effizienzmessung im Hochschulbereich“, Projektberichte des Forschungsprojekts HELENA Nr. 4, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Essen 2012.

### **CUYPERS (2012c)**

Cuypers, Marc: „Identifizierung und Operationalisierung von relevanten Output- und Outcomearten für Effizienzanalysen im Hochschulbereich“, Projektberichte des Forschungsprojekts HELENA Nr. 5, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Essen 2012.

### **CUYPERS (2012d)**

Cuypers, Marc: „Ansätze zur Identifizierung und Auflösung von Problemen der Rollenvermischung bei Effizienzanalysen im Hochschulbereich“, Projektberichte des Forschungsprojekts HELENA Nr. 11, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Essen 2012.

### **CUYPERS/TZIKA (2012)**

Cuypers, Marc: „Reputation als Determinante der Effizienz von Wertschöpfungsprozessen einer Hochschule – theoretische Erkenntnisse und empirische Fakten“, Projektberichte des Forschungsprojekts HELENA Nr. 7, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Essen 2012.

### **DYCKHOFF (2000)**

Dyckhoff, Harald: „Grundzüge der Produktionswirtschaft“, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 2000.

### **EILAT/GOLANY/SHTUB (2005)**

Eilat, Harel; Golany, Boaz; Shtub, Avraham: "Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology", in: "European Journal of Operational Research", Vol. 172 (2005), S. 1018-1039.

**FOMBRUN (1996)**

Fombrun, Charles: „Reputation: Realizing Value from the Corporate Image“, Harvard Business Press, Boston 1996.

**GEYS (2006)**

Geys, Benny: "Looking across borders: A test of spatial policy interdependence using local government efficiency ratings", in: "Journal of Urban Economics", Vol. 60 (2006), S. 443-462.

**GHAPANCHI/TAVANA/KHAKBAZ/LOW (2012)**

Ghapanchi, Amir Hossein; Tavana, Madjid; Khakbaz, Mohammad Hossein; Low, Graham: "A methodology for selecting portfolios of projects with interactions and under uncertainty", in: "International Journal of Project Management", Vol. 30 (2012), S. 791-803.

**GLÄSSING/PÜTZ (2009)**

Glässing, Gabriele; Pütz, Hans-Georg: „4. Jahrgang, Heft 1/2009. Übergang Schule – Hochschule“, LIT Verlag, Münster 2009.

**GUAN/CHEN (2011)**

Guan, Jiancheng; Chen, Kaihua: "Modeling the relative efficiency of national innovation systems", in: "Research Policy", Vol. 41 (2011), S. 102-115.

**KHALILI-DAMGHANI/SADI-NEZHAD/LOTFI/TAVANA (2012)**

Khalili-Damghani, Kaveh; Sadi-Nezhad, Soheil; Lotfi, Farhad Hosseinzadeh; Tavana, Madjid: "A hybrid fuzzy rule-based multi-criteria framework for sustainable project portfolio selection", in: "Information Sciences", Vol. 220 (2012), S. 442-462.

**KILLEN/KJAER (2012)**

Killen, Catherine P.; Kjaer, Cai: "Understanding project interdependencies: The role of visual representation, culture and process", in: "International Journal of Project Management", Vol. 30 (2012), S. 554-566.

**KLUMPP/CUYPERS (2012)**

Klumpp, Matthias; Cuypers, Marc: „Kriteriengeleitete Methodenauswahl für die Analyse der Effizienz von Wertschöpfungsprozessen im Bereich der Hochschulbildung mit der Data Envelopment Analysis“, Projektberichte des Forschungsprojekts HELENA Nr. 3, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Essen 2012.

**KLUMPP/ZELEWSKI (2012)**

Klumpp, Matthias; Zelewski, Stephan: „Überblick über das Forschungsprojekt HELENA“, Projektberichte des Forschungsprojekts HELENA Nr. 1, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, Essen 2012.

**KRÜCKEN (2012)**

Krücken, Georg: „Governance und Personalmanagement im Hochschulkontext – Zusammenfassung der ersten Paneldiskussion“, in: Becker, Fred; Krücken, Georg; Wild, Elke (Hrsg.) „Gute Lehre in der Hochschule: Wirkungen von Anreizen, Kontextbedingungen und Reformen“, Bertelsmann, Bielefeld 2012, S. 67-74.

**LEE/CHOI (2010)**

Lee, Kyuseok; Choi, Kyuwan: „Cross redundancy and sensitivity in DEA models“, in: „Journal of Productivity Analysis“, Vol. 34, No. 2, Springer US, 2010, S. 151-165.

**LIENERT/LOCHNER (2011)**

Lienert, Martin; Lochner, Stefan: "The importance of market interdependencies in modeling energy systems – The case of the European electricity generation market", in: "International Journal of Electrical Power and Energy Systems", Vol. 34 (2011), S. 99-113.

**SCHWALBACH (2001)**

Schwalbach, Joachim: „Unternehmensreputation als Erfolgsfaktor“, in: Rese, Mario; Söllner, Albrecht; Utzig, B. Peter (Hrsg.) „Relationship Marketing – Standortbestimmung und Perspektiven“, Springer, Berlin/New York/Heidelberg 2001, S. 225-240.

**SCHWARZ (2003)**

Schwarz, Jürgen: „Messung und Steuerung der Kommunikations-Effizienz – Eine theoretische und empirische Analyse durch den Einsatz der Data Envelopment Analysis“, Springer Fachmedien, Wiesbaden 2003.

**SPINDLER (2007)**

Spindler, Manuela: “Robert O. Keohane/Joseph S. Nye, Power and Interdependence. World Politics in Transition, Boston 1977” in: Kailitz, Steffen (Hrsg.) „Schlüsselwerke der Politikwissenschaft“, Springer VS, Wiesbaden 2007, S. 205-209.

**VARMAZ/VARWIG/PODDIG (2012)**

Varmaz, Armin; Varwig, Andreas; Poddig, Thorsten: "Centralized resource planning and Yardstick competition", in: "The International Journal of Management Science", Vol. 41 (2012), S. 112-118.

**VERMA/SINHA (2002)**

Verma, Devesh; Sinha, Kingshuk K.: "Toward a theory of project interdependencies in high tech R&D environments", in: "Journal of Operations Management", Vol. 20 (2002), S. 451-468.

**Autor:**

**Dipl.-Kfm. Sait Başkaya**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
des Instituts für Produktion und  
Industrielles Informationsmanagement

Tel: +49(0)201/183-6683

Fax: +49(0)201/183-4017

E-Mail: [sait.baskaya@pim.uni-due.de](mailto:sait.baskaya@pim.uni-due.de)

Internet: [www.pim.wiwi.uni-due.de](http://www.pim.wiwi.uni-due.de)

**Impressum:**

Institut für Produktion und  
Industrielles Informationsmanagement (PIM)

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
Universitätsstraße 9, 45141 Essen

Website (PIM): [www.pim.wiwi.uni-due.de](http://www.pim.wiwi.uni-due.de)

Website (HELENA): [www.helena.wiwi.uni-due.de](http://www.helena.wiwi.uni-due.de)

ISSN: 2194-0711

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Das Forschungsprojekt „Higher Education Global Efficiency Analysis“ (HELENA) wird mit Finanzmitteln des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen: 01 PW 11007) und vom Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR): Neue Medien in der Bildung – Hochschulforschung begleitet. Die Projektmitglieder danken für die großzügige Unterstützung ihrer Forschungs- und Implementierungsarbeiten.

Universität Duisburg-Essen – Campus Essen  
Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement

**Projektberichte des Forschungsprojekts HELENA**

ISSN 2194-0711

- Nr. 1 Klumpp, Matthias; Zelewski, Stephan: Überblick über das Forschungsprojekt HELENA: Higher Education Global Efficiency Analysis. Essen 2012.
- Nr. 2 Cuypers, Marc: Kriterienkatalog für die Beurteilung der Eignung von Methoden zur Analyse der Effizienz von Wertschöpfungsprozessen im Bereich der Hochschulbildung. Essen 2012.
- Nr. 3 Klumpp, Matthias; Cuypers, Marc: Kriteriengeleitete Methodenauswahl für die Analyse der Effizienz von Wertschöpfungsprozessen im Bereich der Hochschulbildung mit der Data Envelopment Analysis. Essen 2012.
- Nr. 4 Cuypers, Marc: Identifizierung und Operationalisierung von relevanten Inputarten für Effizienzanalysen im Hochschulbereich. Essen 2012.
- Nr. 5 Cuypers, Marc: Identifizierung und Operationalisierung von relevanten Output- und Outcomearten für Effizienzanalysen im Hochschulbereich. Essen 2012.
- Nr. 6 Başkaya, Sait: Vorgehensmodell zur Berücksichtigung von Interdependenzen zwischen Inputarten bei Effizienzanalysen im Hochschulbereich. Essen 2013.