

# Mosbacher Doktorandenkolloquium – Band 1

Veröffentlichungen der Promotionsstudierenden



Oberflächenreinigung mit Wasserstrahlen

Bilanzpolitik

Schachtkraftwerk

Holistische Mathematikausbildung



## Impressum

### Herausgeber

Prof. Dr. Max Mühlhäuser, Prorektor/Dekan Fakultät Technik

Prof. Dr. Bernd Bachert, Studiengangsleitung Maschinenbau – Konstruktion und Entwicklung

Duale Hochschule Baden-Württemberg Mosbach

Lohrtalweg 10, 74821 Mosbach

Telefon: +49 6261 939-0

Telefax: +49 6261 939-504

Internet: [www.mosbach.dhbw.de](http://www.mosbach.dhbw.de)

ISBN: 978-3-943656-06-0

© 2016 Duale Hochschule Baden-Württemberg Mosbach

Für den Inhalt der einzelnen Artikel sind die jeweils benannten Autoren verantwortlich. Die Rechte an den Einzelbeiträgen liegen beim jeweiligen Verfasser; Rechte am Gesamtwerk liegen bei DHBW Mosbach.

### Grusswort

Liebe Promovierende,  
liebe Kolleginnen und Kollegen,  
sehr geehrte Damen und Herren,

mit dem vorliegenden Band 1 der Schriftenreihe zum Mosbacher Doktorandenkolloquium dokumentieren wir erstmals die wissenschaftliche Qualität der Arbeit unserer Doktorandinnen und Doktoranden. Wir freuen uns ganz besonders über die fachliche Breite und qualitative Tiefe der vorgestellten Forschungsarbeiten.

Im Zuge der Hochschulwerdung 2009 hat die DHBW einen gesetzlichen Auftrag zu kooperativer Forschung erhalten. Als Hochschule verstehen wir uns somit nicht nur als eine wissensvermittelnde Institution, sondern auch als eine wissensbildende. Im Bereich Forschung stellt die kooperative Forschung unseren Profildbereich dar. Diese erfolgt anwendungs- und transferorientiert, vor allem in Kooperation mit unseren Dualen Partnern. Diese bildet eine hervorragende Ausgangslage für forschungsinteressierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Kooperative Forschung an der DHBW Mosbach entwickelt innovative Konzepte, Strategien und Technologien und reflektiert die professionellen und fachlichen Herausforderungen in Wirtschaft und Technik. Insofern verstehen wir uns auch nicht als eine Einrichtung, die zum Selbstzweck forscht, quasi im Elfenbeinturm der Wissenschaft. Es ist uns wichtig, dass unsere Forschung, Entwicklung und Innovation einen Mehrwert für die Projektpartner, die Gesellschaft und die beteiligten Studierenden bietet. Nach unserem Verständnis sollen Projekte aus dem Bereich der Forschung, Innovation und Entwicklung an der DHBW Mosbach auch immer der Verbesserung der Lehre im Sinne einer forschungsgeleiteten Lehre dienen. Das Prinzip der Dualität spiegelt sich im Praxis- und Wissenschaftsbezug wider und das besondere Profil der Dualen Hochschule Baden-Württemberg wird auf diese Weise geschärft.

Kooperative Promotionen sind ein idealer Weg, kooperative Forschung zu realisieren, da auch hier der Netzwerkgedanke aufgegriffen wird. Er findet seinen Ausdruck in der Zusammenarbeit der Promovierenden mit mehreren Betreuern, wodurch sich die großartige Möglichkeit ergibt, dass die Arbeit gleichzeitig von mehreren Blickwinkeln betrachtet werden kann. Die DHBW selbst besitzt kein Promotionsrecht, jedoch unterstreichen die Qualität der vorliegenden Arbeiten und die partnerschaftliche Kooperation mit namhaften nationalen Universitäten und einer namhaften Pädagogischen Hochschule den wissenschaftlichen Anspruch der Hochschulpartner.

Ihnen, liebe Doktorandinnen und Doktoranden, die Sie mit Ihren Forschungsarbeiten sowohl fachliches als auch organisatorisches Neuland beschreiten, danken wir dafür, dass Sie dazu beitragen, die Expertise der DHBW Mosbach im Bereich Forschung weiter auszubauen.

Wir wünschen Ihnen persönlich Erfolg, neue Erkenntnisse, Durchhaltevermögen und vor allen Dingen Freude bei Ihren Arbeiten.

Herzlichen Dank

Ihre



Prof. Dr. Gabi Jeck-Schlottmann

Ihr



Prof. Dr. Max Mühlhäuser

## Inhalt

Grusswort.....	3
Inhalt.....	4
Holistische Mathematikausbildung an der DHBW.....	5
Nutzung von Wahlrechten im Rahmen der Unternehmenspublizität .....	9
Hydrodynamic modelling of a horizontal rack in a shaft power plant:alternative approch.....	23

# Holistische Mathematikausbildung an der DHBW

**Autor:** Christian Düsi<sup>a</sup>, Campus Mosbach

**Betreuer:** Prof. Dr. Gerhard Götz, Professor für mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mosbach

**Betreuer:** Prof. Dr. Guido Pinkernell, Professor für Mathematik und Mathematik-Didaktik, Pädagogische Hochschule Heidelberg

## Einleitung

In diesem Beitrag wird die Konzeption eines Forschungsvorhabens zur Optimierung eines Blended-learning Vorkurskonzeptes im Fachbereich Mathematik vorgestellt. Das Vorhaben orientiert sich am methodologischen Ansatz des Design-Based Research und iteriert in jährlichen Zyklen über drei Jahre hinweg. Ziel ist es, positive Effekte auf das algebraische Grundwissen zukünftiger WiMINT (Wirtschaft-Mathematik-Informatik-Naturwissenschaften-Technik)-Studierenden in mathematischen Vorkursen zu evaluieren, um letztere zu optimieren.

Eine sich in den letzten Jahren verändernde schulische Bildungslandschaft, sowohl national als auch international<sup>1</sup>, führte zu einer veränderten Ausgangslage an Hochschulen. Die Folgen dieser Veränderungen zeigen sich u.a. bei Betrachtung der Abbruchzahlen von Bachelor-Studiengängen.<sup>2</sup> Diese Abbrüche stehen, zumindest in den Ingenieurwissenschaften, zu großen Teilen mit Lücken im Grundlagenfach Mathematik in Zusammenhang. Dies erklärt sich sowohl durch die Heterogenität der Bildungsabschlüsse zur Hochschulzugangsberechtigung<sup>3</sup> und der Unterschiedlichkeit der damit einhergehenden Art und Dauer der Mathematikausbildung, als auch durch die Verkürzung der Schulzeit durch Reformprojekte wie „G8“, die eine Reduktion sowohl der Studierfähigkeit, als auch der Fachkompetenzen nahelegt.

Ansätze zur Lösung derartiger Problemstellungen gibt es an nahezu jeder Hochschule in Deutschland. Diese Lösungen sehen meist sogenannte Vor-/Brückenkurse vor, die entweder Online, als Blended-Learning Konzept oder als reines Präsenzkonzept realisiert werden. Das in diesem Beitrag beschriebene Forschungsvorhaben evaluiert, erweitert und optimiert ein existierendes Vorkurskonzept an der DHBW Mosbach.

## Beschreibung des Vorhabens

Das Forschungsvorhaben soll durch Evaluationen der Vorkurse Erkenntnisse über Potenziale und Grenzen der Optimierung dieser Vorkurse liefern und gleichzeitig darüber Aufschluss geben, in welchen Bereichen auf welche Weise eine Implementation von Maßnahmen möglich ist und welche Korrelationen zwischen diesen Maßnahmen und den

---

<sup>1</sup> Vgl. Rauzy (2014) S. 153 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Berthold & Jorzik (2015) S.37

<sup>3</sup> Zur Vielfalt der HZB's in Baden-Württemberg siehe <https://www.studieninfo-bw.de/orientieren/hochschulzugang/> (zuletzt besucht am 20.01.2016).

<sup>a</sup> Kontaktdaten: Christian Düsi, Lohrtalweg 10, 74821 Mosbach, Telefon: 06261 939-418, E-Mail: [duesi@dwbw-mosbach.de](mailto:duesi@dwbw-mosbach.de)

langfristigen Wissens- und Könnensaspekten der Algebra bei Studierenden zu erkennen sind. Ziel dieser Maßnahmen ist es, die Studierfähigkeit der StudienanwärterInnen zu erhöhen um Studienabbruchquoten, speziell in höheren Semestern, zu reduzieren. Der Fokus in der Evaluation wird auf den Bereich algebraischer Grundfertigkeiten gelegt werden<sup>4</sup> und soll die Bedürfnisse der beiden Fakultäten Technik und Wirtschaft berücksichtigen, wodurch der Fächerbereich WiMINT<sup>5</sup> in der Arbeit eine besondere Berücksichtigung erfährt. Dies erfordert die Konzeption eines Testwerkzeuges, das die zuvor definierten algebraischen Grundfertigkeiten dieses Fächerbereiches operationalisiert und in einem Pretest-Posttest-Follow-up-Design überprüfbar macht.

Methodologisch wird sich das Forschungsvorhaben, insbesondere aus forschungspragmatischen Gründen, der Design-Based Research bedienen. Dies hat zur Folge, dass Optimierungen in drei aufeinanderfolgenden Zyklen iterierend sowohl konzipiert, implementiert, evaluiert und durchgeführt werden können. Diese Konzeption lässt eine fortlaufende, durch evaluative Prozesse begleitete Innovation des Vorkurskonzeptes auf verschiedenen Ebenen und in unterschiedlichen Bereichen zu und verbindet diese Bereiche miteinander.

Als Outputfaktoren wurde einerseits die Wissens- und Könnensaspekte der Algebra der Studierenden gewählt, andererseits die Fähigkeit zum selbstständigen Lernen mathematischer Sachverhalte. Die Wahl für diese Aspekte erfolgt einerseits aus forschungspragmatischen Gründen, andererseits, um einen holistischen Blick auf die Studienvorbereitung zu generieren. Die Überprüfung einer „gesamtmathematischen Kompetenz“ erfordert komplexe, in der Erstellung, Auswertung und Bearbeitung, ressourcenaufwendige Testverfahren. Da diese Verfahren allerdings in der Praxis als Pretest-Posttest-Follow-up Verfahren an Hochschulen überhaupt nicht, oder nur unter sehr schwierigen Bedingungen möglich sind, wird auf eine Alternative zurückgegriffen. Wissens- und Könnensaspekte der Algebra bieten sich aus zwei Gründen hierfür an. Erstens lassen sie einen Rückschluss auf andere mathematische Kompetenzen, wie z.B. geometrische oder stochastische Kompetenzen, zu; insbesondere wenn man die Arithmetik als Teilbereich der Algebra versteht.<sup>6</sup> Zweitens wird eine systematische Klassifizierung und Einordnung von Algebrakompetenzen zurzeit innerhalb eines Projektes an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg unter der Führung von Prof. Dr. Pinkernell vorgenommen. Innerhalb dieses Projektes wird ein Kompetenzraster erarbeitet, welches als Basis im Dissertationsprojekt genutzt und für die spezifischen Bedürfnisse des Übergangs zwischen Schule und Hochschule erweitert und modifiziert werden wird. Somit wird sich die Konzeption des Testverfahrens aus drei Teilen zusammensetzen. Der erste Teil übernimmt einen Aufgabenausschnitt aus dem Testverfahren der Vorjahre, um eine längsschnittliche Analyse zumindest in Teilen gewährleisten zu können. Der zweite Teil des Testverfahrens wird sich auf die zuvor explizierten algebraischen Kompetenzen fokussieren und diese in einem möglichst begrenzten Aufgabenausschnitt testen. Der dritte Teil des Verfahrens wird weiterführende fachliche Kompetenzen untersuchen, die inhaltlich im Vorkurs abgedeckt werden. Hierzu zählen neben trigonometrischen Kenntnissen, Kenntnissen über Vektoren und deren Berechnung, auch die Felder der grundlegenden Differential- und Integralrechnung.

---

<sup>4</sup> Gründe für diese Wahl werden weiter unten differenzierter dargestellt.

<sup>5</sup> Zur Begrifflichkeit: siehe Mindestanforderungskatalog Mathematik der cosh, S.2. Gefunden auf: [https://www.hs-karlsruhe.de/fileadmin/hska/SCSL/Lehre/makV2.0B\\_ohne\\_Leerseiten.pdf](https://www.hs-karlsruhe.de/fileadmin/hska/SCSL/Lehre/makV2.0B_ohne_Leerseiten.pdf) (zuletzt besucht am 21.01.2016.).

<sup>6</sup> Vgl. Prenzel et al. (2004) S.63.

Der zweite Outputfaktor, die Selbstständigkeit in Lernprozessen, ist quantitativ weitaus schwerer zu erfassen. Fischer untersuchte diese Komponente als „wahrgenommene Selbstregulationsfähigkeit“<sup>7</sup> der Studierenden und wertete diese per Fragebogen aus. Die subjektiven Erfahrungen der Studierenden ergeben für dieses Kompetenzspektrum eine interessante und zu beachtenden Perspektive, die allerdings erweitert werden muss. Der relevante Outputfaktor ist nicht die Selbstwahrnehmung der Studierenden, die durch subjektive Einflussfaktoren u.ä. verzerrt sein kann, sondern eine theoretisch objektive Fähigkeit dazu, sich selbstständig Wissen und Fähigkeiten insbesondere im Fachbereich Mathematik anzueignen. Um dieser vielschichtigen Fragestellung gerecht zu werden, soll die Befragung der Selbstwahrnehmung der Studierenden um eine Befragung der Lehrenden und deren subjektivem Eindruck komplementiert werden. Durch diese Methodik werden beide Perspektiven auf die Thematik berücksichtigt und durch eine quantitative und qualitative Auswertung der Berichte zusammengefasst, um eine objektivere Perspektive zu ermöglichen.

Durch die zwei vorgestellten Outputfaktoren kann ein näheres Bild des erwünschten „Gesamtoutputs“ gezeichnet werden, wobei der inhaltliche und zeitliche Fokus auf den Bereich der mathematischen Fähigkeiten gelegt wird. Ziel ist es zu analysieren, in wie weit die gewonnenen Erkenntnisse eine Beurteilung der Befähigung der Studierenden zur Aufnahme eines WiMINT Studiums erlauben. Hierfür sind neben den generell für ein Studium notwendigen personalen Kompetenzen, primär die Selbstständigkeit in Lernsituationen, die fächerunspezifischen mathematischen Grundlagenkompetenzen notwendig. Dieses Ziel, die Studierfähigkeit für ein WiMINT Studiengang, soll längsschnittlich durch eine Korrelationsanalyse der Mathematiknoten der späteren Semester mit den Ergebnissen der Analyse des Vorkurses verifiziert werden, um langfristigen Erfolg beurteilen zu können.

Hierfür sind folgende Fragen notwendiger Bestandteil des Vorhabens:

- Welche Voraussetzungen muss ein Test zur Überprüfung von Algebrakönnen bei WiMINT-Studierenden erfüllen?
- Wie lässt sich die Kompetenz zum selbstständigen Lernen mathematischer Inhalte erfassen?
- Welche Maßnahmen haben Einfluss auf welche Output-Faktoren?

### Ausblick

Erste Auswertungen des Jahrgangs 2015 wurden analysiert und bereits im Jahr 2015 wurden erste Anpassungen, als Vorstufe des eigentlichen Forschungsvorhabens, getätigt, um die Qualität der Evaluation zu steigern und Anpassungen für das Jahr 2016 zu ermöglichen. In diesem Anpassungsprozess befindet sich das Forschungsvorhaben zurzeit und versucht durch eine Optimierung des Testverfahrens eindeutiger Evaluationsergebnisse zu erlangen. Gleichzeitig geben die Erkenntnisse aus der Evaluation des letztjährigen Vorkurses Anlass und Richtung zur Anpassung der Vorkursunterlagen, der Lehrmethodik und der Vorkursstruktur vor.

---

<sup>7</sup> Fischer (2015) S.346.

### Literatur

- Rauzy, A.**, 2014. An online remedial summer course for new students. In: Bausch, I., Biehler, R., Bruder, R., Fischer, P.R., Hochmuth, R., Koepf, W., Schreiber, S., Wassong, T. (Eds.), 2014. Mathematische Vor- und Brückenkurse, Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- Berthold, C., Jorzik, B.**, 2015. Handbuch Studienerfolg. Strategien und Maßnahmen: Wie Hochschulen Studierende erfolgreich zum Abschluss führen. Edition Stifterverband – Verwaltungsgesellschaft für Wissenschaftspflege GmbH, Essen.
- Fischer, P.R.**, 2014. Mathematische Vorkurse im Blended-Learning-Format, Studien zur Hochschuldidaktik und zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der Mathematik und in der Statistik. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- Prenzel**, 2004. PISA 2003 : der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Waxmann, Münster; München; Berlin [u.a.].



# Nutzung von Wahlrechten im Rahmen der Unternehmenspublizität

**Autor:** Christian Götz<sup>a</sup>, Campus Bad Mergentheim

**Betreuer:** Prof. Dr. Jens Schütte, Professor für Finanz- und Rechnungswesen, International Business, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mosbach

**Betreuer:** Prof. Dr. Dr. h.c. Jochen Zimmermann, Professor für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Unternehmensrechnung und Controlling, Universität Bremen

## Einleitung

Im Wettbewerb um Investitionen in das eigene – aber auch in fremde – Unternehmen sind sowohl große, international aufgestellte Konzerne als auch kleine mittelständisch geprägte Unternehmen auf das Wohlwollen von Investoren angewiesen.<sup>1</sup> Diese Kapitalgeber treffen ihre Entscheidung über ein Engagement häufig unter der Prämisse der Maximierung des Unternehmenswerts bzw. der Sicherung ihres spezifischen Anteils.<sup>2</sup> Um die Steigerung des Unternehmenswerts beurteilen und/oder die Sicherheit ihres spezifischen Anteils einschätzen zu können, greifen Investoren auf Informationen der Rechnungslegung als Teil der Unternehmenspublizität zurück.<sup>3</sup> Die publizierten Zahlenwerke unterliegen jedoch regelmäßig den Einflüssen der jeweiligen Unternehmensleitung, die im Rahmen von rechnungslegungskonformen Ermessensspielräumen und Wahlrechten versucht, die Stakeholder der Unternehmung zu beeinflussen.<sup>4</sup>

Ziel dieser Arbeit ist es, zunächst die Grundlagen der Unternehmenspublizität und Bilanzpolitik zu erläutern, ehe eine Übersicht über die Messung der Bilanzpolitik mittels analytischer und statistischer Verfahren erfolgt.

## Unternehmenspublizität

Unternehmenspublizität bezeichnet die öffentliche Bekanntmachung von unternehmensbezogenen Daten<sup>5</sup> und umfasst verpflichtende sowie freiwillige Publizität.<sup>6</sup> Unter freiwilliger Publizität können beispielsweise Berichterstattungen über nicht monetäre Größen sowie seit geraumer Zeit speziell Angaben zum Themenkreis der Nachhaltigkeit fallen.<sup>7</sup> Im Hinblick auf die Rechnungslegung der Pflichtpublizität sind seitens des Gesetzgebers die Offenlegung von Einzel- und Konzernabschlüssen sowie unterjährige Zwischenberichte vorgeschrieben.<sup>8</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Piwinger (2009), S. 14.

<sup>2</sup> Vgl. Rapp/Wullenkord (2011), S. 121.

<sup>3</sup> Vgl. Grüning (2010), S. 1 ff.

<sup>4</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 265 f.

<sup>5</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 988.

<sup>6</sup> Vgl. Grüning (2010), S. 4.

<sup>7</sup> Vgl. Fifka (2014), S. 1 ff.

<sup>8</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 989.

<sup>a</sup> Kontaktdaten: Christian Götz, Schloss 2, 97980 Bad Mergentheim, Telefon: 07931 530-717, E-Mail: cgoetz@dhbw-mosbach.de

Grundsätzlich ist bei der Pflichtpublizität zwischen Einzelabschluss und Konzernabschluss zu unterscheiden. Der Jahresabschluss stellt den Einzelabschluss einer rechtlich selbstständigen Unternehmung dar, während der Konzernabschluss mehrere Einzelbilanzen zu einer Konzernbilanz zusammenführt.<sup>9</sup>

Im Rahmen der Pflichtpublizität spielen im deutschen Kontext insbesondere das Handelsgesetzbuch (HGB) und im internationalen Kontext die „International Financial Reporting Standards“ (IFRS) eine entscheidende Rolle.<sup>10</sup> Die Rechnungslegung nach HGB und IFRS unterscheidet sich jedoch grundsätzlich durch ihren theoretischen Ausgangspunkt.<sup>11</sup> Während sich das HGB am ausgeprägten Gläubigerschutz orientiert, dienen die IFRS ausschließlich der Informationsfunktion. Die Orientierung an Gläubigerschutz und Kapitalerhaltung durch das HGB zeigt sich vor allem durch das Vorsichtsprinzip.<sup>12</sup> Das Vorsichtsprinzip ist durch § 252 Abs. 1 Nr. 4 HGB kodifiziert und besagt, dass sämtliche Vermögensgegenstände und Schulden stets vorsichtig zu bewerten sind. Der nach dem Vorsichtsprinzip ermittelte Gewinn des Unternehmens wird somit als nicht zu hoch ausgewiesen und die Ausschüttungen an die Anteilseigner fallen tendenziell geringer aus (Ausschüttungsbemessungsfunktion).<sup>13</sup> Dem Jahresabschluss nach HGB kommt darüber hinaus neben der allgemeinen Informations- und Ausschüttungsbemessungsfunktion ebenso eine Steuerbemessungsfunktion gemäß dem Maßgeblichkeitsprinzip nach § 5 Abs. 1 Satz 1 EStG zu.<sup>14</sup>

Die Pflicht zur Aufstellung eines Jahresabschlusses nach HGB ist durch § 242 HGB vorgeschrieben. Für alle Kaufleute gilt gemäß § 242 Abs. 3 HGB, dass der Jahresabschluss aus der Bilanz und der Gewinn- und Verlustrechnung besteht. Kapitalgesellschaften<sup>15</sup> hingegen müssen zusätzlich gemäß § 264 Abs. 1 HGB einen Anhang erstellen, der einzelne Positionen der Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung näher erläutert.

Wenn ein Unternehmen auf ein anderes rechtlich selbstständiges Unternehmen Beherrschung ausüben kann, tritt neben die Verpflichtung zum Einzelabschluss die Pflicht zur Aufstellung eines Konzernabschlusses. Im HGB finden sich die entsprechenden Vorschriften in den §§ 290 ff. HGB und § 11 PublG.<sup>16</sup> Gemäß § 290 HGB sind Kapitalgesellschaften sowie Personengesellschaften i. S. d. § 264a HGB verpflichtet einen Konzernabschluss und -lagebericht aufzustellen, wenn zwischen zwei Unternehmungen ein beherrschendes Verhältnis besteht.<sup>17</sup> Es besteht jedoch gemäß § 293 HGB die Möglichkeit, bei Unterschreiten bestimmter Schwellenwerte<sup>18</sup> von der Pflicht zur Konzernrechnungslegung befreit

---

<sup>9</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 13 f.

<sup>10</sup> Vgl. Grüning (2010), S. 31 f.

<sup>11</sup> Vgl. Mandler (2009) S. 29.

<sup>12</sup> Vgl. Haunderdinger/Probst (2013), S. 30.

<sup>13</sup> Vgl. Gros (2010), S. 168 ff.

<sup>14</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 1001.

<sup>15</sup> Nach § 267 HGB werden Kapitalgesellschaften in Größenklassen (klein, mittel, groß) anhand der Höhe der Bilanzsumme und Umsatzerlöse sowie der Mitarbeiteranzahl eingeteilt. Aus der Einteilung der Größe nach folgen bestimmte Berichterstattungs- und Bilanzierungsvorschriften, wie beispielsweise die Bilanzgliederung gemäß §§ 266 Abs. 1, 274a HGB, die Gliederung der GuV gemäß § 276 HGB, die Anhangsaufstellung gemäß § 288 HGB, die Aufstellung des Lageberichts gemäß § 264 Abs. 1 Satz 3 HGB, Vorschriften zur Abschlussprüfung gemäß § 316 Abs. 1 Satz 1 HGB sowie Offenlegungspflichten gemäß §§ 325 ff. HGB. Vgl. Wulf (2014), § 267, Rn. 2 ff.

<sup>16</sup> Vgl. Schildbach (2008), S. 69.

<sup>17</sup> Vgl. Schildbach (2008), S. 69.

<sup>18</sup> Gemäß § 293 HGB erfolgt die Befreiung von der Pflicht zur Rechnungslegung, wenn zwei der folgenden drei Tatbestände am Abschlussstichtag und am vorherigen Abschlussstichtag unterschritten sind. Die Bilanzsumme der Konzernbilanz unterschreitet 24 Millionen Euro, die Umsatzerlöse der Konzern-GuV unterschreiten 48 Millionen Euro oder die durchschnittliche Mitarbeiteranzahl in den vorherigen 12 Monaten ist geringer als 250 Mitarbeiter. Falls zwei der folgenden drei Tatbestände an nur einem Abschlussstichtag nicht überschritten werden, erfolgt ebenso eine Befreiung. Die Bilanzsumme unterschreitet 40 Millionen Euro, Umsatzerlöse unterschreiten 20 Millionen Euro oder im Durchschnitt sind weniger als 250 Mitarbeiter angestellt.

zu werden. Nicht-Kapitalgesellschaften können gemäß § 11 PubLG zur Aufstellung eines Konzernabschlusses verpflichtet sein, falls eine Unternehmung mittelbar oder unmittelbar Einfluss auf eine andere Unternehmung ausübt und die Schwellenwerte<sup>19</sup> gemäß § 11 Abs. 1 PubLG überschritten werden. Der Konzernabschluss nach HGB besteht gemäß § 297 Abs. 1 HGB aus der Konzernbilanz, der Gewinn- und Verlustrechnung des Konzerns, dem Konzernanhang sowie zusätzlich bei Kapitalgesellschaften aus einer Kapitalflussrechnung und einem Eigenkapitalspiegel.<sup>20</sup> Der Konzernabschluss nach HGB dient im Gegensatz zum Einzelabschluss ausschließlich der Informationsfunktion.<sup>21</sup>

Der Zweck des Jahres bzw. Konzernabschlusses nach IFRS besteht, ebenso wie der Zweck des Konzernabschlusses nach HGB, in der Übermittlung von Unternehmensinformationen.<sup>22</sup> Die IFRS stellen die Informationsbedürfnisse der Investoren in den Vordergrund und streben eine möglichst wirklichkeitsgetreue Darstellung an.<sup>23</sup> Für die Aufstellung des Jahres- bzw. Konzernabschlusses nach IFRS gelten in Deutschland die Verpflichtungen gemäß § 315a HGB.

Tabelle 1 stellt hierzu eine Übersicht der Verpflichtung zur Aufstellung eines Jahres- bzw. Konzernabschlusses nach IFRS für kapitalmarktorientierte und nicht kapitalmarkt- orientierte Unternehmen dar.

**TABELLE 1: ANWENDUNGSBEREICH IFRS IN DEUTSCHLAND<sup>24</sup>**

	KAPITALMARKTORIENTIERTE UNTERNEHMEN	NICHT KAPITALMARKTORIENTIERTE UNTERNEHMEN
<b>KONZERNABSCHLUSS</b>	- IFRS-Pflicht seit 01.01.2005	- IFRS-Wahlrecht seit 01.01.2005
<b>EINZELABSCHLUSS</b>	- IFRS-Wahlrecht seit 01.01.2005 - Weiterhin HGB-Pflicht (Ausschüttungs- und Steuerbemessungsfunktion)	

Unternehmen gelten gemäß § 264d HGB als kapitalmarktorientiert, wenn Sie eigens ausgegebene Wertpapiere i. S. d. § 2 Abs. 1 Satz 1 WpHG an einem organisierten Markt i. S. d. § 2 Abs. 5 WpHG zum Handel bereit stellen oder beantragt haben. Der verpflichtende Konzernabschluss für kapitalmarktorientierte Unternehmen nach IFRS besteht gemäß IAS 1 aus einer Bilanz, einer Gesamtergebnisrechnung, einer Eigenkapitalveränderungsrechnung, einer Kapitalflussrechnung, einem Anhang, einer Vergleichsbilanz bei Änderung der Rechnungslegungsmethode sowie einem Segmentbericht gemäß IAS 14. Für den Einzelabschluss nach IFRS und den Konzernabschluss nach IFRS für nicht kapitalmarktorientierte Unternehmen besteht seitens des deutschen Standardsetters ein Aufstellungswahlrecht, der Umfang bei freiwilliger Aufstellung hingegen bleibt identisch mit jenem bei Pflichtaufstellung.<sup>25</sup> Der IFRS-Abschluss – auch jener auf freiwilliger Basis erstellte – dient vor allem der Vergleichbarkeit im internationalen Rahmen und ist daher unter Wettbewerbsgesichtspunkten von hoher Bedeutung.<sup>26</sup>

<sup>19</sup> Zwei der folgenden drei Tatbestände müssen gemäß § 11 Abs. 1 PubLG für die Pflicht zur Konzernrechnungslegung überschritten sein. Die Bilanzsumme überschreitet 65 Millionen Euro, Die Umsatzerlöse der Konzern-GuV überschreiten 130 Millionen Euro oder die Mitarbeiterzahl in den vorherigen 12 Monaten übersteigt durchschnittlich 5000 Mitarbeiter.

<sup>20</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 27.

<sup>21</sup> Vgl. Ebert (2010), S. 12.

<sup>22</sup> Vgl. Ebert (2010), S. 12.

<sup>23</sup> Vgl. Haunderdinger/Probst (2013), S. 30; Mandler (2009), S. 29.

<sup>24</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 14.

<sup>25</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 13 f.

<sup>26</sup> Vgl. Buchhüter/Striegel (2009), S. 31.

Allen diesen Normen – HGB und IFRS – ist gemeinsam, dass sie ebenso wie die Unternehmenspublizität selbst Pflichtbestandteile und Wahlrechte sowie Ermessensspielräume aufweisen.<sup>27</sup> Ermessensspielräume bilden nicht im Regelwerk erfasste Tatbestände ab, während Wahlrechte dem bilanzierenden Unternehmen explizit die Möglichkeit zur Wahl zweier sich ausschließender Tatbestände einräumen.<sup>28</sup> Nach HGB stehen den Bilanzierenden beispielsweise Wahlrechte zum Ansatz von selbst geschaffenen immateriellen Vermögensgegenständen gemäß § 248 Abs. 2 Satz 1 HGB oder aktiven latenten Steuern gemäß § 274 Abs. 1 Satz 2 HGB zur Auswahl, während die IFRS beispielsweise Wahlrechte im Hinblick auf die Erstanwendung der IFRS einräumen.<sup>29</sup> Wenn Unternehmen diese Wahlrechte und Ermessensspielräume ausnutzen, wird in der Literatur häufig von „accounting choice“ gesprochen. Die Auswirkungen des „accounting choice“-Problems können sich beispielsweise in der Bilanzsumme widerspiegeln und somit erheblichen Einfluss auf die Kennzahlen der Unternehmung haben. Den Standardsettern ist dieses Problem durchaus bewusst, gleichwohl werden diese Wahlrechte und Ermessensspielräume kodifiziert, da eine gesamte Normierung der umfassenden und komplexen Unternehmenswelt nicht zielführend und umsetzbar ist.<sup>30</sup> So werden seitens der Standardsetter zwar Abbildungsregeln vorgegeben, jedoch bleibt den Unternehmen die konkrete Ausgestaltung, wie beispielsweise die Wahl zwischen verschiedenen Abschreibungsmethoden oder die Schätzung der Nutzungsdauer für abnutzbare Wirtschaftsgüter, selbst überlassen.<sup>31</sup> Sowohl nationale als auch internationale Vorschriften bieten erhebliche Wahlrechtsmöglichkeiten und Ermessensspielräume zur Ausgestaltung der Unternehmenspublizität und insofern zur aktiven Bilanzpolitik.<sup>32</sup>

## Bilanzpolitik

### Definition und Ziele

Unter Bilanzpolitik wird die bewusste und zielorientierte Gestaltung der publizierten Unternehmensdaten durch die Unternehmensleitung unter Ausnutzung von gewährten Spielräumen, um Stakeholder der Unternehmung zu beeinflussen, verstanden.<sup>33</sup> Der Begriff Bilanzpolitik hat sich in der Praxis und Literatur durchgesetzt, wenngleich der Begriff Rechnungslegungspolitik passender wäre, da sämtliche Berichtsinstrumente wie (Konzern-)Jahresabschlüsse und (Konzern-)Lageberichte betroffen sind.<sup>34</sup>

Die Ziele, die den Anreiz für eine aktive Bilanzpolitik bilden, können beispielsweise die Maximierung oder Minimierung des Erfolgs, die Ergebnisglättung sowie die Erreichung von Zielgrößen sein.<sup>35</sup> Die Unternehmensleitung ist wesentlich an der Entscheidung und Umsetzung der zielorientierten Bilanzpolitik beteiligt, da sie in ihrer Funktion als gesetzlicher Vertreter zur Aufstellung und Offenlegung des korrekten Jahres- bzw. Konzernabschlusses verpflichtet ist.<sup>36</sup> Bilanzpolitik stellt für die Unternehmensleitung so lange ein legitimes Instrument zur Durchsetzung übergeordneter

---

<sup>27</sup> Vgl. Ewert/Wagenhöfer (2015), S. 267.

<sup>28</sup> Vgl. Herold (2007), S. 30 f.

<sup>29</sup> Eine Übersicht aller Wahlrechte und Ermessensspielräumen nach HGB und IFRS bietet Coenenberg (2014), S. 1007 ff.

<sup>30</sup> Vgl. Boecker (2010), S. 139 ff.

<sup>31</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 1005.

<sup>32</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 1007 ff.

<sup>33</sup> Vgl. Küting/Weber (2015), S. 33.

<sup>34</sup> Vgl. Obermann (2011), S. 9 f.

<sup>35</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 273.

<sup>36</sup> Vgl. Boecker (2010), S. 372.

Ziele dar, wie sich die Maßnahmen im Bereich der Normenkonformität befinden.<sup>37</sup> Gestaltungen über Normenkonformität hinaus werden als Bilanzfälschung oder -manipulation bezeichnet.<sup>38</sup> Die normenkonforme Ausübung von Ermessensspielräumen und Wahlrechten und ein oftmals damit in Zusammenhang stehender negativer Beigeschmack der Bilanzpolitik sind keineswegs zu verleugnen, da sich eine konkrete Abgrenzung zwischen illegaler und legaler Bilanzpolitik häufig nicht leicht ziehen lässt.<sup>39</sup> In Deutschland wurde zum Schutz der Stakeholder und zur Vergleichbarkeit der Jahresabschlüsse im Jahr 2009 das Bilanzrechtsmodernisierungsgesetz (BilMoG) veröffentlicht.<sup>40</sup> Dessen Umsetzung führte zu einer Streichung einiger Wahlrechte und Ermessensspielräume, wodurch die Aussagefähigkeit des (Konzern-)Jahresabschlusses gesteigert werden sollte.<sup>41</sup> Trotzdem bestehen in Deutschland noch immer vielfältige Möglichkeiten zur Wahlrechtsausübung. Dieses Phänomen wird nicht nur in der nationalen, sondern auch in der internationalen Rechnungslegungsforschung untersucht.

### Earnings Management

Während sich in Deutschland der Begriff „Bilanzpolitik“ durchgesetzt hat, verwendet die anglo-amerikanische Literatur das Äquivalent „Earnings Management“.<sup>42</sup> Eine spezifische Definition scheidet dagegen aus, da sich in der anglo-amerikanischen Literatur verschiedene Ausprägungen des „Earnings Managements“ hervorgetan haben (vgl. Tabelle 2).<sup>43</sup>

TABELLE 2: ALTERNATIVE DEFINITIONEN VON „EARNINGS MANAGEMENT“<sup>44</sup>

	„WEIß“	„GRAU“	„SCHWARZ“
DEFINITION	“Earnings management is taking advantage of the flexibility in the accounting choice of accounting treatment to signal the manager’s private information on future cash flows.”	“Earnings management is choosing an accounting treatment that is either opportunistic (maximizing the utility of management only) or economically efficient.”	“Earnings management is the practice of using tricks to misrepresent or reduce transparency of the financial reports.”
VERTRETER	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ronen/Sadan (1981)</li> <li>– Demski et al. (1984)</li> <li>– Suh (1990)</li> <li>– Demski (1998)</li> <li>– Beneish (2001)</li> <li>– Sankar/Subramanyam (2001)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fields et al. (2001)</li> <li>– Scott (2003)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Schipper (1989)</li> <li>– Levitt (1998)</li> <li>– Healy/Wahlen (1999)</li> <li>– Tzur/Yaari (1999)</li> <li>– Chtourou et al. (2001)</li> <li>– Miller/Bahnson (2002)</li> </ul>

<sup>37</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 1001.

<sup>38</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 1001.

<sup>39</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 265.

<sup>40</sup> Vgl. Melcher/Schaier (2009), S. 4 ff.

<sup>41</sup> Vgl. Petersen/Zwirner (2009), S. 5 ff.

<sup>42</sup> Vgl. Obermann (2011), S. 9.

<sup>43</sup> Vgl. Ronen/Yaari (2008), S. 25 f.

<sup>44</sup> Ronen/Yaari (2008), S. 25 f.

Während nach *Ronen/Yaari* (2008) „Weiße Bilanzpolitik“ Gestaltungsspielräume bei den Rechnungslegungsvorschriften ausnutzt, um die Entwicklung der Unternehmenssituation an die Stakeholder zu kommunizieren, stehen im Gegensatz hierzu bei der „Schwarzen Bilanzpolitik“ die Täuschung der Stakeholder durch „Earnings Management“ und die Reduzierung der Informationstransparenz im Vordergrund. Zwischen den beiden Extremausprägungen des „Earnings Managements“ in der anglo-amerikanischen Literatur befindet sich der Ansatz der „Grauen Bilanzpolitik“. Hier werden die Gestaltungsspielräume entweder opportunistisch oder effizient genutzt, beispielsweise zur Maximierung des Unternehmenswertes.<sup>45</sup>

Wenngleich sich in der anglo-amerikanischen Literatur drei Ausprägungen mit konkreten Definitionen von „Earnings Management“ durchgesetzt haben, spielt in der deutschen Literatur die übergeordnete Definition der Beeinflussung des Verhaltens bestimmter Abschlussadressaten als Hauptziel eine wesentliche Rolle. Jedoch haben sowohl der Begriff Bilanzpolitik als auch „Earnings Management“ die Einflussnahme der Unternehmensleitung auf die Rechnungslegungsdaten mit Hilfe von Wahlrechten und Ermessensspielräumen und demnach die aktive Gestaltung von Bilanzpolitik als Basis.

### Bilanzpolitische Maßnahmen

Letztlich versucht die Unternehmensleitung mithilfe von Bilanzpolitik die Stakeholder der Unternehmung zu Entscheidungen im Sinne des Unternehmens zu motivieren.<sup>46</sup> Bilanzpolitische Maßnahmen können grundsätzlich entsprechend der Abbildung 1 in reale und buchmäßige Bilanzpolitik unterteilt werden.

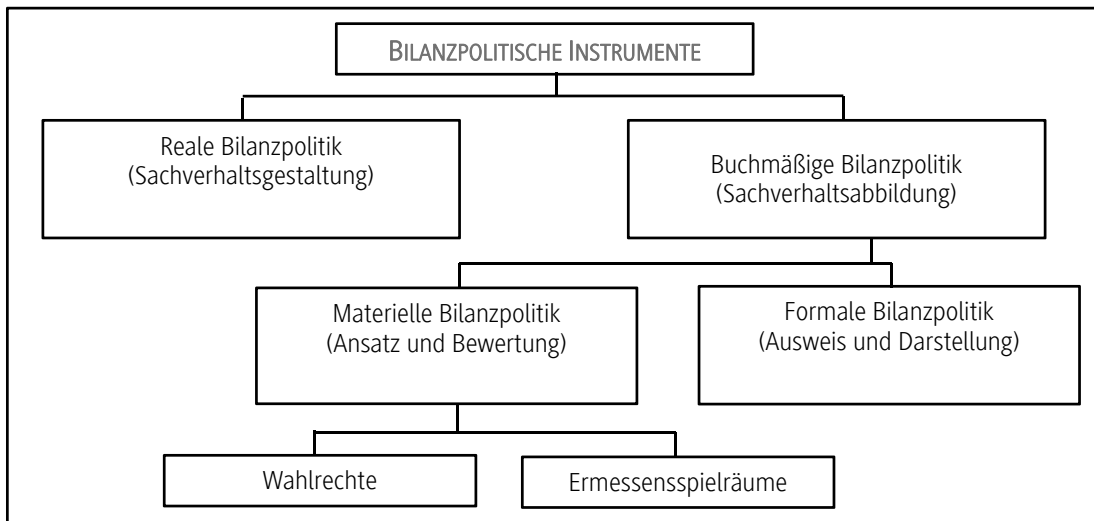


ABBILDUNG 1: BILANZPOLITISCHE INSTRUMENTE<sup>47</sup>

<sup>45</sup> Vgl. Ronen/Yaari (2008), S. 26.

<sup>46</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 265.

<sup>47</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 267. Gemäß § 320 Abs. 2 HGB sind dem Abschlussprüfer alle Informationen und Belege vorzulegen, die für die Prüfung notwendig sind. Dadurch erhält er einen vollumfänglichen Einblick in die Zahlenwerke des Unternehmens und ist gemäß § 321 Abs. 1 Satz 3 HGB verpflichtet, über sämtliche Verstöße und Unrichtigkeiten zu berichten.

Die reale Bilanzpolitik beinhaltet sachverhaltsgestaltende Maßnahmen, die der Bilanzersteller regelmäßig vor dem Bilanzstichtag ergreift.<sup>48</sup> Typische Beispiele für Sachverhaltsgestaltungen bilden sog. Sale-and-Lease-back-Geschäfte sowie die Auswahl von Zahlungensterminen vor oder nach dem Bilanzstichtag.<sup>49</sup> Solche Maßnahmen sind regelmäßig nur sehr schwer aufzudecken und insofern kaum überprüfbar.

Während die reale Bilanzpolitik geschäftspolitische Maßnahmen vor dem Geschäftsvorfall vornimmt, umfasst die buchmäßige Bilanzpolitik die Abbildung bereits eingetretener Geschäftsvorfälle.<sup>50</sup> Die buchmäßige Bilanzpolitik kann in formale und materielle Bilanzpolitik unterschieden werden.<sup>51</sup> Während sich die formale Bilanzpolitik auf Ausweis und Darstellung des Jahres- bzw. Konzernabschlusses bezieht, erfolgt bei der materiellen Bilanzpolitik die Beeinflussung des Jahresergebnisses mithilfe von Wahlrechten und Ermessensspielräumen bei der Bilanzierung und Bewertung von Geschäftsfällen.<sup>52</sup> Wahlrechte überlassen dem Bilanzierenden die Entscheidung, ob ein und/oder wie ein Sachverhalt in dem jeweiligen Berichtswerk abgebildet wird.<sup>53</sup> Ein Ermessensspielraum bietet zunächst keine Wahlmöglichkeit. Jedoch kann die Unternehmung einen Sachverhalt dem eigenen Ermessen nach beurteilen, da seitens der Standardsetter Methoden oder Voraussetzungen offen bleiben. Beispielsweise ermöglicht § 253 Abs. 1 Satz 2 HGB dem Management Ermessensspielräume bei der Bildung von Rückstellungen nach vernünftiger kaufmännischer Beurteilung. So ist der notwendige Erfüllungsbetrag zum Zeitpunkt der Auflösung der Rückstellung zu schätzen, jedoch ist eine bewusste Unter- oder Überbewertung unzulässig.<sup>54</sup> Der Standardsetter ermöglicht somit bei der Schätzung des Erfüllungsbetrags aktive Bilanzpolitik, setzt hierbei aber eine klare Grenze zur bewussten Bilanzfälschung oder -manipulation.

### Wechselbeziehung zwischen Bilanzpolitik und Bilanzanalyse

Das Pendant zur Bilanzpolitik stellt die Bilanzanalyse dar. Unter Bilanzanalyse kann die Informationsgewinnung und Auswertung mittels Kennzahlensystemen oder sonstiger Methoden verstanden werden.<sup>55</sup> Mithilfe von Bilanzanalysen können Angaben des Jahres- bzw. Konzernabschlusses untersucht werden und schließlich Erkenntnisse über die finanzielle Situation von Unternehmen gewonnen werden.<sup>56</sup> Bilanzanalyse und Bilanzpolitik zeichnen sich durch eine enge Wechselbeziehung aus, da sie sowohl Ausgangspunkt als auch Begrenzung der Möglichkeiten bilden (vgl. Abbildung 2).<sup>57</sup>

---

<sup>48</sup> Vgl. Ewert/Wagenhöfer (2015), S. 268.

<sup>49</sup> Vgl. Küting/Weber (2015), S. 39.

<sup>50</sup> Vgl. Ewert/Wagenhöfer (2015), S. 268 f.

<sup>51</sup> Vgl. Ewert/Wagenhöfer (2015), S. 267.

<sup>52</sup> Vgl. Coenenberg et al. (2014), S. 1004.

<sup>53</sup> Vgl. Ewert/Wagenhöfer (2015), S. 270.

<sup>54</sup> Vgl. Kessler/Bertram (2014), § 253, Rn. 31. Diese Konstellation verdeutlicht den Ermessensspielraum bei Rückstellungen, da die Höhe ungewisser Verbindlichkeiten unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Entwicklungen nur schwer zu prognostizieren ist.

<sup>55</sup> Vgl. Küting/Weber (2015), S. 1.

<sup>56</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 1017.

<sup>57</sup> Vgl. Küting/Weber (2015), S. 45.

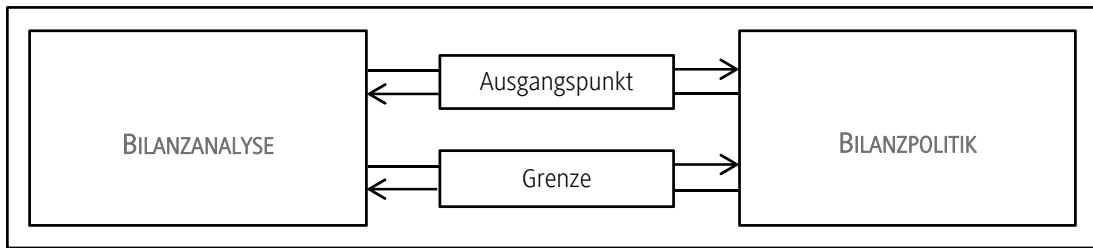


ABBILDUNG 2: WECHSELBEZIEHUNG ZWISCHEN BILANZPOLITIK UND BILANZANALYSE<sup>58</sup>

Die Unternehmensleitung versucht gezielt durch buchmäßige Bilanzpolitik, die allgemeine Situation der Unternehmung in einem bestimmten Licht erscheinen zu lassen und somit ein beabsichtigtes Verhalten bei den Bilanzadressaten zu erreichen.<sup>59</sup> Dieses gewünschte Verhalten ist wiederum von den Unternehmenszielen und den individuellen Zielen der Unternehmensleitung abhängig.<sup>60</sup>

Unternehmensseitig muss zunächst sichergestellt werden, dass die gewünschten Informationen bei den Bilanzadressaten aufgenommen und verwertet werden und somit auch Einfluss auf das Verhalten nehmen.<sup>61</sup> Seitens der Unternehmung gilt es, die Informationserwartungen der Bilanzadressaten zu erfüllen, indem diese antizipiert und bei der Entscheidungsfindung der zielorientierten bilanzpolitischen Maßnahmen berücksichtigt werden.<sup>62</sup> Jedoch darf in diesem Kontext der Einsatz bilanzanalytischer Methoden und Instrumente seitens der Bilanzadressaten nicht unterschätzt werden. Mithilfe der Jahresabschlussinformationen können Zeitvergleiche mit früheren Perioden oder ein Benchmarking anhand von Kennzahlen durchgeführt werden.<sup>63</sup> So können Investoren ihre Investitionsentscheidung auf die Erkenntnisse von Kennzahlensystemen stützen und die Lage des Unternehmens umfassend analysieren und bewerten. Aus diesem Grund sollte die Unternehmensleitung bilanzanalytische Methoden seitens der Bilanzadressaten in die Analysen miteinbeziehen, was wiederum zu einem dauernden Wettstreit um Informationstransparenz zwischen Bilanzadressaten und Bilanzhersteller führt.<sup>64</sup> Investoren können zwar wertvolle Erkenntnisse aus den Jahres- bzw. Konzernabschlüssen gewinnen, jedoch scheidet eine vollkommene Informationstransparenz aus.

## Messung der Bilanzpolitik

Bilanzpolitik lässt sich in der Praxis nicht unmittelbar beobachten und nur sehr schwierig empirisch erfassen<sup>65</sup>, da die Rechnungslegung grundsätzlich diskretionären Ermessensspielräumen der Unternehmensleitung ausgesetzt ist.<sup>66</sup> Die externe Aufdeckung von bilanzpolitischen Maßnahmen ist dennoch möglich. Sie kann (in Abgrenzung zur Bilanzanalyse) anhand statistischer und analytischer Verfahren geschehen, die von der Rechnungslegungsforschung

<sup>58</sup> Vgl. Küting/Weber (2015), S. 45.

<sup>59</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 265.

<sup>60</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 1001 ff.

<sup>61</sup> Vgl. Küting/Weber (2015), S. 45.

<sup>62</sup> Vgl. Küting/Weber (2015), S. 45.

<sup>63</sup> Vgl. Coenenberg (2014), S. 1023.

<sup>64</sup> Vgl. Küting/Weber (2015), S. 45.

<sup>65</sup> Vgl. Wagenhofer/Dücker (2007), S. 275.

<sup>66</sup> Vgl. Heintges (2005), S.183 f.



entwickelt wurden.<sup>67</sup> Das analytische Verfahren umfasst die Differenz zwischen Vorjahres- und Prognosewerten und bietet sich vor allem bei einer geringen Anzahl von zu beobachtenden Unternehmen an.<sup>68</sup> Für allgemeine Erkenntnisse zu bilanzpolitischen Maßnahmen ist regelmäßig eine große Anzahl von Unternehmensbeobachtungen notwendig, die mithilfe analytischer Verfahren nur mit sehr hohem Aufwand erfasst und verarbeitet werden können.<sup>69</sup> Statistische Verfahren eignen sich hierzu deutlich besser.<sup>70</sup>

Eine große Rolle bei der Messung buchmäßiger Bilanzpolitik mittels statistischer Verfahren spielt die sog. Periodenabgrenzung („accruals“).<sup>71</sup> Die Periodenabgrenzung stellt die Differenz zwischen Jahresergebnis und Cashflow aus der laufenden Geschäftstätigkeit dar und bringt die zahlungswirksamen Aufwendungen und Erträge zum Vorschein (vgl. Tabelle 3).<sup>72</sup>

TABELLE 3: ERMITTLUNG DER PERIODENABGRENZUNG<sup>73</sup>

	JAHRESERGEBNIS	
+/-	Abschreibungen/Zuschreibungen	} „ACCRUALS“
-/+	Gewinn/Verlust aus dem Abgang von Anlagevermögen	
+/-	Zunahme/Abnahme von Rückstellungen	
-/+	Sonstige zahlungsunwirksame Erträge/Aufwendungen	
-/+	Zunahme/Abnahme der Vorräte	
-/+	Zunahme/Abnahme der Ford. aus Lieferungen und Leistungen	
+/-	Zunahme/Abnahme der Verb. aus Lieferungen und Leistungen	
+/-	Ein- und Auszahlungen aus außerordentlichen Posten	
=	CASHFLOW AUS DER LAUFENDEN GESCHÄFTSTÄTIGKEIT	

Der Cashflow beinhaltet mit den „Accruals“ manipulierbare Größen, während das Jahresergebnis durch bewertungsbedingte Aufwendungen gemindert wird.<sup>74</sup> „Accruals“ enthalten große Auszahlungen mit zahlreichen Ermessensspielräumen und Wahlrechten, die im Folgenden näher untersucht werden.

Der Gesamtbetrag der Periodenabgrenzungen (GPA) kann in eine normale Periodenabgrenzung (NPA) und in eine diskretionäre Periodenabgrenzung (DPA) aufgespalten werden.<sup>75</sup> Das gesamte Ausmaß der buchmäßigen Bilanzpolitik wird von der Unternehmung in dem Gesamtbetrag der Periodenabgrenzung abgebildet.<sup>76</sup> Während die normale Periodenabgrenzung den Fall von neutraler Bilanzpolitik, der durch übliche Geschäftstätigkeit entsteht, darstellt, können mithilfe empirischer Tests die diskretionären Anteile als Messgröße der Bilanzpolitik untersucht werden.<sup>77</sup> Da weder die normale Periodenabgrenzung noch die diskretionäre Periodenabgrenzung direkt aus den (Konzern-)

<sup>67</sup> Vgl. Goncharov (2005), S. 37.

<sup>68</sup> Vgl. Marten et al. (2007), S. 293.

<sup>69</sup> Vgl. Sattler (2010), S. 215.

<sup>70</sup> Vgl. Goncharov (2005), S. 37.

<sup>71</sup> Vgl. Höllerschmid (2011), S. 60.

<sup>72</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 280; Coenenberg et al. (2014), S. 821.

<sup>73</sup> Vgl. Coenenberg et al. (2014), S. 821. Die Berechnung des Cashflows kann grundsätzlich in direkter als auch in indirekter Weise ermittelt werden. Tabelle 2 beinhaltet die indirekte Berechnung zur Ermittlung des operativen Cashflows aus der laufenden Geschäftstätigkeit.

<sup>74</sup> Vgl. Faltz (1999), S. 31.; Ewert/Wagenhofer (2015), S. 280.

<sup>75</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 280.

<sup>76</sup> Vgl. Wiemann (2011), S. 259.

<sup>77</sup> Vgl. Höllerschmid (2011), S. 61.

Jahresabschlüssen zu beobachten sind, bedient sich die Rechnungslegungsforschung verschiedener Modelle, um die normale Periodenabgrenzung zu schätzen (vgl. Tabelle 4).<sup>78</sup>

TABELLE 4: MODELLE ZUR MESSUNG VON NPA<sup>79</sup>

<i>HEALY (1985)</i>	$NPA_t = \frac{1}{T} \times \sum_{\tau=t-T}^{t-1} \frac{GPA_\tau}{Bilanzsumme_{\tau-1}}$
<i>DEANGELO (1986)</i>	$NPA_t = \frac{GPA_{t-1}}{Bilanzsumme_{t-2}}$
<i>DECHOW/SLOAN (1991)</i>	$NPA_t = \gamma_1 + \gamma_2 \operatorname{median}\left(\frac{GPA_t}{Bilanzsumme_{t-1}}\right)$
<i>JONES (1991)</i>	$\frac{NPA_t}{Bilanzsumme_{t-1}} = \alpha_1 \frac{1}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_2 \frac{\Delta \text{Umsatzerlöse}_t}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_3 \frac{\text{Bruttosachanlagevermögen}_t}{Bilanzsumme_{t-1}}$
<i>DECHOW ET AL. (1995)</i>	$\frac{NPA_t}{Bilanzsumme_{t-1}} = \alpha_1 \frac{1}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_2 \frac{\Delta \text{Umsatzerlöse}_t - \Delta \text{Forderungen}_t}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_3 \frac{\text{Bruttosachanlagevermögen}_t}{Bilanzsumme_{t-1}}$
<i>DECHOW ET AL. (2003)</i>	$\frac{NPA_t}{Bilanzsumme_{t-1}} = \alpha_1 \frac{1}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_2 \frac{\Delta \text{Umsatzerlöse}_t - \Delta \text{Forderungen}_t}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_3 \frac{\text{Bruttosachanlagevermögen}_t}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_4 \frac{GPA_{t-1}}{Bilanzsumme_{t-2}} + \alpha_5 \text{Umsatzwachstum}_{t+1}$
<i>KOTHARI ET AL. (2005)</i>	$\frac{NPA_t}{Bilanzsumme_{t-1}} = \alpha_1 \frac{1}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_2 \frac{\Delta \text{Umsatzerlöse}_t - \Delta \text{Forderungen}_t}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_3 \frac{\text{Bruttosachanlagevermögen}_t}{Bilanzsumme_{t-1}} + \alpha_4 \text{Gestamtkapitalrentabilität}_{t(\text{oder } t-1)}$

Die Modelle von *Healy*(1985), *DeAngelo* (1986), sowie *Dechow Sloan* (1991) fußen auf sehr einfachen Annahmen des empirischen Verhaltens von normaler und diskretionärer Periodenabgrenzung und entsprechen heute nicht mehr den empirischen Standards der Rechnungslegungsforschung.<sup>80</sup> Beispielsweise erfolgt nach *Healy* (1985) die Messung der NPA aus dem Durchschnitt der gesamten Periodenabgrenzungen mehrerer Perioden, während *DeAngelo* (1986) der GPA eine Zufallsbewegung („random walk“) unterstellt.<sup>81</sup>

<sup>78</sup> Vgl. Höllerschmid (2011), S. 61.

<sup>79</sup> Vgl. Goncharov (2005), S. 49 ff. Die Parameter  $\alpha_n$  werden zur Prognose der normalen Periodenabgrenzung statistisch geschätzt.

<sup>80</sup> Vgl. Höllerschmid (2011), S. 62.

<sup>81</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 281; vgl. Höllerschmid (2011), S. 61.

State of the Art stellt mittlerweile die Schätzung von NPA anhand multipler linearer Regressionsmodelle dar.<sup>82</sup> Jones (1991) gilt als Wegbereiterin dieser Modelle, da hier eine Berücksichtigung der wirtschaftlichen Entwicklung der Unternehmung zugrunde liegt.<sup>83</sup> Das Jones-Modell bildet die Basis für zahlreiche Weiterentwicklungen und Modifizierungen, wie beispielsweise durch *Dechow et al.* (2003) und *Kothari et al.* (2005).<sup>84</sup>

Die dargestellten Modelle bilden die normale Periodenabgrenzung (NPA) ab. Um als Ergebnis schließlich die diskretionäre Periodenabgrenzung (DPA) zu erhalten muss die Ausgangsformel (1) in Abbildung 3 umgestellt werden.<sup>85</sup> Aus Formel (2) in Abbildung 3 ergibt sich schließlich die diskretionäre Periodenabgrenzung, welche auf bilanzpolitische Einflussnahme zurückzuführen ist.<sup>86</sup>

(1)	$GPA = NPA + DPA$
(2)	$DPA = GPA - NPA$

**ABBILDUNG 3: BESTIMMUNG DER DISKRETIONÄREN PERIODENABGRENZUNG<sup>87</sup>**

Mithilfe dieser Modelle wird versucht, Bilanzpolitik in der Grundgesamtheit aufzudecken, ohne spezifische Komponenten zu untersuchen.<sup>88</sup> Modelle zur spezifischen Periodenabgrenzung, wie beispielsweise von *McNichols/Wilson* (1988) oder *Petroni* (1992), beschäftigen sich mit der Fragestellung, welche Position für bilanzpolitische Maßnahmen besonders auffällig ist.<sup>89</sup>

Während die bisher erläuterten Modelle versuchen, Bilanzpolitik über die Periodenabgrenzungen darzustellen, bilden Häufigkeitsverteilungsmodelle ein alternatives Research Design.<sup>90</sup> *Burgstahler/Dichev* (1997) untersuchten die Verteilung ausgewiesener Gewinne anhand von 70.000 Jahresabschlüssen und stellten fest, dass eine relativ gleichmäßige Verteilung der Gewinne mit Diskontinuitäten im Ausweis von geringen Verlusten vorliegt.<sup>91</sup>

---

<sup>82</sup> Vgl. Höllerschmid (2011), S. 62.

<sup>83</sup> Vgl. Höllerschmid (2011), S. 62.

<sup>84</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 281 f.

<sup>85</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 280.

<sup>86</sup> Vgl. Wiemann (2011), S. 259.

<sup>87</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 280.

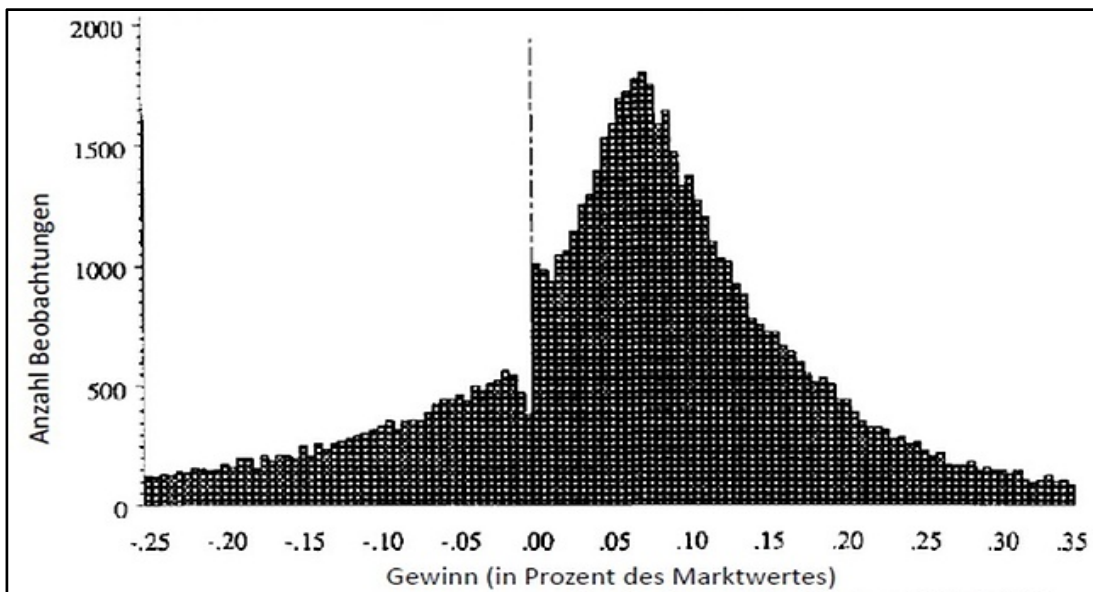
<sup>88</sup> Vgl. Höllerschmid (2011), S. 64.

<sup>89</sup> Vgl. Höllerschmid (2011), S. 64 f.

<sup>90</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 285.

<sup>91</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 285, vgl. Herold (2005), S. 40.

TABELLE 5: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG NACH BURGSTÄHLER/DICHEV (1997)<sup>92</sup>



In Tabelle 5 ist zu erkennen, dass die Unternehmensleitung versucht, geringe Verluste zu vermeiden, indem durch bilanzpolitische Maßnahmen auf geringe Gewinne abgezielt wird.

Mithilfe der dargestellten Modelle zur Periodenabgrenzungen und der Häufigkeitsverteilung nach *Burgstahler/Dichev* kann Bilanzpolitik empirisch nachgewiesen werden. Dennoch weisen diese Modelle auch Kritikpunkte auf, weil sie beispielsweise das Gesamtmaß an Bilanzpolitik aufspüren, jedoch die vielfältigen Anreize und Ziele des Unternehmens nur rudimentär erfassen können.<sup>93</sup>

### Fazit und Ausblick

Bilanzpolitische Maßnahmen werden von Unternehmungen gezielt eingesetzt, um die Stakeholder zu beeinflussen. Bilanzpolitik wird hierbei durch die Möglichkeit zur Ausnutzung von Wahlrechten und Ermessensspielräumen von den zugrunde gelegten Rechnungslegungsnormen begünstigt. Mittels analytischer und statistischer Verfahren wurden in der Rechnungslegungsforschung diese bilanzpolitischen Spielräume untersucht. Verschiedene Modelle stehen hier zur Auswahl, jedoch dürfen die Ergebnisse nicht überbewertet werden und sind je nach den zugrunde liegenden Hypothesen auszuwählen, da neben positiven Aspekten auch Schwächen in den jeweiligen Modellen zu erkennen sind. So beruhen beispielsweise Modelle zur Periodenabgrenzung auf der Annahme, dass im Vorjahr keine Bilanzpolitik betrieben wurde.<sup>94</sup> Im Rahmen der Forschungsfrage der zugrunde liegenden Dissertation bildet das allgemeine Thema der Bilanzpolitik die Basis, um im nächsten Schritt den Fokus auf konkrete Ermessensspielräume sowie Wahlrechte zu legen und eine optimale Auswahl der Modelle zur Messung der beeinflussten Positionen zu treffen. Daraus lassen sich Handlungsempfehlungen sowohl für Standardsetter als auch für die Unternehmenspraxis ableiten.

<sup>92</sup> Burgstahler/Dichev (1997), S. 109.

<sup>93</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 301.

<sup>94</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (2015), S. 282.

### Literatur

- Boecker, C.** (2010). *Accounting Fraud aufdecken und vorbeugen*. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Burgstahler, D. C., & Dichev, L.** (1997). Earnings management to avoid earnings decreases and losses. *Journal of Accounting and Economics, Vol. 24, S. 99-126*.
- Buschhüter, M., & Striegel, A.** (2009). *Internationale Rechnungslegung: IFRS Praxis*. Wiesbaden: Gabler.
- Coenenberg, A., Haller, A., & Schultze, W.** (2014). *Jahresabschluss und Jahresabschlussanalyse (23. Ausg.)*. Schäffer-Poeschl: Stuttgart.
- Ebert, M.** (2010). *Der Konzernabschluss als Element der Corporate Governance*. Wiesbaden: Gabler.
- Ewert, A., & Wagenhofer, R.** (2015). *Externe Unternehmensrechnung (3. Ausg.)*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Faltz, F.** (1999). *Investor Relations und Shareholder Value*. Wiesbaden: Springer.
- Fifka, M. S.** (2014). Einführung-Nachhaltigkeitsberichterstattung: Eingrenzung eines heterogenes Phänomen. In M. S. Fifka, *CSR und Reporting (S. 1-18)*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Goncharov, I.** (2005). *Earnings Management and Its Determinants: Closing Gaps in Empirical Accounting Research*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Gros, M.** (2010). *Rechnungslegung in Deutschland und den USA*. Wiesbaden: Gabler.
- Grüning, M.** (2010). *Publizität börsennotierter Unternehmen*. Wiesbaden: Gabler.
- Hauserdinger, M., & Probst, H.-J.** (2004). *Der Weg in die internationale Rechnungslegung: Grundlagen der Bilanzierung nach HGB und IFRS*. Wiesbaden: Gabler.
- Heintges, S.** (2005). *Bilanzkultur und Bilanzpolitik in den USA und in Deutschland*. Sternenfels: Wissenschaft & Praxis.
- Herold, C.** (2005). *Vermeidung des Earnings Management der Umsatzerlöse*. Frankfurt am Main: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Höllerschmid, C.** (2010). *Signalwirkungen und Bilanzpolitik mithilfe selbst erstellten technologiebezogenen immateriellen Vermögens*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Küting, P., & Weber, C.-P.** (2015). *Die Bilanzanalyse (11. Ausg.)*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Lachnit, L.** (2004). *Bilanzanalyse*. Wiesbaden: Gabler.
- Lembke, M.** (2007). *Bilanzpolitik im Einzelabschluss nach HGB und IAS/IFRS im Vergleich*. Bremen/Hamburg: Salzwasser.
- Mandler, U.** (2009). *Einführung in den Jahresabschluss und Buchführung*. München: Oldenbourg.
- Marten, K.-U., Quick, R., & Ruhnke, K.** (2007). *Wirtschaftsprüfung - Grundlagen des betriebswirtschaftlichen Prüfungswesens nach nationalen und internationalen Normen*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Melcher, W., & Schaier, S.** (2009). Zur Umsetzung der HGB Modernisierung durch das BilMoG: Einführung und Überblick. *Der Betrieb, Heft 23 vom 5.6.2009, S. 4-8*.
- Obermann, M.-O.** (2011). *Bilanzpolitik und Kreditvergabeentscheidungen*. Wiesbaden: Gabler.

- Petersen, K., & Christian, Z.** (2009). Rechnungslegung und Prüfung im Umbruch: Überblick über das neue deutsche Bilanzrecht. Kapitalmarktorientierte Rechnungslegung, Heft 5 vom 4.5.2009, S. 1-45.
- Piwinger, M.** (2009). IR als Kommunikationsdisziplin. In K.-R. Kirchhoff, & M. Piwinger, Praxishandbuch Investor Relations (S. 13-33). Wiesbaden: Gabler.
- Rapp, M. J., & Wullenkord, A.** (2011). Unternehmenssteuerung durch den Finanzvorstand (CFO). Wiesbaden: Springer.
- Ronen, J., & Yaari, V.** (2008). Earnings Management. New York: Springer US.
- Sattler, M.** (2010). Vereinbarkeit von Abschlussprüfung und Beratung. Wiesbaden: Gabler.
- Schildbach, T.** (2008). Der Konzernabschluss nach HGB, IFRS und US-GAAP (23. Ausg.). München: Oldenbourg.
- Wagenhofer, A., & Dücker, H.** (2007). Die Messung von "Earnings"-Qualität. Journal für Betriebswirtschaft, Vol.57 (Issue 3), S. 263-297.
- Wiemann, D.** (2011). Prüfungsqualität des Abschlussprüfers. Wiesbaden: Springer.
- Wulf, I.** (2014). § 267 Umschreibung der Größenklassen. In K. Bertram, R. Brinkmann, H. Kessler, & S. Müller, Haufe HGB Bilanz-Kommentar §§ 238-342e HGB (Bd. 5. Auflage, S. 937-952). Freiburg: Haufe-Lexware.
- Zwirner, C.** (2015). BilRuG: Wesentliche Änderungen für Einzel- und Konzernabschluss. Der Betrieb, Heft 48 vom 27.11.2015, S. 1-28.

# Hydrodynamic modelling of a horizontal rack in a shaft power plant: alternative approach

Marcele Maldonado Lee<sup>a</sup>, Campus Mosbach

Minh Duc Bui

Betreuer: Prof. Dr. Bernd Bachert, Professor für Maschinenbau – Konstruktion und Entwicklung, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mosbach

Betreuer: Prof. Dr. Peter Rutschmann, Professor am Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München

## Introduction

Structures like horizontal trash racks have been mostly adopted with the objective of deriving as much water as possible with the minimum solids [Castillo and Carillo, 2012]. Several studies, such as the ones of from Righetti and Lanzone [2008], and Brunella et al. [2003] focus primarily on the discharge capacity of the structure and in the longitudinal distribution of pressure and velocity. However, none of them has analysed the vertical velocity distribution over the rack plane.

With the innovative shaft power plant (SPP) concept for hydropower generation, the water does not flow through a vertical inlet plane, but rather through a horizontal inlet screen parallel to the riverbed [Sepp and Rutschmann, 2014]. This screen has multiple functions, e.g. directing enough water into the turbine for electricity generation or acting as protection for the fish population.

In the case of the SPP, the velocities over the screen plane are of major importance since they should comply with the maximum velocity criteria limit of 0.5 m/s for the local fish population [Cuchet, 2014]. Previous measurements of vertical velocities over the horizontal trash rack conducted in an SPP prototype at the Hydraulic Laboratory Obernach (VAO) of the Technische Universität München (TUM) confirmed the behavioural barrier effect of the screen [Geiger et al., 2014].

Due to the novelty of the concept, i.e. using a horizontal screen for fish protection, further studies with different hydraulic conditions are necessary. The methodology of Computational Fluid Dynamics (CFD) can be an excellent tool to complement the data obtained in the prototype and to prove new configurations, reducing both time and costs associated with the physical modelling.

In this study, the objective is to develop a numerical model based on the commercial software FLOW-3D that can reproduce the results of the prototype and, therefore, validate its suitability for further applications. The main focus lies on the modelling of the horizontal screen, which could be done using a porous medium for the purpose of reducing computational efforts.

---

<sup>a</sup> Kontaktdaten: Marcela Maldonado Lee, Lohrtalweg 10, 74821 Mosbach, Telefon: 06261 939-484, E-Mail: maldonado@dhw-mosbach.de

### The shaft power plant (SPP)

The innovative and environmentally friendly concept of the shaft power plant was developed by professor Peter Rutschmann and Albert Sepp at TUM as an alternative to cope with increasing regulations that hinder new hydroelectric power generation projects. A German patent has already been approved, whereas the international patents are pending.

The SPP is a run-of-river hydropower plant that comprises an underground power plant with a horizontal intake plane in front of a dam. Instead of a large structure for the power station in the riverside, a shaft dug into the riverbed houses the power generation system. This can be achieved by the new technologies developed by several manufacturers that offer turbine and generator as a unit e.g.: the dive-turbine.

Unlike conventional power plants, the river flow reaches the intake plane over the shaft vertically and feeds into the turbine. To prevent blade wear caused by sediments and to avoid the downstream migration of fish through the turbine, a trash rack with bar openings between 10-20 mm is placed in the horizontal intake plane. The area of this horizontal screen should be specially dimensioned to avoid high velocities over the rack plane and ensure an efficient fish protection.

To limit vortex formation over the rack plane, a sluice gate that allows water to flow downwards is incorporated into the dam above the power plant shaft. A special opening in the sluice allows fish migration directly into a water cushion downstream. The different elements of the SPP can be seen in Figure 1.

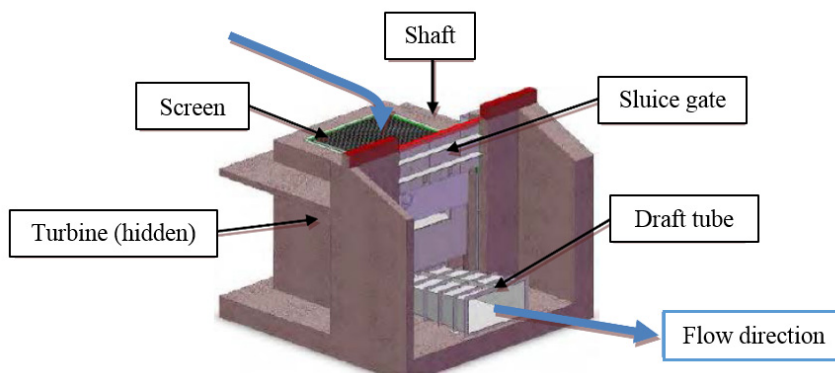


FIGURE 1: SHAFT POWER PLANT [MODIFIED FROM RUTSCHMANN AND SEEP, 2014]

A fully equipped prototype was constructed under near-natural conditions at VAO for the purpose of verifying and optimising the functionality of the described system. According to data from Sepp and Rutschmann [2014], the prototype is designed for a developed flow of 1.5 m<sup>3</sup> and a head of 2.5 m and has a submersible Kaplan turbine (runner diameter 75 mm, four blades, and 333 rpm). The 35 kW system is additionally equipped with two rack panels, an underwater rack cleaning system, and a sluice gate integrated into the dam. With the mentioned characteristics, all the working conditions in the prototype could be tested for example, sediment flushing, rack cleaning, efficiency curves.



A particular emphasis has been given to ensuring fish protection over the horizontal intake plane and downstream migration through the sluice. Life fish experiments, like the ones conducted by Cuchet [2014] and Geiger et al. [2015], with different fish species and juvenile specimens at the prototype, confirmed the functional fish protection offered by the SPP and the suitability of the migration corridor for downstream passage.

### Numerical methodology

For this study, the CFD software FLOW-3D (version 11.1.0) was used. The strength of the software lies in the modelling of free surface flows given its capacity for creating a sharp interface between the water and air without using additional fine meshes and increasing the computational effort. This free surface modelling is accomplished with the Volume of Fluid technique (VOF). The VOF, as described by Ho et al. [2011], is based on tracking the volume fraction occupied by the liquid in each grid cell. The volume fraction must have values between 0.0 and 1.0. 1.0 being the value assigned to the cells filled with liquid and 0.0 to the cells empty or filled with gas. Thus, cells with a fraction values ranging from 0.0 to 1.0 must contain a surface [Flow Science, Inc., 2015].

Another trademark of Flow-3D is the Fractional-Area-Volume-Obstacle-Representation method (FAVOR) to define the geometry of the domain. This method is similar to the VOF in defining a cell as empty, full, or partially filled with obstacles. Ho et al. [2011] explain that the FAVOR method defines an obstacle in a cell with a so-called porosity value. The grid porosity would be zero within solid regions and 1 in cells without obstacles. This approach allows the program to use structure grids with rectangular cells which are easier to generate, but impose limitations regarding the discretization of complex geometries.

The equations in FLOW-3D for open channel flow are the continuity and momentum equations. For incompressible flows these equations can be written as (Flow Science Inc., 2015):

$$\frac{\partial}{\partial x_i} u_i A_i = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{1}{V_f} \left( u_j A_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + G_i + f_i \quad (2)$$

where:

$$\begin{aligned} \rho V_f f_i &= \tau_{b,i} - \left[ \frac{\partial}{\partial x_i} (A_j S_{i,j}) \right]; \\ S_{ii} &= -2\mu_{tot} \left[ \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right]; \\ S_{ij} &= -\mu_{tot} \left[ \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

where  $u_i$ =mean velocity; P=pressure;  $A_i$ =fractional open area open to flow in the i direction;  $V_f$  =fractional volume open to flow;  $G_i$  represents the water body accelerations;  $f_i$  represents the viscous accelerations;  $S_{ij}$ =strain rate tensor;

$\tau_{b,i}$ =wall shear stress;  $\rho$ =density of water;  $\mu_{tot}$ =total dynamic viscosity, which includes the effects of turbulence ( $\mu_{tot}=\mu+\mu_T$ );  $\mu$ =dynamic viscosity; and  $\mu_T$ = turbulent eddy viscosity.

The wall boundary conditions are evaluated differently based on the chosen turbulence closure scheme. Transport turbulence closure schemes use a law of the wall formulation. The combined smooth and rough logarithmic law of the wall equation is iterated in order to solve for shear velocity as well as wall shear stress (Flow Science Inc., 2015). For the representation of turbulence, there are eight models available. In this study, the Renormalized Group (RNG) k- $\epsilon$  model [Yakhot and Smith, 1992] was applied. This model is known to perform better for low-intensity turbulence flows, and yields the best correlation between experimental data and numerical results at the studies of bottom intakes [Hosseini et al. 2015].

#### Porous obstacle generation

As done by Ho et al. [2011] and Waldy et al. [2015], the trash rack is modelled as an anisotropic porous material. Flow-3D can simulate saturated and unsaturated flows, in which the porosity and the directional permeability can be set independently.

For the simulation of the horizontal screen of the SPP, the Forchheimer Saturated Drag model was selected. This model is recommended when the inertial effects cannot be neglected [Forchheimer, as cited in Sobieski and Trykozko, 2014], for instance, when the Reynolds number for porous media ( $Re_p$ ) is larger than 10 [Flow Science, Inc., 2015]. As a result, the equation for pressure drop is an expansion of the Darcy law with an additional term to represent the kinetic energy. The flow losses ( $F_d$ ) induced by the quadratic non-Darcian term in conjunction with linear head loss can be combined, and are represented by the following formula [Flow Science, Inc., 2015]:

$$F_d = \nu \frac{1-V_f}{V_f} \left[ a \frac{1-V_f}{V_f} + b \frac{Re_p}{D} \right] \quad (4)$$

where  $V_f$  is the volume fraction,  $D$  is the average particle diameter,  $\nu$  is the kinematic viscosity and  $a$  and  $b$  are constant coefficients, which can be estimated as:

$$a = \alpha/D^2, \quad b = \beta/D \quad (5)$$

where  $\alpha$  is a constant with a typical value of 180 and  $\beta$  is a factor of roughness which ranges from 1.8 to 4 (smooth to rough) [Flow Science, Inc., 2015].

TABLE 1: SUMMARY OF THE PARAMETERS USED FOR THE MODELLING OF THE POROUS MEDIUM

PARAMETER	VALUE	UNITS	DESCRIPTION
P	0.7	[-]	Porosity
P <sub>x</sub>	0.7	[-]	Porosity in the x-direction
P <sub>y</sub>	0	[-]	Porosity in the y-direction
P <sub>z</sub>	0.7	[-]	Porosity in the z-direction
$\alpha$	180	[-]	Constant
$\beta$	-	[-]	Roughness parameter

The porosity for the screen was set to 0.7. This value reflects the ratio of open volume, which means, 0.3 would be the corresponding degree of obstruction. The directional permeability for  $x$  and  $z$  was set to 0.7 and the value for  $y$ , which would correspond to the horizontal space between the bars, was set to 0. The value of the diameter  $D$  is equivalent to the thickness of a screen bar; 6.5 mm. The values for the constants were calculated using the bar thickness and the recommended value of 180 for  $\alpha$ . The remaining roughness parameter  $\beta$  has to be calibrated until obtaining the desired result.

#### Characteristics of the reproduced SPP

The SPP configuration used as a reference for the construction of the numerical model was the prototype in the VAO with the characteristics built in 2012. By that time, the prototype had a simplified set-up, which did not include movable parts, i.e., no turbine, nor locomotive gate, nor a screen cleaning device. This test facility was chosen in order to focus on the effect of the horizontal screen without the disturbances caused by additional elements.

The shaft of this simplified set-up was 2.5 m broad, 2.8 m long, and 3.0 m deep (see Fig. 2). The screen that covers the shaft was 2.6 m long and 2.4 m wide with a rectangular screen bar profile. The effect of the turbine, as mentioned by Cuchet [2014], was replaced by a bottom outlet (dimensioned for 1.72m<sup>3</sup>/s at 1 m head). The weir had a width of 10.1 m and a height of 1.1 m. The vertical gate placed in the weir axis alongside the screen had an opening at the top to allow downstream fish migration (25 cm high and 30 cm wide).

The hydraulic characteristics of the base experiment were the following. The headwater elevation upstream of the weir was in average 0.7 m, which resulted in an overflow height of the gate of about 5 cm. The tailwater surface elevation was 2.7 m and was controlled downstream of the experimental channel by a gate. The incoming discharge was measured with a Rehbock flume gauge, which provided an accuracy of 2% for up to 2m<sup>3</sup>/s. The discharge value was set to 1.84 m<sup>3</sup>/s [Cuchet, 2014].

Measurements were conducted in 2012 with a three-dimensional ADV (Acoustic Doppler Velocimetry) by the research team of the VAO to verify the flow fields over the trash rack. These velocity measurements above the screen area were

taken at flow depths of 5 cm and 35 cm with a horizontal measurement grid with 60 cm lateral resolution [Cuchet, 2014].

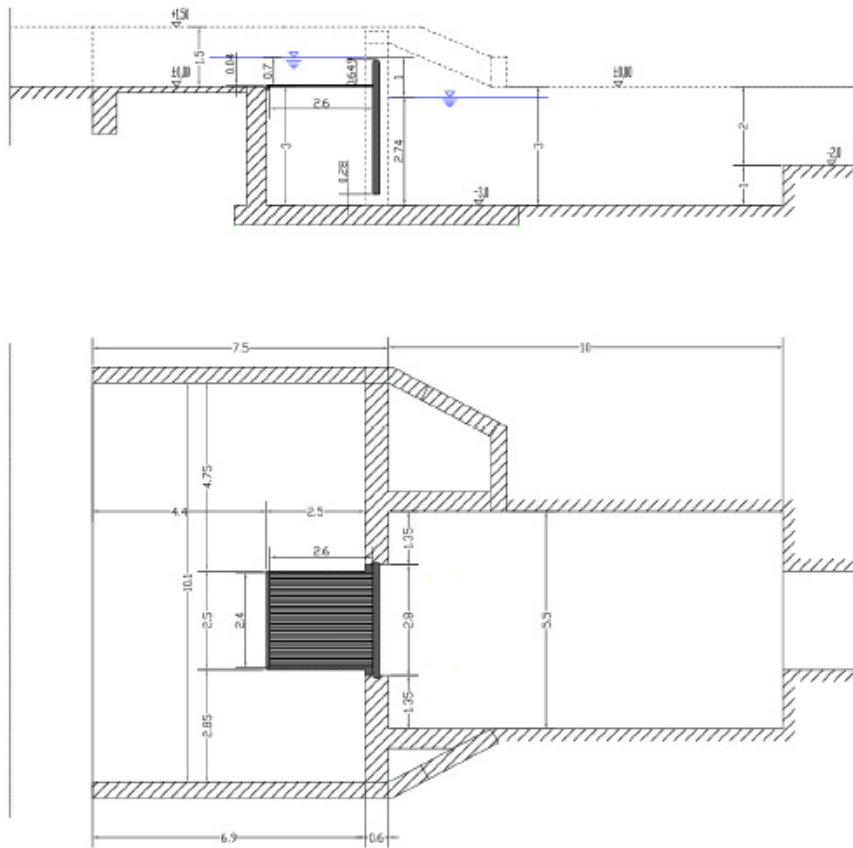


FIGURE 2: LONGITUDINAL SECTION AND TOP VIEW OF THE SIMPLIFIED SET-UP FOR THE SPP PROTOTYPE [CUCHET, 2014]

### CFD model implementation

The plans shown in Figure 2 were the basis to create the geometry in the numerical model. The dimensions were reproduced 1:1 but additional elements were included close to the boundaries to guarantee the performance of the numerical model. The upstream section in the x-direction was elongated to avoid the inlet boundary to be too close to the region of interest. The same procedure was done downstream by extending the channel.

Additional modifications were performed in the inlet region. The water, which in the experiment enters the prototype parallel to the channel bed, is introduced in the CFD model vertically (see Fig. 3). This approach proved to be good at eliminating the formation of spurious waves at the inlet section of the model. At the outlet boundary section, a wall with a height of 1.3 m was erected to control the tailwater surface elevation. The height of the wall was calibrated so that the flow depths upstream in the numerical model were consistent with the experimental data. This wall has the same function as the controlling gate used in the prototype.

As seen in Figure 3, the calculation domain was discretized using four meshes. The first mesh covers the inlet channel while the second covers the shaft, the sluice gate, and the trash rack. The remaining downstream region is divided by two orthogonal meshes, which are consecutively located.

The cells in the different meshes were not uniform, since additional axis were required to obtain an acceptable level of detail. The size of these cells was tested until consistent results were achieved. In the second mesh, which was located in the central area covering the shaft, the average cell size is set to 7 mm. The upstream and downstream region before and after the shaft is covered by 13 mm mesh cells. The mesh close to the outlet-boundary has the coarser one, with a cell size of 20 mm. The precise number of cells in each direction is shown in Table 2.

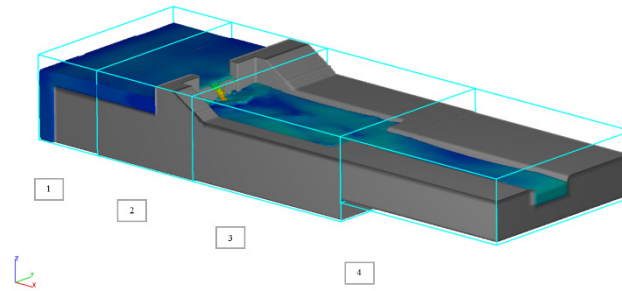


FIGURE 3: MODEL AND SCHEMATIC MESH ARRANGEMENT IN FLOW-3D

The surface roughness of all the components was set to 1mm. The boundary condition at the inlet, i.e. upstream of the mesh 1, was a fixed volume flow rate of 1.84 m<sup>3</sup>/s, which was the same measured in the prototype. Downstream, the zero-gradient boundary condition was used. The condition at the bottom was non-slip, and symmetry was set on the rest of the boundaries.

TABLE 2: SUMMARY OF THE CHARACTERISTICS OF THE BLOCK MESHES

MESH BLOCK	COVERED REGION	NUMBER OF CELLS IN			
		X DIRECTION	Y DIRECTION	Z DIRECTION	TOTAL
First	Inlet channel	30	78	36	84.240
Second	Shaft-weir-screen	91	144	64	838.656
Third	Outlet channel	77	78	36	216.216
Fourth	Outlet channel	53	50	18	47.700

### Evaluation of the numerical model

The numerical model is evaluated by comparing the experimental and simulated results of the velocity distributions above the screen. This comparison was done once the calculated flow depths upstream of the shaft were in a range of  $\pm 5$  cm of the average value of the physical model.

As mentioned before, the horizontal rack of the SPP was modelled using a porous medium from which the roughness parameter ( $\beta$ ) needs to be calibrated. Table 3 shows the comparison of the vertical velocity values ( $V_z$ ) obtained in

the simulations with different  $\beta$  values. The results were analysed regarding the mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), and coefficient of determination (R2) as follows:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |e_i|^2}{n}} \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|^2}{\sum_{i=1}^n |m_i|^2 - \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|^2}{n}} \right] \quad (3)$$

where  $m$  and  $c$  are the measured and calculated variables respectively,  $n$  is the number of trials, and  $e_i = m_i - c_i$ . The closer MAE and RMSE are to zero and the closer R2 is to  $\pm 1$ , the better the model fits the experimental data. As evidenced by Table 3, the simulation with the smallest  $\beta$  value of 0.1 yields the best results.

Flow Science Inc. [2015] suggests that the values of the roughness parameter should be in the range of 1.8 to 4. However, since there is not a direct relation between the modelling parameters and the characteristics of the bars, assumptions have to be made to calibrate the model successfully.

From the data in Table 3, it is clear that the  $\beta$  parameter has a great influence on the accuracy of the velocity values, in where the adjustment to the measured data increases when the value of  $\beta$  decreases. By evaluating qualitatively the velocity patterns obtained with different roughness values, one can observe that the higher the  $\beta$ , the more uniform the velocity fields over the screen will be.

**TABELE 3: ASSESSMENT OF THE ROUGHNESS PARAMETER  $\beta$**

SIMULATION WITH A $\beta$ OF	MAE (m/s)	RMSE (m/s)	R <sup>2</sup>
2.4	0.142	0.166	0.366
1.80	0.094	0.113	0.712
0.50	0.089	0.104	0.747
0.25	0.089	0.104	0.749
0.20	0.089	0.103	0.750
0.15	0.087	0.100	0.765
0.10	0.084	0.097	0.781

In the velocity fields from the prototype in Figure 4, where the x-axis is parallel to the main flow direction and the z-axis is perpendicular to the screen; one can note that there is a local minimum for the vertical velocity close to the gate. Whereas, at the beginning of the screen, the vertical velocities tend to be close to zero or even positive.

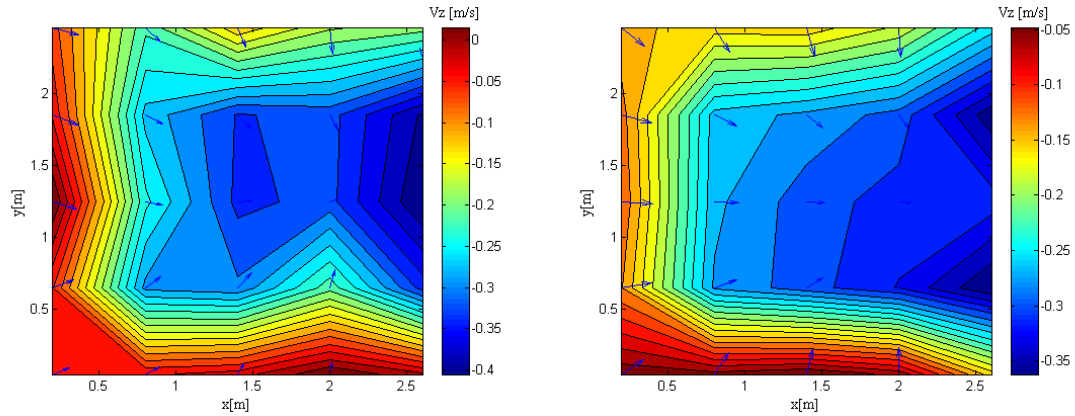


FIGURE 4: LEFT: EXPERIMENTAL VERTICAL VELOCITY DISTRIBUTION ( $V_z$ ) OVER THE SCREEN AT THE PROTOTYPE IN VAO. RIGHT: NUMERICAL VERTICAL VELOCITY DISTRIBUTION OVER THE SCREEN (POROUS MEDIUM). THE FIELDS WERE MEASURED AT  $z=4.5$  CM ABOVE THE SCREEN. THE WEIR IS LOCATED AT  $x=2.7$ . THE BLUE ARROWS REPRESENT THE HORIZONTAL VELOCITY VECTOR ( $V_x, V_y$ )

The magnitude of the maximum velocities towards the screen and the areas occupied by them, which are relevant for fish protection, were accurately reproduced by the model. As seen in Figure 5 most of the area is under 20% of relative error. Nevertheless, there are serious inconsistencies at the beginning and the right border of the screen, since the model does not generate the positive values of  $V_z$ , which area present in the prototype.

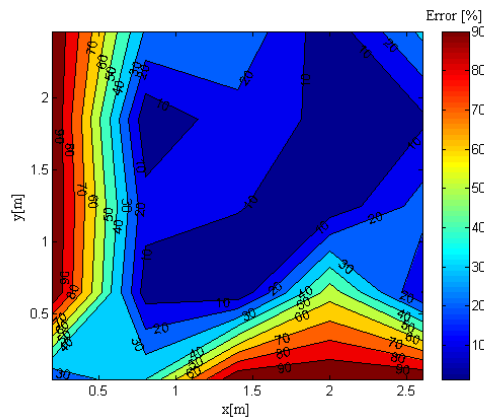


FIGURE 5: FLOW FIELD COMPARISON BETWEEN EXPERIMENTAL AND NUMERICAL RESULTS

The cause of the discrepancies between the model and the prototype are not clearly established. On the one hand, the number of measurement points from the prototype was only 25. This relatively small number of points might be not sufficient to show the rapidly changing flow distribution close to the edge of the screen. On the other hand, there are parameters of the porous medium, which might still not be correctly calibrated. For instance, the influence that the values of the directional porosity impose on the model has not yet been examined.

### Summary and conclusions

This work was the first numerical approximation to model the velocities that are formed on the horizontal screen in a shaft power plant. Given the characteristics of the components of the SPP, the numerical model has to cover large extensions but still has to have a great level of detail for areas of interest, such as the trash rack or the sluice gate, where a high precision for the velocities is required.

A fine discretization given the size of the areas that have to be covered is not a feasible option. The modelling of each single trash rack bar poses a particular challenge for the CFD analysis. The effect of the structure on the velocity patterns is complex; the dimensions are considerable (2.5m\*2.5m), and the size of the cells required to have a good resolution for each one of the longitudinal trash rack bars would lead to a high computational cost.

The approach of using a porous medium as a replacement for modelling the screen with all of its elements showed promising results. The generated vertical velocities over the rack had the same pattern distribution as in the prototype. Additionally, the maximum vertical values of velocity, which are relevant for the fish protection evaluation, were also correctly generated by the model.

Both the patterns and the values of the resulting vertical velocities on the screen are strongly influenced by the roughness parameter of the porous medium. Through the calibration process, it was established that the standard range of the parameter would not work for applications in screens. Low values of  $\beta$  are necessary to have a good approximation to the real velocity values and to obtain a similar velocity pattern.

Further research is needed to clarify the inconsistencies between the experimental and numerical results at the edge of the screen and to establish the influence that additional parameters such as  $\alpha$  or directional permeability of the porous medium could have in the flow field.



## References

1. Brunella, S., Hager, W. H., & Minor, H. E. (2003). Hydraulics of bottom rack intake. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(1), 2-10.
2. Castillo, L., & Carrillo, J. M. (2012). Numerical simulation and validation of intake systems with CFD methodology. In Proceedings of the 2nd IAHR European Congress. Munich, Germany.
3. Cuchet, M. (2014). Fish Protection and Downstream Migration at Hydropower Intakes – Investigation of Fish Behaviour under Laboratory Conditions (Dissertation). Technische Universität München, Germany.
4. Flow Science, Inc. (2015) FLOW-3D v11.1.0 User Manual. Santa Fe, N.M.
5. Geiger, F., Sepp, A., & Rutschmann, P. (2014). Prototypanlage Schachtkraftwerk- Konzept Mehrschachtanlage. *Tagungsband Internationales Symposium 2014 in Zürich - Wasser- und Flussbau im Alpenraum*. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich
6. Ho, J., Coonrod, J., Hanna, L. J., & Mefford, B. W. (2011). Hydrodynamic modelling study of a fish exclusion system for a river diversion. *River Research and Applications*, 27(2), 184-192.
7. Hosseini, K., Rikhtegar, S., Karami, H., & Bina, K. (2015). Application of Numerical Modeling to Assess Geometry Effect of Racks on Performance of Bottom Intakes. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(3), 677-684.
8. Righetti, M., & Lanzoni, S. (2008). Experimental study of the flow field over bottom intake racks. *Journal of Hydraulic Engineering*, 134(1), 15-22.
9. Sepp, A., & Rutschmann, P. (2014). Ecological hydroelectric concept "Shaft Power Plant". Technische Universität München, Germany.
10. Sobieski, W., & Trykozko, A. (2014). Darcy's and Forchheimer's laws in practice—Part 1: *The experiment*. *Technical Sciences*, 17(4), 321-335.
11. Waldy, D. M., Gabl, R., & Seibl, D. J. (2015). Alternative Methoden für die Implementierung von Rechenverlusten in die 3D-numerische Berechnung mit FLOW-3D. *Österreichische Wasser-und Abfallwirtschaft*, 67(1-2), 64-69.
12. Yakhot, V., & Smith, L. M. (1992). The renormalization group, the  $\epsilon$ -expansion and derivation of turbulence models. *Journal of Scientific Computing*, 7(1), 35-61.