

Vorhabensbeschreibung zur Ausschreibung
"Fellowship für Innovationen in der digitalen Hochschullehre"

FLIPPEDOS – Individualisierung des Unterrichts mit Hilfe von virtuellen Arbeitsplätzen

Antragsteller

Dr. rer. nat. Stefan Lankes, Akademischer Oberrat
RWTH Aachen University, E.ON Energy Research Center
Institute for Automation of Complex Power Systems
Mathieustr. 10, 52074 Aachen
E-Mail: slankes@eonerc.rwth-aachen.de
URL: <http://www.acs.eonerc.rwth-aachen.de>

Zielveranstaltung

Betriebssysteme (Operating Systems)
Pflichtveranstaltung der Studienrichtung *Technische Informatik*
Bestandteil des Bachelor-Studiengangs *Elektrotechnik, Informationstechnik
und Technische Informatik*



1 Zielsetzung

Die Vorlesungen *Grundgebiete der Informatik* ¹ und *Betriebssysteme* ² sind Pflichtveranstaltungen der Studienrichtung *Technische Informatik* des Bachelor-Studiengangs *Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik*, welcher von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik angeboten wird. Im Rahmen dieser Vorlesungen wird ein tiefgehendes Verständnis für Systemsoftware vermittelt. Die erworbenen Kenntnisse unterstützen die Studierenden bei der Entwicklung von Hochleistungsrechnersystemen sowie echtzeitfähigen und/oder sicherheitskritischen Anwendungen. So wird beispielsweise vermittelt, wie ein Betriebssystem die Ressourcen eines Rechners schützt und wo hierbei die Stärken und Schwächen verschiedener Betriebssystem-Designs liegen. Im Zeitalter des *Internet-of-Things* wird dies zunehmend bedeutender, um die Infrastruktur einer modernen Gesellschaft zu schützen.

Die Vorlesungen vermitteln – wie in der Standardliteratur [TB14, SGG09] – theoretische Konzepte und praktische Lösungsansätze. So wird in der Vorlesung *Betriebssysteme* schrittweise das Lehrbetriebssystem *eduOS* ³ entwickelt. Anhand von *eduOS* werden grundlegende Entwurfskonzepte für Betriebssysteme erläutert, wobei jeder Meilenstein einem Vorlesungskapitel entspricht. Dieser Ansatz verbindet Forschung und Lehre auf direktem Weg, da ein direkter Bezug zu Forschungsprojekten (z. B. Hermit-Core ⁴ [LPB16]) des Institutes for Automation of Complex Power Systems existiert.

Ein zentrales Problem solcher Lehrveranstaltungen stellt der unterschiedliche Wissensstand der Studierenden dar. Je nach privat oder schulisch entwickelten Vorkenntnissen, sind einige Studierende unter- oder überfordert. Dieses Problem wird in der Vorlesung *Betriebssysteme* durch die Alltagspräsenz von Betriebssystemen noch einmal verstärkt. Durch PCs, Laptops und Smartphones gehören sie zur meistbenutzten Software im Alltag. Eine Diskussion über das Für und Wider eines Betriebssystems wird von den Nutzern häufig emotional geführt. Ein Wechsel und die damit verbundene Einarbeitung wird meistens gescheut.

In der Forschung und der Lehre werden häufig UNIX-basierte Betriebssysteme als Arbeitsbasis gewählt, da diese meist offener und besser dokumentiert sind. Zudem besitzen sie im Bereich der eingebetteten und Server-Systeme eine hohe Akzeptanz. Allerdings ist der Wissensstand bei den Studierenden äußerst unterschiedlich und kann durch (studienbegleitende) Praktika kaum angeglichen werden, da diese andere Themenbereiche adressieren.

Betriebssysteme gehören zu den komplexesten Komponenten innerhalb eines Rechnersystems. Beispielsweise besteht der aktuelle Linux-Kernel aus mehr als 20 Millionen Code-Zeilen. Diese Komplexität kann nicht durch einzelne Entwickler beherrscht

¹<http://www.gi4.rwth-aachen.de>

²<http://www.bs.rwth-aachen.de>

³<http://rwth-os.github.io/eduOS/>

⁴<http://www.hermitcore.org>

werden. Eine koordinierte Zusammenarbeit mit einem kooperativen Code-Review ist zwingend nötig und soll in Zukunft Bestandteil der Vorlesung werden.

Die Ziele von FLIPPEDOS können wie folgt zusammengefasst werden:

- ☐ Die Komplexität der Systemsoftware auf das nötige reduzieren und die grundlegende Prinzipien theoretisch aber auch praktisch zu vermitteln.
- ☐ Unterschiedliche Kenntnisstände der Studierenden schnell anzugleichen, um eine Über- bzw. Unterforderung zu verhindern.
- ☐ Erlernen der kooperativen Entwicklung großer Softwaresysteme mit Maßnahmen zur Qualitätssicherung.
- ☐ Förderung des selbstständigen Arbeitens und des eigenständigen Denkens

2 Persönliche Motivation

Ich bin akademischer Oberrat am Institute for Automation of Complex Power Systems und seit dem Sommersemester 2013 für die Vorlesungen *Grundgebiete der Informatik 4* und *Betriebssysteme* verantwortlich. Zuvor war ich seit 2003 als akademischer Rat und Oberrat am Lehrstuhl für Betriebssysteme für die Vorlesungen mitverantwortlich. Ich habe stets versucht die Vorlesungen weiterzuentwickeln und neue Reize zu setzen, um die Attraktivität der Veranstaltung zu erhöhen. Aus dieser Motivation heraus ist das Lehrbetriebssystem *eduOS*⁵ entstanden. Jeglicher Beispielcode⁶, den ich in der Vorlesung präsentiere, wird stets frei über den webbasierten Onlinedienst GitHub veröffentlicht, der Software-Entwicklungsprojekte auf seinen Servern für OpenSource-Projekte kostenlos bereitstellt.

Die Hauptmotivation dieses Antrag besteht in der Erhöhung der Attraktivität der Lehrveranstaltung. Es soll ein höherer Lernerfolg für die Studierenden erzielt werden und es sollen mehr Studierende für den komplexen Lehrstoff begeistert werden. Dies bedeutet für mich persönlich auch mehr und zudem bessere Abschlussarbeiten in meinem Forschungsbereich sowie eine leichtere Integration dieser Studierenden in zukünftige Forschungsprojekte.

Der Erfahrungsaustausch mit den zukünftigen Preisträgern dieser Ausschreibung verspricht neue Impulse und Anregungen, die ich in meinen Vorlesungen integrieren möchte. Zudem können hierdurch Synergieeffekte entstehen, welche die Erstellung von Unterrichtsmaterialien beschleunigen.

⁵<http://rwth-os.github.io/eduOS/>

⁶<https://github.com/RWTH-OS/gi4>

3 Lehrinnovation

Das Konzept kann in folgende Punkte aufgeschlüsselt werden:

❑ **Bewertungsprozess der Übung wie ein Code-Review durchführen**

Alle praktischen Übungen zur Vorlesung *Betriebssysteme* werden in Form eines Code-Review-Prozesses durchgeführt. Es werden Ergänzungen zu *eduOS* entwickelt und als sogenannte *Pull requests* in einem webbasierten Online-Dienst zur Softwareentwicklung eingereicht. *Pull requests* stellen bei OpenSource-Projekten Anfragen zur Integration neuer Komponenten dar. Diese werden begutachtet, um eine fortlaufend hohe Qualität des Software-Projekts zu gewährleisten, und nach positiver Begutachtung aufgenommen. Im Rahmen der Lehrveranstaltung werden die Einreichungen der Übung bewertet und die erzielten Punkte werden in die Endbewertung der Studierenden einfließen. Somit wird der Bewertungsprozess wie ein Code-Review durchgeführt, um hierdurch zu vermitteln wie große Software-Projekte realisiert werden. Zudem steigt die Motivation der Studierenden, da ihre wöchentliche Mitarbeit in die Endbewertung einfließt.

Amerikanische Universitäten⁷ führen ähnliche Konzepte erfolgreich bei GitHub⁸ durch. Aus rechtlichen Gründen ist eine solche Lösung für die RWTH Aachen kaum möglich, da GitHub ein amerikanisches Unternehmen ist und dortige Bestimmungen befolgen muss. Seit dem Sommersemester 2016 besitzt die RWTH Aachen ein ähnliches System⁹, auf dem solche Ansätze rechtlich unbedenklich und kostenneutral durchführbar sind. Durch die direkte Integration ins Identitätsmanagement der RWTH Aachen ist eine einfache Zuordnung zwischen eingereicherter Lösung und Studierenden möglich.

❑ **Abbau von Einarbeitungshürden**

Schon heute verlangen die Vorlesungen und ihre praktischen Beispiele und Übungen einige Randbedingungen, die zu erfüllen sind. Je nach Arbeitsweise der Studierenden ist beispielsweise eine Installation einer virtuellen Maschine von Nöten, um dort ein UNIX-artiges Betriebssystem zu installieren. Das Institute for Automation of Complex Power Systems bietet hierfür Leitfäden an, erfahrungsgemäß ist die Hürde zur Einarbeitung trotzdem sehr hoch.

Es wird angestrebt ein Cloud-basiertes Konzept zu entwerfen, welches diese Hürde nimmt. Je nach Vorlesungsfortschritt sollen Abbilder der benötigten Komponenten existieren, welche die Studierenden autark auf einem Cloud System der RWTH Aachen starten können. Dies kann verglichen werden mit dem Geschäftsmodell von Google und Amazon¹⁰, die ihre Infrastruktur den Kunden als Dienst-

⁷<https://education.github.com/stories>

⁸<https://classroom.github.com>

⁹<https://git.rwth-aachen.de>

¹⁰Beispielsweise <https://aws.amazon.com/de/>

leistung (*Infrastructure as a Service*) zur Verfügung stellen. Sie bieten Rechenkapazitäten auf ihren Systemen an, die Kunden innerhalb einer virtuellen Umgebung nutzen können um Softwarekomponenten zu installieren und zu testen. Das Institute for Automation of Complex Power Systems arbeitet bereits an ähnlichen Cloud-Systemen zur Unterstützung der Energiewende. Diese basieren auf OpenStack¹¹, welches eine offene Lösung für das Konzept *Infrastructure as a Service* darstellt. Das Institut besitzt eine solche OpenStack-Instanz und versucht diese in Kooperation mit dem IT Center¹² RWTH-weit anzubieten. Ziel ist es, dass die Studierenden spontan eine solche Umgebung starten und direkt innerhalb der angepassten Umgebung ihre Übungsaufgaben lösen können. Um diesen Prozess noch weiter zu vereinfachen, soll eine Entwicklungsumgebung angeboten werden, welche eine einfache Nutzung der entfernten Ressourcen ermöglicht. Die schlanke, plattformübergreifende und offene Entwicklungsumgebung *Atom*¹³ soll diesbezüglich erweitert werden. Hierdurch soll ein lokales Editieren (am heimischen PC) möglich sein, aber ein entferntes (System an der RWTH) Compilieren und Testen ermöglichen. In Prinzip stehen solche Mechanismen bereits zur Verfügung und müssen nur für das RWTH-System erweitert werden.

□ Einführung des Flipped Classroom Konzepts

Beim sogenannten umgedrehten Unterricht (engl. flipped classroom) wird den Studierenden das Unterrichtsmaterial so aufbereitet, dass sie es im Eigenstudium vollständig erfassen können. Der Präsenzunterricht wird dazu benutzt um offene Fragen zu diskutieren und eventuelle Unklarheiten im Unterrichtsmaterial zu beseitigen.

Beim klassischen Unterricht gibt es Präsenztermine für die Vorlesung und die praktischen Übungen. Im vorgeschlagenen Konzept soll diese Trennung aufgebrochen und die Studierenden nach unterschiedlichem Kenntnisstand eingruppiert werden. Hierzu bietet sich ein Online-Test mit zu entwickelten Fragen im *Lehr- und Lernraum*¹⁴ (L2P) der RWTH Aachen an oder die Studierenden schätzen sich anhand eines Themen- und Fragenkatalog selber ein. Es wird noch evaluiert, welches Konzept hierfür am besten geeignet ist.

Es werden kürzere aber auch mehr Präsenztermine angeboten, über welche die Studierenden je nach Kenntnisstand verteilt werden. In diesen werden nur offene Fragen und Unklarheiten erörtert. Durch die Verteilung der Studierenden und die damit verbundene kleinere Gruppengröße kann auf die individuellen Bedürfnisse stärker eingegangen werden. Die Vorlesung *Betriebssysteme* hat zur Zeit ca. 100 Klausurteilnehmer. Beim Anbieten von drei Präsenzterminen kann die Gruppengröße auf Schulklassenstärke reduziert werden, was einen individuelleren Unter-

¹¹<http://www.openstack.org>

¹²<http://www.itc.rwth-aachen.de>

¹³<https://atom.io>

¹⁴<https://www3.elearning.rwth-aachen.de>

richt ermöglicht. Die Mitarbeit der Studierenden wird durch einen modifizierten Bewertungsprozess – wie im ersten Punkt beschrieben – gefördert.

Das aufbereitete Unterrichtsmaterial soll nicht aufgenommenen Vorlesungen entsprechen oder Professoren bei einem Kamingespräch filmen. Vielmehr sollen die existierenden Materialien dahingehend erweitert werden, dass die Themen anschaulich und nahezu selbsterklärend vermittelt werden. Beispielsweise würden im Fach *Betriebssysteme* Animationen von verschiedenen Prozessplanungsverfahren das Verständnis deutlich verbessern. Das existierende Unterrichtsmaterial liegt bereits in digitaler Form vor, ist aber nicht mehr zeitgemäß. Es sind klassische Vorlesungsfolien und ein Vorlesungsskript im PDF-Format, wodurch sie sehr gut für ein Umdruck geeignet sind. Ziel ist es diese Materialien für Tablets aufzubereiten und die Erläuterungen mit Animation zu unterstützen. Dies bedeutet einen Wechsel vom starren PDF-Format hin zu einem flexiblen, der Tabletgröße anpassenden Format (z. B. ePUB3). Für die interne Arbeitsweise bedeutet dies einen Wechsel von $\text{\LaTeX}$ beispielsweise hin zu AsciiDoc¹⁵, der mit Hilfe von studentischen Hilfskräften durchzuführen ist. In diesem Bereich existieren bereits erste Erfahrungen am Institute for Automation of Complex Power Systems.

4 Arbeitsplan

Das Lehrkonzept soll zunächst für das Fach *Betriebssysteme* erarbeitet und umgesetzt werden. Es wird erstmalig zum Wintersemester 2017 / 18 angeboten. Werden die Ziele erreicht und hat sich das Konzept bewährt, wird es für das Fach *Grundgebiete der Informatik 4* ausgebaut. Es wird bei der Umsetzung darauf geachtet, dass das Konzept leicht für andere Veranstaltungen zu übertragen ist, sodass die Integration in *Grundgebiete der Informatik 4* im Rahmen der Lehrverpflichtung des Antragstellers umgesetzt werden kann.

Um die Ziele aus Abschnitt 3 zu erreichen müssen folgende Arbeitspunkte bearbeitet werden:

□ **AP1: Aufbau einer Cloud-Infrastruktur für die Lehre**

Es wird ein prototypischer Dienst entwickelt, durch den die Studierenden einen leichteren Zugang zu Rechenkapazität der RWTH Aachen erhalten. Mit Hilfe von OpenStack werden virtuelle Maschinen angeboten, die Studierende als Entwicklungsplattform verwenden können. Das Institute for Automation of Complex Power Systems hat Erfahrungen im Bereich der Virtualisierungstechniken [PGL⁺14, PEL⁺16], wodurch die Umsetzung einfach zu realisieren ist.

□ **AP2: Anpassung einer Entwicklungsumgebung für die Cloud-Infrastruktur**

Eine flexible, erweiterbare Entwicklungsumgebung wird angepasst, um den Zugriff auf die Infrastruktur zu ermöglichen. Zur Zeit wird angestrebt die Entwick-

¹⁵<http://www.methods.co.nz/asciidoc/>

lungsumgebung *Atom*¹⁶ zu erweitern. Als Alternative kommt *Eclipse*¹⁷ in Frage. Allerdings wird die leichtgewichtige und einfacher zu erlernende Umgebung *Atom* bevorzugt. Der Quellcode der Anpassungen wird offengelegt, damit auch andere Institutionen davon profitieren können.

❑ **AP3: Etablierung der Übungen als Code Review Prozess**

Das Lehrbetriebssystem *eduOS*¹⁸ wird in die existierenden Übungsaufgaben integriert. Entwicklungsstufen des Lehrbetriebssystems werden durch die Studierenden erweitert und über das elektronische Verwaltungssystem für Quellcode *GitLab*¹⁹ eingereicht, welches bereits an der RWTH Aachen existiert. Beispielsweise können die Studierenden Synchronisationsprimitive entwickeln, welche die Prioritäten von Prozessen berücksichtigen. Solche Mechanismen sind für echtzeitfähige Systeme von Nöten, die Bestandteil der Forschungsarbeiten am Institute for Automation of Complex Power Systems sind.

Zudem werden für diese Aufgaben Bewertungskriterien entwickelt, sodass die erzielte Leistung der Studierenden in ihre Endbewertung einfließen kann. Die theoretischen Grundlagen werden weiterhin durch eine klassische Klausur überprüft und bewertet.

❑ **AP4: Entwicklung angepasster Betriebssystemabbilder**

Je nach Entwicklungsstand der Veranstaltungen werden Betriebssystemabbilder vorbereitet, welche die Studierenden in der virtuellen Infrastruktur aus Punkt 1 verwenden können. Diese Abbilder sind auf die jeweilige Übung zugeschnitten, um eine einfache Verwendung zu garantieren und um ein schnelles Erfolgserlebnis zu garantieren.

❑ **AP5: Weiterentwicklung von multimedialen Unterrichtsmaterialien**

Durch die Einführung des umgekehrten Unterrichts müssen die existierenden Vorlesungsmaterialien (Vortragsfolien, Skript) weiterentwickelt werden, um sie für das Selbststudium zu verbessern. Das entwickelte Material soll mehrere Medienformen (Videos, Bilder, klassischer Text) integrieren und geeignet für Tablets sein, da dies eine hohe Akzeptanz bei den Studierenden verspricht. Dies bedeutet einen Wechsel vom starren PDF-Format hin zu einem flexiblen, der Größe des Tablets anpassenden Format (z. B. ePUB3). Durch einen Austausch mit der Gruppe *Medien für die Lehre*²⁰ der RWTH Aachen soll die Qualität der Materialien verbessert werden.

❑ **AP6: Konzeptionierung der Präsenzstunden**

Beim umgekehrten Unterricht muss der Dozent einen Anstoß zur Diskussion bieten. Hierzu muss für jede Präsenzstunde eine Einstiegshilfe entwickelt werden, um die Themen in einem angenehmen Klima zu besprechen und zu überprüfen,

¹⁶<https://atom.io>

¹⁷<https://www.eclipse.org>

¹⁸<http://rwth-os.github.io/eduOS/>

¹⁹<https://git.rwth-aachen.de>

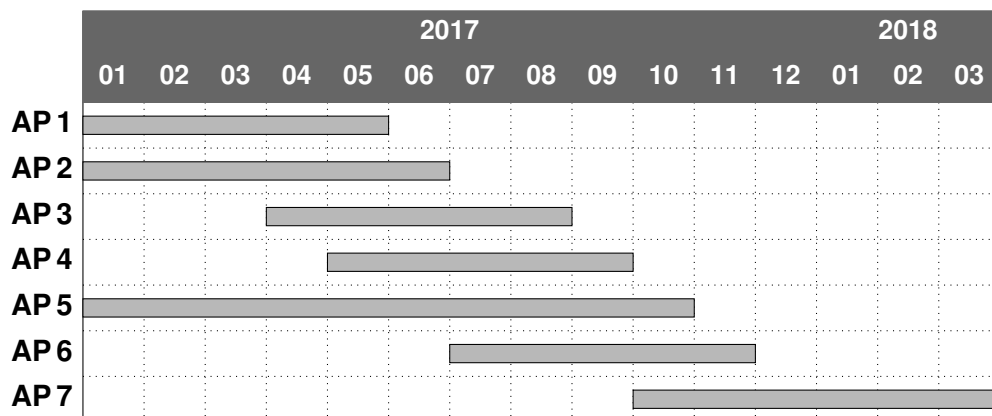
²⁰<https://www.medien.rwth-aachen.de/ueber-uns/>

ob der Stoff verstanden wurde. Eventuelle Probleme sollen nicht erst bei der Prüfung aufgedeckt werden.

❑ **AP7: Rückkopplung mit den Studierenden**

Während des ersten Durchlaufs der Veranstaltung soll das Feedback der Studierenden direkt in die Verbesserung einfließen. Ist beispielsweise eine Software-Komponente fehlerhaft, so wird dies direkt behoben. Nach Abschluss der Veranstaltung soll der Erfolg des neuen Konzepts evaluiert und Kritikpunkte aufgegriffen werden, um für den nächsten Durchlauf die Veranstaltung zu verbessern.

Bei der Entwicklung des folgenden Gantt-Diagramms wird davon ausgegangen, dass das Projekt FLIPPEDOS im Januar 2017 beginnt und die erste Durchführung im Wintersemester 2017 / 2018 stattfindet.



6 Ausbaufähigkeit des Konzepts

Das vorgeschlagene Konzept ist erweiterbar auf alle Kurse, die eine Software-Infrastruktur (zumindest unterstützend) benötigen. Dies können Programmierkurse aber auch mathematische bzw. kommunikationstechnische Kurse sein, die MatLab oder ähnliche Werkzeuge zur Visualisierung verwenden. Die Einstiegshürde wird durch die Cloud-Infrastruktur reduziert. Hierdurch kann der Dozent schneller zum inhaltlichen Kern des Kurses kommen und diesen eingehender behandeln. Zudem könnte das Konzept für größere Praktika ausgebaut werden, da die Cloud-Dienste mit den Bedürfnissen mit wachsen können. Hierdurch besteht die Möglichkeit, die Größe der Rechenräume zu verkleinern, da mit Hilfe des *Flipped Classroom* Konzeptes die Anzahl der Präsenztermine reduzierbar sind.

Cloud-Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie einfach mit ihren Ansprüche mitwachsen aber auch schrumpfen können. Auch ein Lastausgleich zwischen Fakultäten ist einfach zu realisieren. Steigt die Anzahl der Studierenden in einem Fachbereich an,

während in einem anderen die Zahl schrumpft, so wird in einem Cloud-System automatisch ein Lastausgleich durchgeführt. Neue Ressourcen müssen nur hinzugefügt werden, wenn die Last in der gesamten RWTH Aachen ansteigt. Dies würde bedeuten, dass die Rechnerräume nicht für alle möglichen Konstellationen von Teilnehmern auszubauen wären. Vielmehr muss nur eine Grundausstattung existieren. Dies würde voraussetzen, dass das Cloud-Konzept RWTH-weit angeboten wird.

Die Erfahrungen bei der Erstellung von interaktiven Lehrbücher, können auf andere Lehrveranstaltungen übertragen werden. Naheliegend wäre dies bei anderen Veranstaltungen des E.ON Energie Research Centers, welches aus fünf Instituten von vier Fakultäten besteht. Durch die Interdisziplinarität des Forschungszentrums verspricht dies eine hohe Breitenwirkung. Aber auch ein Erfahrungsaustausch innerhalb der RWTH Aachen soll etabliert werden, um das Erzeugen von interaktiven Lehrbüchern zu fördern.

Die Lehrmaterialien werden in englischer Sprache verfasst, um die Internationalisierung der RWTH Aachen zu erleichtern. Es wird überprüft, ob die Veröffentlichung über Lehrplattformen wie beispielsweise iTunes U & edX die Breitenwirkung verstärken kann.

Literatur

- [LPB16] LANKES, Stefan ; PICKARTZ, Simon ; BREITBART, Jens: HermitCore – A Unikernel for Extreme Scale Computing. In: *Proceedings of the International Workshop on Runtime and Operating Systems for Supercomputers (ROSS 2016), held in conjunction with 25th International ACM Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing (HPDC 2016)*. Kyoto, Japan, jun 2016
- [PEL⁺16] PICKARTZ, Simon ; EILING, Niklas ; LANKES, Stefan ; RAZIK, Lukas ; MONTI, Antonello: Migrating Linux Containers Using CRIU. In: *11th Workshop on Virtualization in High-Performance Cloud Computing (VHPC'16)*, 2016. – accepted for publication
- [PGL⁺14] PICKARTZ, Simon ; GAD, Ramy ; LANKES, Stefan ; NAGEL, Lars ; SÜSS, Tim ; BRINKMANN, André ; KREMPEL, Stephan: Migration Techniques in HPC Environments. In: *Euro-Par 2014: Parallel Processing Workshops* Bd. 8806, Springer International Publishing, 2014 (Lecture Notes in Computer Science), S. 486–497
- [SGG09] SILBERSCHATZ, Abraham ; GALVIN, Peter B. ; GAGNE, Greg: *Operating System Concepts*. 8th edition. John Wiley & Sons., 2009
- [TB14] TANENBAUM, Andrew S. ; BOS, Herbert: *Modern Operating Systems*. 4th edition. Pearson Education International, 2014