

---

**Modulbezeichnung:** **Verteilte Systeme - V+Ü (VS)** **5 ECTS**  
 (Distributed Systems - L+E)

Modulverantwortliche/r: Tobias Distler

Lehrende: Michael Eischer, Jürgen Kleinöder, Tobias Distler, Laura Lawniczak

Startsemester: SS 2020

Dauer: 1 Semester

Turnus: jährlich (SS)

Präsenzzeit: 60 Std.

Eigenstudium: 90 Std.

Sprache: Deutsch

### Lehrveranstaltungen:

**ACHTUNG:** Die notwendigen Veranstaltungen fallen im Sommersemester 2020 aufgrund der Aussetzung aller Präsenzveranstaltungen aus. Das Modul ist somit nicht belegbar.

Verteilte Systeme (fällt aus) (SS 2020, Vorlesung, 2 SWS, Tobias Distler et al.)

Übungen zu Verteilte Systeme (fällt aus) (SS 2020, Übung, 2 SWS, Michael Eischer et al.)

### Empfohlene Voraussetzungen:

Gute Programmierkenntnisse in Java

### Inhalt:

Verteilte Systeme bestehen aus mehreren Rechnern, die über ein Netzwerk miteinander verbunden sind und einen gemeinsamen Dienst erbringen. Obwohl die beteiligten Rechner hierfür in weiten Teilen unabhängig voneinander agieren, erscheinen sie ihren Nutzern gegenüber in der Gesamtheit dabei trotzdem als ein einheitliches System. Die Einsatzmöglichkeiten für verteilte Systeme erstrecken sich über ein weites Spektrum an Szenarien: Von der Zusammenschaltung kleinster Rechenknoten zur Sammlung von Daten im Rahmen von Sensornetzwerken über Steuerungssysteme für Kraftfahrzeuge und Industrieanlagen bis hin zu weltumspannenden, Internet-gestützten Infrastrukturen mit Komponenten in Datenzentren auf verschiedenen Kontinenten.

Ziel dieses Moduls ist es, die sich durch die speziellen Eigenschaften verteilter Systeme ergebenden Problemstellungen zu verdeutlichen und Ansätze zu vermitteln, mit deren Hilfe sie gelöst werden können; Beispiele hierfür sind etwa die Interaktion zwischen heterogenen Systemkomponenten, der Umgang mit erhöhten Netzwerklatenzen sowie die Wahrung konsistenter Zustände über Rechengrenzen hinweg. Gleichzeitig zeigt das Modul auf, dass die Verteiltheit eines Systems nicht nur Herausforderungen mit sich bringt, sondern auf der anderen Seite auch Chancen eröffnet. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die im Vergleich zu nicht verteilten Systemen erzielbare höhere Widerstandsfähigkeit eines Gesamtsystems gegenüber Fehlern wie den Ausfällen ganzer Rechner oder sogar kompletter Datenzentren.

Ausgehend von den einfachsten, aus nur einem Client und einem Server bestehenden verteilten Systemen, beschäftigt sich die Vorlesung danach mit der deutlich komplexeren Replikation der Server-Seite und behandelt anschließend die Verteilung eines Systems über mehrere, mitunter weit voneinander entfernte geografische Standorte. In allen Abschnitten umfasst die Betrachtung des jeweiligen Themas eine Auswahl aus Grundlagen, im Praxiseinsatz befindlicher Ansätze und Techniken sowie für den aktuellen Stand der Forschung repräsentativer Konzepte.

Im Rahmen der Übungen wird zunächst ein plattformunabhängiges Fernaufrufsystem schrittweise entwickelt und parallel dazu getestet. Als Vorlage und Orientierungshilfe dient dabei das in der Praxis weit verbreitete Java RMI. In den weiteren Übungsaufgaben stehen anschließend klassische Problemstellungen von verteilten Systemen wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.

### Lernziele und Kompetenzen:

Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben:

- beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung.
- untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen.
- vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsentationen.
- konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung.
- entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI.

- gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many) für das eigene Fernaufrufsystem.
- beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken.
- klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv).
- entwickeln ein eigene aktiv replizierte Anwendung zur Erforschung der mit dieser Replikationsart verbundenen Problemstellungen (z.B. Determinismus).
- vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme.
- illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen.
- erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren.
- unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten.
- gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten.
- entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks.
- bewerten die Qualität einer aktuellen Publikation aus der Fachliteratur.
- erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen.
- können in Kleingruppen kooperativ arbeiten.
- können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten.
- reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.
- können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.

---

### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] **Informatik (Bachelor of Arts (2 Fächer))**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informatik (Bachelor of Arts (2 Fächer)) | Vertiefung Informatik I und II | Vertiefungsmodul Verteilte Systeme und Betriebssysteme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

[2] **Informatik (Bachelor of Arts (2 Fächer))**

(Po-Vers. 2013 | TechFak | Informatik (Bachelor of Arts (2 Fächer)) | Vertiefung Informatik I und II | Vertiefungsrichtung Verteilte Systeme und Betriebssysteme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

[3] **Informatik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2009s | TechFak | Informatik (Bachelor of Science) | Wahlpflichtbereich (5. und 6. Semester) | Wahlpflichtmodule | Vertiefungsrichtung Verteilte Systeme und Betriebssysteme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

[4] **Informatik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2009w | TechFak | Informatik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich (5. und 6. Semester) | Wahlpflichtmodule | Vertiefungsrichtung Verteilte Systeme und Betriebssysteme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

[5] **Informatik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informatik (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich | Säule der systemorientierten Vertiefungsrichtungen | Vertiefungsrichtung Verteilte Systeme und Betriebssysteme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

[6] **Information and Communication Technology (Master of Science)**

(Po-Vers. 2019s | TechFak | Information and Communication Technology (Master of Science) | Gesamtkonto | Pflicht- und Wahlpflichtmodule der Studienschwerpunkte | Schwerpunkt Embedded Systems | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Embedded Systems | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

[7] **Information and Communication Technology (Master of Science)**

(Po-Vers. 2019s | TechFak | Information and Communication Technology (Master of Science) | Gesamtkonto | Pflicht- und Wahlpflichtmodule der Studienschwerpunkte | Schwerpunkt Networks and Digital Communication | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Networks and Digital Communication | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

[8] **Informations- und Kommunikationstechnik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2009 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule, Wahlmodule, Seminar, Praktika, Bachelorarbeit | Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK | Verteilte Systeme)

**[9] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Eingebettete Systeme | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Eingebettete Systeme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

**[10] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Eingebettete Systeme | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Eingebettete Systeme | Verteilte Systeme)

**[11] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Kommunikationsnetze | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Kommunikationsnetze | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

**[12] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Kommunikationsnetze | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Kommunikationsnetze | Verteilte Systeme)

**[13] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Realisierung von Informations- und Kommunikationssystemen | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Realisierung von Informations- und Kommunikationssystemen | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

**[14] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Realisierung von Informations- und Kommunikationssystemen | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Realisierung von Informations- und Kommunikationssystemen | Verteilte Systeme)

**[15] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Übertragung und Mobilkommunikation | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Übertragung und Mobilkommunikation | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

**[16] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Übertragung und Mobilkommunikation | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Übertragung und Mobilkommunikation | Verteilte Systeme)

**[17] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2016s | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Eingebettete Systeme | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Eingebettete Systeme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

**[18] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2016s | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Kommunikationsnetze und Übertragungstechnik | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Kommunikationsnetze | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

**[19] International Information Systems (IIS) (Master of Science)**

(Po-Vers. 2014w | ReWiFak | International Information Systems (IIS) (Master of Science) | Informatics | Informatics Electives | Extension Courses | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

**[20] International Information Systems (IIS) (Master of Science)**

(Po-Vers. 2017w | ReWiFak | International Information Systems (IIS) (Master of Science) | Gesamtkonto | Informatics | Informatics Electives | Extension Courses | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

**[21] Mathematik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. | NatFak | Mathematik (Bachelor of Science) | Module des Nebenfachs | Nebenfach Informatik | Ver-

tiefungsmodule | Vertiefungsrichtung Verteilte Systeme und Betriebssysteme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

- [22] **Mathematik (Bachelor of Science)**  
 (Po-Vers. 2015w | NatFak | Mathematik (Bachelor of Science) | Module des Nebenfachs | Nebenfach Informations- und Kommunikationstechnik | Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK | Verteilte Systeme)
- [23] **Mathematik (Bachelor of Science)**  
 (Po-Vers. 2019w | NatFak | Mathematik (Bachelor of Science) | weitere Module der Bachelorprüfung | Module des Nebenfachs | Nebenfach Informatik | Vertiefungsmodule | Vertiefungsrichtung Verteilte Systeme und Betriebssysteme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))
- [24] **Mathematik (Bachelor of Science)**  
 (Po-Vers. 2019w | NatFak | Mathematik (Bachelor of Science) | weitere Module der Bachelorprüfung | Module des Nebenfachs | Nebenfach Informations- und Kommunikationstechnik | Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK | Verteilte Systeme)
- [25] **Mechatronik (Bachelor of Science): 5-6. Semester**  
 (Po-Vers. 2007 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule (aus Katalog) | Verteilte Systeme)
- [26] **Mechatronik (Bachelor of Science)**  
 (Po-Vers. 2009 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | 6 Eingebettete Systeme | 6 Eingebettete Systeme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))
- [27] **Mechatronik (Bachelor of Science): 5-6. Semester**  
 (Po-Vers. 2009 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | 6 Eingebettete Systeme | 6 Eingebettete Systeme | Verteilte Systeme)
- [28] **Mechatronik (Master of Science): 1-3. Semester**  
 (Po-Vers. 2010 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | Katalog | Verteilte Systeme)
- [29] **Mechatronik (Master of Science): 1-3. Semester**  
 (Po-Vers. 2010 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Gesamtkonto | Vertiefungsrichtungen | Verteilte eingebettete Systeme | Verteilte Systeme)
- [30] **Mechatronik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2012 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Gesamtkonto | M1-M2 Vertiefungsrichtungen | 6 Eingebettete Systeme | 6 Eingebettete Systeme | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))
- [31] **Mechatronik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2012 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Gesamtkonto | M1-M2 Vertiefungsrichtungen | 6 Eingebettete Systeme | 6 Eingebettete Systeme | Verteilte Systeme)
- [32] **Medizintechnik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2013 | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | Studienrichtung Medizinische Bild- und Datenverarbeitung | M5 Medizintechnische Vertiefungsmodule (BDV) | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))
- [33] **Medizintechnik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2018w | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | Studienrichtung Medizinische Bild- und Datenverarbeitung | M5 Medizintechnische Vertiefungsmodule (BDV) | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))
- [34] **Medizintechnik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2019w | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | Modulgruppen M1, M2, M3, M5, M7 nach Studienrichtungen | Studienrichtung Medizinische Bild- und Datenverarbeitung | M5 Medizintechnische Vertiefungsmodule (BDV) | Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen))

---

### Studien-/Prüfungsleistungen:

Verteilte Systeme (Prüfungsnummer: 52801)

(englische Bezeichnung: Distributed Systems)

(diese Prüfung gilt nur im Kontext der Studienfächer/Vertiefungsrichtungen [8], [10], [12], [14], [16], [22], [24], [25], [27], [28], [29], [31])

Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

weitere Erläuterungen:

Erfolgreiche Bearbeitung aller 6 Übungsaufgaben (Bewertung jeweils mit "ausreichend") und 30-

minütige mündliche Prüfung. Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.

Prüfungssprache: Deutsch

Erstablingung: SS 2020, 1. Wdh.: WS 2020/2021

1. Prüfer: Tobias Distler (100377)

Verteilte Systeme (Vorlesung mit Übungen) (Prüfungsnummer: 649073)

(englische Bezeichnung: Distributed Systems - L+E)

(diese Prüfung gilt nur im Kontext der Studienfächer/Vertiefungsrichtungen [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [9], [11], [13], [15], [17], [18], [19], [20], [21], [23], [26], [30], [32], [33], [34])

Prüfungsleistung, mehrteilige Prüfung

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

weitere Erläuterungen:

Erfolgreiche Bearbeitung aller 6 Übungsaufgaben (Bewertung jeweils mit "ausreichend") und 30-minütige mündliche Prüfung. Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.

Erstablingung: SS 2020, 1. Wdh.: WS 2020/2021

1. Prüfer: Tobias Distler (100377)

---