

**Modulbezeichnung:** Pattern Analysis (PA)  
 (Pattern Analysis)

**5 ECTS**

Modulverantwortliche/r: Christian Riess  
 Lehrende: Christian Riess

Startsemester: SS 2022                      Dauer: 1 Semester                      Turnus: jährlich (SS)  
 Präsenzzeit: 60 Std.                      Eigenstudium: 90 Std.                      Sprache: Englisch

**Lehrveranstaltungen:**

Pattern Analysis (SS 2022, Vorlesung, 3 SWS, Christian Riess)  
 Pattern Analysis Programming (SS 2022, Übung, 1 SWS, Dalia Rodriguez Salas et al.)

**Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:**

Pattern Recognition

**Inhalt:**

This module introduces the design of pattern analysis systems as well as the corresponding fundamental mathematical methods. The topics comprise:

- clustering methods: soft and hard clustering
- classification and regression trees and forests
- parametric and non-parametric density estimation: maximum-likelihood (ML) estimation, maximum-a-posteriori (MAP) estimation, histograms, Parzen estimation, relationship between folded histograms and Parzen estimation, adaptive binning with regression trees
- mean shift algorithm: local maximization using gradient ascent for non-parametric probability density functions, application of the mean shift algorithm for clustering, color quantization, object tracking
- linear and non-linear manifold learning: curse of dimensionality, various dimensionality reduction methods: principal component analysis (PCA), multidimensional scaling (MDS), isomaps, Laplacian eigenmaps
- Gaussian mixture models (GMM) and hidden Markov models (HMM): expectation maximization algorithm, parameter estimation, computation of the optimal sequence of states/Viterbi algorithm, forward-backward algorithm, scaling
- Markov random fields (MRF): definition, probabilities on undirected graphs, clique potentials, Hammersley-Clifford theorem, inference via Gibbs sampling and graph cuts

Das Modul führt in das Design von Musteranalyse-Systemen sowie die zugrundeliegenden mathematischen Methoden ein. Die Vorlesung umfasst im Einzelnen:

- Clustering-Methoden: Soft- und Hard-Clustering
- Klassifikations- und Regressionsbäume/-wälder
- parametrische und nicht-parametrische Dichteschätzung: Verfahren sind ML- und MAP-Schätzung, Histogramme, Parzenschätzung, Zusammenhang gefaltete Histogramme und Parzenschätzung, adaptives Binning mit Regressionsbäumen.
- 'Mean Shift'-Algorithmus: lokale Maximierung durch Gradientenaufstieg bei nicht-parametrischen Dichtefunktionen, Anwendungen des 'Mean Shift'-Algorithmus zum Clustering, Farbquantisierung und Objektverfolgung
- Linear and Non-Linear Manifold Learning: Curse of Dimensionality, Verschiedene Methode zur Dimensionsreduktion: Principal Component Analysis (PCA), Multidimensional Scaling (MDS), Iso-map, Laplacian Eigenmaps
- Gaußsche Mischverteilungsmodelle (GMM) und Hidden-Markov-Modelle (HMM): 'Expectation Maximization'-Algorithmus, Parameterschätzung, Bestimmung der optimalen Zustandsfolge/Viterbi-Algorithmus, Vorwärts-Rückwärts-Algorithmus, Skalierung
- Markov-Zufallsfelder: Definition, Wahrscheinlichkeiten auf ungerichteten Graphen, Cliques-Potenziale, Hammersley-Clifford-Theorem, Inferenz mit Gibbs-Sampling und Graph Cuts

**Lernziele und Kompetenzen:**

The students

- explain the discussed methods for classification, prediction, and analysis of patterns,

- compare and analyze methods for manifold learning and select a suited method for a given set of features and a given problem,
- compare and analyze methods for probability density estimation and select a suited method for a given set of features and a given problem,
- apply non-parametric probability density estimation to pattern analysis problems,
- apply dimensionality reduction techniques to high-dimensional feature spaces,
- explain statistic modeling of feature sets and sequences of features,
- explain statistic modeling of statistical dependencies,
- implement presented methods in Python,
- supplement autonomously the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature,
- discuss the social impact of applications of pattern analysis solutions.

#### Die Studierenden

- erläutern die behandelten Methoden zur Klassifikation, Vorhersage und Analyse von Mustern,
- vergleichen und analysieren Methoden des Manifold Learning und wählen für eine vorgegebene Fragestellung eine geeignete Methode aus,
- vergleichen und analysieren Methoden zur Dichteschätzung und wählen für eine vorgegebene Fragestellung eine geeignete Methode aus,
- wenden nicht-parametrische Dichteschätzung auf Probleme der Musteranalyse an,
- wenden Dimensionsreduktion bei hochdimensionalen Merkmalsräumen an,
- erläutern statistische Modellierung von Merkmalsmengen und Merkmalsfolgen,
- erklären statistische Modellierung abhängiger Größen,
- implementieren vorgestellte Verfahren in Python.
- ergänzen eigenständig mathematische Grundlagen der präsentierten Methoden durch selbstbestimmtes Studium der Literatur
- diskutieren die gesellschaftlichen Auswirkungen von Anwendungen der Musteranalyse

#### Literatur:

Begleitende Literatur / Accompanying literature:

- C. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag, Heidelberg, 2006
- T. Hastie, R. Tibshirani und J. Friedman: The Elements of Statistical Learning, 2nd Edition, Springer Verlag, 2009
- A. Criminisi and J. Shotton: Decision Forests for Computer Vision and Medical Image Analysis, Springer, 2013

---

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

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

[1] **123#67#H**

(Po-Vers. 2008 | TechFak | Computational Engineering (Master of Science with Honours) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Informatik | Pattern Analysis)

[2] **123#67#H**

(Po-Vers. 2008 | TechFak | Computational Engineering (Master of Science with Honours) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Angewandte Mathematik | Pattern Analysis)

[3] **123#67#H**

(Po-Vers. 2013 | TechFak | Computational Engineering (Master of Science with Honours) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Informatik | Pattern Analysis)

[4] **Advanced Optical Technologies (Master of Science)**

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Advanced Optical Technologies (Master of Science) | Gesamtkonto | Major Topics | Computational Optics | Pattern Analysis)

[5] **Advanced Signal Processing & Communications Engineering (Master of Science)**

(Po-Vers. 2016w | TechFak | Communications Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlmodule | Technical Electives | Pattern Analysis)

[6] **Advanced Signal Processing & Communications Engineering (Master of Science)**

(Po-Vers. 2020w | TechFak | Communications Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Technical Electives)

| Pattern Analysis)

- [7] **Advanced Signal Processing & Communications Engineering (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2021w | TechFak | Communications Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Technical Electives | Pattern Analysis)
- [8] **Artificial Intelligence (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2021s | TechFak | Artificial Intelligence (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodulbereich | Subsymbolic AI/Machine Learning | Pattern Analysis)
- [9] **Communications and Multimedia Engineering (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2011 | TechFak | Communications and Multimedia Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | Technische Wahlpflichtmodule | Pattern Analysis)
- [10] **Communications and Multimedia Engineering (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2011 | TechFak | Communications and Multimedia Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlmodule | Technische Wahlmodule | Pattern Analysis)
- [11] **Computational Engineering (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2016w | TechFak | Computational Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Informatik | Pattern Analysis)
- [12] **Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2008 | TechFak | Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Informatik | Pattern Analysis)
- [13] **Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2008 | TechFak | Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Angewandte Mathematik | Pattern Analysis)
- [14] **Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2013 | TechFak | Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Informatik | Wahlpflichtbereich Informatik | Pattern Analysis)
- [15] **Data Science (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2021w | Gesamtkonto | Studienrichtung Machine Learning / Artificial Intelligence | Pattern Analysis)
- [16] **Informatik (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informatik (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich | Säule der anwendungsorientierten Vertiefungsrichtungen | Vertiefungsrichtung Mustererkennung | Pattern Analysis)
- [17] **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 Media Processing Systems | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Media Processing Systems | Pattern Analysis)
- [18] **Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Multimediasysteme | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Multimediasysteme | Pattern Analysis)
- [19] **Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2016s | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Multimediasysteme | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus INF im Schwerpunkt Multimediasysteme | Pattern Analysis)
- [20] **International Information Systems (IIS) (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2014w | ReWiFak | International Information Systems (IIS) (Master of Science) | Informatics | Informatics Electives | Extension Courses | Pattern Analysis)
- [21] **International Information Systems (IIS) (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2017w | ReWiFak | International Information Systems (IIS) (Master of Science) | Gesamtkonto | Informatics | Informatics Electives | Extension Courses | Pattern Analysis)
- [22] **International Information Systems (IIS) (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2018w | ReWiFak | International Information Systems (IIS) (Master of Science) | Informatics | Core courses (Informatics) | Data and knowledge (Informatics - Core) | Pattern Analysis)
- [23] **International Information Systems (IIS) (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2018w | ReWiFak | International Information Systems (IIS) (Master of Science) | Informatics | Electives (Informatics) | Data and knowledge (Informatics - Elective) | Pattern Analysis)

- [24] **International Information Systems (IIS) (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2021w | ReWiFak | International Information Systems (IIS) (Master of Science) | Gesamtkonto | Informatics | Data and knowledge - Informatics | Pattern Analysis)
- [25] **Mechatronik (Bachelor of Science)**  
 (Po-Vers. 2009 | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Mechatronik (Studienbeginn bis 30.09.2020) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | 6 Informatik/Eingebettete Systeme | 6 Informatik/Eingebettete Systeme | Pattern Analysis)
- [26] **Mechatronik (Bachelor of Science)**  
 (Po-Vers. 2020w | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Mechatronik (Studienbeginn ab 01.10.2020) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | 6 Informatik/Eingebettete Systeme | Pattern Analysis)
- [27] **Mechatronik (Bachelor of Science)**  
 (Po-Vers. 2021w | TechFak | Mechatronik (Bachelor of Science) | Mechatronik (Studienbeginn ab 01.10.2021) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | 6 Informatik / Eingebettete Systeme | Pattern Analysis)
- [28] **Mechatronik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2012 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Mechatronik (Studienbeginn bis 30.09.2020) | Gesamtkonto | M3 Technische Wahlmodule | Pattern Analysis)
- [29] **Mechatronik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2012 | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Mechatronik (Studienbeginn bis 30.09.2020) | Gesamtkonto | M1-M2 Vertiefungsrichtungen | 6 Informatik/Eingebettete Systeme | 6 Informatik/Eingebettete Systeme | Pattern Analysis)
- [30] **Mechatronik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2020w | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Mechatronik (Studienbeginn ab 01.10.2020) | Gesamtkonto | M1-M2 Vertiefungsrichtungen | 6 Informatik/Eingebettete Systeme | Pattern Analysis)
- [31] **Mechatronik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2020w | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Mechatronik (Studienbeginn ab 01.10.2020) | Gesamtkonto | M3 Technische Wahlmodule | Pattern Analysis)
- [32] **Mechatronik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2021w | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Mechatronik (Studienbeginn ab 01.10.2021) | Gesamtkonto | M1-M2 Vertiefungsrichtungen | 6 Eingebettete Systeme | Pattern Analysis)
- [33] **Mechatronik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2021w | TechFak | Mechatronik (Master of Science) | Mechatronik (Studienbeginn ab 01.10.2021) | Gesamtkonto | M3 Technische Wahlmodule | Pattern Analysis)
- [34] **Medizintechnik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2011 | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | alte Prüfungsordnungen | Modulgruppen M2 - M8 | Fachrichtung 'Medizinische Bild- und Datenverarbeitung' | M3 Ingenieurwissenschaftliche Kernfächer II | Pattern Analysis)
- [35] **Medizintechnik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2013 | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | Studienrichtung Medizinische Bild- und Datenverarbeitung | M2 Ingenieurwissenschaftliche Kernmodule (BDV) | Pattern Analysis)
- [36] **Medizintechnik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2018w | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | Studienrichtung Medizinische Bild- und Datenverarbeitung | M2 Ingenieurwissenschaftliche Kernmodule (BDV) | Pattern Analysis)
- [37] **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 | M2 Ingenieurwissenschaftliche Kernmodule (BDV) | Pattern Analysis)
- [38] **Medizintechnik (Master of Science)**  
 (Po-Vers. 2019w | TechFak | Medizintechnik (Master of Science) | Modulgruppen M1, M2, M3, M5, M7 nach Studienrichtungen | Study Field Health and Medical Data Analytics | M2 Engineering Core Modules (HMDA) | Pattern Analysis)

---

## Studien-/Prüfungsleistungen:

Pattern Analysis (Prüfungsnummer: 41201)

(englische Bezeichnung: Oral Examination on Pattern Analysis)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100% Prüfungssprache: Englisch

Erstablingung: SS 2022, 1. Wdh.: WS 2022/2023

1. Prüfer: Christian Riess

---

**Organisatorisches:**

Please join the associated studOn class: <https://www.studon.fau.de/crs2955878.html>