Modulbezeichnung:	**Wavelet-Transformationen in der Bildverarbeitung - V+UE (WTBV-V+UE)** (Wavelet Transformations in Image Processing - Lecture and Exercises)	**7.5 ECTS**
Modulverantwortliche/r:	Volker Strehl	
Lehrende:	Volker Strehl	

Startsemester: WS 2015/2016	Dauer: 1 Semester	Turnus: jährlich (WS)
Präsenzzeit: 90 Std.	Eigenstudium: 135 Std.	Sprache: Deutsch oder Englisch

Lehrveranstaltungen:

Im Rahmen des Moduls können entweder die Übungen oder die theoretische Ergänzung gewählt werden. Bitte bei der Prüfungsanmeldung die jeweilige Lehrveranstaltungskombination beachten!

Alternativ kann die Kombination aus Vorlesung und beiden Übungen auch als Modul im Umfang von 10 ECTS gewählt werden. Siehe Modul WTBV+UE+TE.

Wavelet-Transformationen in der Bildverarbeitung (WS 2015/2016, Vorlesung, 3 SWS, Volker Strehl)
Wavelet-Transformationen in der Bildverarbeitung Übung (WS 2015/2016, optional, Übung, 1 SWS, Christian Riess)
Wavelet-Transformationen in der Bildverarbeitung Theorieergänzung (WS 2015/2016, optional, Übung, 2 SWS, Volker Strehl)

Inhalt:

Das klassische Verfahren der Fourier-Analyse stellt Funktionen als Überlagerungen von trigonometrischen Funktionen dar, dient also in erster Linie der Behandlung von stationären Eigenschaften von Signalen. Für die Untersuchung von kurzzeitigen ("transienten") Eigenschaften von Signalen ist die historisch wesentlich jüngere Wavelet-Analyse das Mittel der Wahl. Wavelets stellen Funktionen als Überlagerungen von Signal-Bausteinen dar, die im Zeit- und Frequenzbereich gut begrenzt sind und die mittels Skalierung und Verschiebung aus einem "Mutter-Wavelet" gewonnen werden. Während es i.w. "nur" eine Fourier-Theorie gibt, ist das Spektrum der Möglichkeiten bei Wavelets ungleich grösser – aber Wavelets mit guten Eigenschaften zu konstruieren ist trotzdem alles andere als eine offensichtliche Angelegenheit.

Die Vorlesung ist sowohl theoretisch als auch praktisch orientiert. Auf der theoretischen Seite sollen die Prinzipien der kontinuierlichen und diskreten Wavelet-Analyse, der Multiskalenanalyse und der Konstruktion "kompakter" und "glatter" Wavelets behandelt werden – wobei die Fourier-Theorie dann doch wieder eine erhebliche Rolle spielt! An Beispielen aus der Bildverarbeitung (Rauschunterdrückung, Datenkompression, Kantenerkennung) soll die Anwendung von Wavelets behandelt und auch praktisch (Matlab!) geübt werden.

Spezielle Vorkenntnisse auf Seiten der Teilnehmer werden nicht erwartet, auch wenn etwas vorherige Bekanntschaft mit Fourier-Analyse und Begriffen der Signal- und Bildverarbeitung nützlich sein wird. Es soll aber nicht verschwiegen werden, dass der Stoff ein nicht geringes Mass an mathematischer Denkweise und Technik verlangt, also die Bereitschaft zur Auseinandersetzung damit erwartet wird.

The classical Fourier analysis represents functions as overlays of trigonometric functions. As such, it primarily focuses on stationary properties of signals. For the analysis of short term ("transient") properties of signals, the substantially younger wavelet analysis is better suited. Wavelets represent functions as overlays of signal building blocks. These blocks are obtained via scaling and translation of a so-called "mother wavelet", and are clearly delimited in time and frequency domain. While there is in principle "just one" Fourier theory, wavelets provide a much wider range of possibilities. However, constructing wavelets with good properties is nevertheless a challenging task.

The lecture consists of theoretical and practical aspects. On the theoretical side, the lecture presents the principles of continuous and discrete wavelet analysis, multiscale analysis, and the construction of compact and smooth wavelets. Surprisingly, it turns out that the Fourier theory plays an important part in this analysis. On the practical side, the lecture applies wavelets on common image processing tasks (denoising, data compression, edge detection). Participants also implement these methods.

Participants do not need to have a particular class passed prior to this lecture. Nevertheless, knowledge about Fourier analysis and basic terms of signal processing and image processing will be useful.

Participants must be willing to actively engage into a good portion of mathematical thinking for this lecture.

Lernziele und Kompetenzen:

Vorlesung + praktische Übungen: Die Studierenden

- verstehen die Grundlagen und erläutern die wichtigsten Phänomene der Fourier-basierten Darstellung und Verarbeitung von Signalen im Orts- und Frequenzbereich
- stellen den Aufbau von Wavelettransformationen und deren charakteristische Eigenschaften dar
- erklären die Konstruktion von orthogonalen und bi-orthogonalen Filtern für Wavelettransformationen
- diskutieren die mathematischen Eigenschaften von Wavelet-Filtern auf der Basis von Fourier-Methoden im Rahmen der Multiresolutions-Analyse
- konzipieren Wavelet-basierte Methoden für ausgewählte Anwendungen der Bildverarbeitung, insbesondere für Entrauschen, Kompression, Kantenerkennung, Registrierung
- erkunden experimentell mit Hilfe von MATLAB grundlegende Eigenschaften der Fourier-Reihen und der Fourier-Transformation
- untersuchen Aspekte der Multiresolutions-Analyse mit Hilfe selbstimplementierter Funktionen in Matlab
- entwickeln Wavelet-basierte Entrauschungs- und Kompressionsverfahren mit Hilfe selbstimplementierter Funktionen in Matlab

Vorlesung + Theorie-Ergänzungen:

- verstehen die Grundlagen und erläutern die wichtigsten Phänomene der Fourier-basierten Darstellung und Verarbeitung von Signalen im Orts- und Frequenzbereich
- stellen den Aufbau von Wavelettransformationen und deren charakteristische Eigenschaften dar
- erklären die Konstruktion von orthogonalen und bi-orthogonalen Filtern für Wavelettransformationen
- diskutieren die mathematischen Eigenschaften von Wavelet-Filtern auf der Basis von Fourier-Methoden im Rahmen der Multiresolutions-Analyse
- konzipieren Wavelet-basierte Methoden für ausgewählte Anwendungen der Bildverarbeitung, insbesondere für Entrauschen, Kompression, Kantenerkennung, Registrierung
- untersuchen im Detail mathematische Eigenschaften von Fourier-Reihen, Fourier-Transformation und Wavelet-Transformationen
- erkunden Alternativen zu den in der Vorlesung behandelten Verfahren anhand theoretischer Qualitätskriterien

Lecture and Exercises:

- understand the foundations and explain the most important phenomena of Fourier-based representations and processing of signals in spatial and frequency domain
- illustrate the structure of wavelet transforms and their characteristic properties
- explain the construction of orthogonal and bi-orthogonal filters for wavelet transforms
- discuss the mathematical properties of wavelet filters using Fourier methods in the context of multiresolution analysis
- design wavelet-based methods for selected applications in image processing, particularly for denoising, compression, edge detection, and registration
- experimentally explore the basic properties of Fourier series and Fourier transforms using MATLAB
- examine various aspects of multiresolution analysis based on own MATLAB implementations
- develop wavelet-based methods for denoising and compression based on own MATLAB implementations

Lecture and Theory Supplement:

- understand the foundations and explain the most important phenomena of Fourier-based representations and processing of signals in spatial and frequency domain
- illustrate the structure of wavelet transforms and their characteristic properties
- explain the construction of orthogonal and bi-orthogonal filters for wavelet transforms
- discuss the mathematical properties of wavelet filters using Fourier methods in the context of multiresolution analysis

- design wavelet-based methods for selected applications in image processing, particularly for denoising, compression, edge detection, and registration
- examine in detail the mathematical properties of Fourier series, Fourier transforms and Wavelet transforms
- explore variations of the methods that are discussed in the lecture and the exercises using theoretical quality criteria

Literatur:

Literatur (eine Auswahl):

- J. Bergh, F. Ekstedt, M. Lindberg: **Wavelets mit Anwendungen in der Signal- und Bildverarbeitung**, Springer, 2007.
- A. Bogess, F. J. Narcowich:**A First Course in Wavelets with Fourier Analysis**, Prentice-Hall, 2001.
- A. Jaffard, Y. Meyer, R. D. Ryan: **Wavelets, Tools for Science & Technology**, SIAM, 2001.
- Y. Nievergelt: **Wavelets Made Easy**, Birkhäuser, 1999.
- R. M. Rao, A. S. Bopardikar:**Wavelet Transforms**, Addison-Wesley, 1998.
- J. S. Walker:**A Primer on Wavelets and their Scientific Applications**, Chapman & Hall, 1999.
- D. F. Walnut:**An Introduction to Wavelet Analysis**, Birkhäuser, 2002.

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 | Vertiefung Informatik I und II | Vertiefungsmodul Mustererkennung)

[2] **Informatik (Bachelor of Arts (2 Fächer))**
(Po-Vers. 2010 | Vertiefung Informatik I und II | Vertiefungsmodul Theoretische Informatik)

[3] **Informatik (Bachelor of Arts (2 Fächer))**
(Po-Vers. 2013 | Vertiefung Informatik I und II | Vertiefungsmodul Mustererkennung)

[4] **Informatik (Bachelor of Arts (2 Fächer))**
(Po-Vers. 2013 | Vertiefung Informatik I und II | Vertiefungsmodul Theoretische Informatik)

[5] **Informatik (Bachelor of Science)**
(Po-Vers. 2009s | Wahlpflichtbereich (5. und 6. Semester) | Wahlpflichtmodule | Vertiefungsmodul Mustererkennung)

[6] **Informatik (Bachelor of Science)**
(Po-Vers. 2009s | Wahlpflichtbereich (5. und 6. Semester) | Wahlpflichtmodule | Vertiefungsmodul Theoretische Informatik)

[7] **Informatik (Bachelor of Science)**
(Po-Vers. 2009w | Wahlpflichtbereich (5. und 6. Semester) | Wahlpflichtmodule | Vertiefungsmodul Mustererkennung)

[8] **Informatik (Bachelor of Science)**
(Po-Vers. 2009w | Wahlpflichtbereich (5. und 6. Semester) | Wahlpflichtmodule | Vertiefungsmodul Theoretische Informatik)

[9] **Informatik (Master of Science)**
(Po-Vers. 2010 | Wahlpflichtbereich | Säule der theoretisch orientierten Vertiefungsrichtungen | Vertiefungsmodul Theoretische Informatik)

[10] **Informatik (Master of Science)**
(Po-Vers. 2010 | Wahlpflichtbereich | Säule der anwendungsorientierten Vertiefungsrichtungen | Vertiefungsmodul Mustererkennung)

[11] **Mathematik (Bachelor of Science)**
(Po-Vers. 2015w | Module des Nebenfachs | Nebenfach Informatik | Vertiefungsmodule | Vertiefungsmodul Mustererkennung)

[12] **Mathematik (Bachelor of Science)**
(Po-Vers. 2015w | Module des Nebenfachs | Nebenfach Informatik | Vertiefungsmodule | Vertiefungsmodul Theoretische Informatik)

[13] **Medizintechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2013 | Studienrichtung Medizinische Bild- und Datenverarbeitung | M3 Medizintechnische Kernmodule (BDV))

Studien-/Prüfungsleistungen:

Wavelet-Transformationen in der Bildverarbeitung (Vorlesung mit praktischen Übungen) (Prüfungsnummer: 842819)
(diese Prüfung gilt nur im Kontext der Studienfächer/Vertiefungsrichtungen [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12])
Prüfungsleistung, mehrteilige Prüfung
Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%
weitere Erläuterungen:
Die Note wird auf Basis einer 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Bewertung der Übungsaufgaben ermittelt.
Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch

Erstablegung: WS 2015/2016, 1. Wdh.: SS 2016
1. Prüfer: Volker Strehl

Wavelet-Transformationen in der Bildverarbeitung (Vorlesung mit theoretischen Übungen) (Prüfungsnummer: 150917)
(diese Prüfung gilt nur im Kontext der Studienfächer/Vertiefungsrichtungen [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12])
Prüfungsleistung, mehrteilige Prüfung
Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%
weitere Erläuterungen:
Die Note wird auf Basis einer 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Bewertung der Übungsaufgaben ermittelt.
Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch

Erstablegung: WS 2015/2016, 1. Wdh.: SS 2016
1. Prüfer: Volker Strehl

Wavelet-Transformationen in der Bildverarbeitung (Vorlesung mit praktischen Übungen) (Prüfungsnummer: 811243)
(diese Prüfung gilt nur im Kontext der Studienfächer/Vertiefungsrichtungen [13])
Prüfungsleistung, mehrteilige Prüfung
Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%
weitere Erläuterungen:
Die Note wird auf Basis einer 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Bewertung der Übungsaufgaben ermittelt.
Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch

Erstablegung: WS 2015/2016, 1. Wdh.: SS 2016
1. Prüfer: Volker Strehl

Wavelet-Transformationen in der Bildverarbeitung (Vorlesung mit theoretischen Übungen) (Prüfungsnummer: 911243)
(diese Prüfung gilt nur im Kontext der Studienfächer/Vertiefungsrichtungen [13])
Prüfungsleistung, mehrteilige Prüfung
Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%
weitere Erläuterungen:
Die Note wird auf Basis einer 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Bewertung der Übungsaufgaben ermittelt.
Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch

Erstablegung: WS 2015/2016, 1. Wdh.: SS 2016
1. Prüfer: Volker Strehl