

Informatik aktuell

Christoph Palm · Thomas M. Deserno  
Heinz Handels · Andreas Maier  
Klaus Maier-Hein  
Thomas Tolxdorff *Hrsg.*

# Bildverarbeitung für die Medizin 2021

Proceedings, German Workshop  
on Medical Image Computing,  
Regensburg, March 7–9, 2021



 Springer Vieweg

---

# Informatik aktuell

**Reihe herausgegeben von**

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

Bonn, Deutschland

Ziel der Reihe ist die möglichst schnelle und weite Verbreitung neuer Forschungs- und Entwicklungsergebnisse, zusammenfassender Übersichtsberichte über den Stand eines Gebietes und von Materialien und Texten zur Weiterbildung. In erster Linie werden Tagungsberichte von Fachtagungen der Gesellschaft für Informatik veröffentlicht, die regelmäßig, oft in Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Gesellschaften, von den Fachausschüssen der Gesellschaft für Informatik veranstaltet werden. Die Auswahl der Vorträge erfolgt im allgemeinen durch international zusammengesetzte Programmkomitees.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/2872>

---

Christoph Palm · Thomas M. Deserno ·  
Heinz Handels · Andreas Maier ·  
Klaus Maier-Hein · Thomas Tolxdorff  
(Hrsg.)


# Bildverarbeitung für die Medizin 2021

Proceedings, German Workshop  
on Medical Image Computing,  
Regensburg, March 7–9, 2021



 Springer Vieweg

*Hrsg.*

Christoph Palm   
Fakultät für Informatik und Mathematik  
Ostbayerische Technische Hochschule  
Regensburg  
Regensburg, Deutschland

Thomas M. Deserno  
Peter L. Reichertz Institut für Medizinische  
Informatik der TU Braunschweig und der  
Medizinischen Hochschule Hannover  
Braunschweig, Deutschland

Heinz Handels  
Institut für Medizinische Informatik  
Universität zu Lübeck  
Lübeck, Deutschland

Andreas Maier   
Lehrstuhl für Mustererkennung  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen, Deutschland

Klaus Maier-Hein  
Medical Image Computing, E230  
Deutsches Krebsforschungszentrum  
(DKFZ)  
Heidelberg, Deutschland

Thomas Tolxdorff  
Institut für Medizinische Informatik  
Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Berlin, Deutschland

ISSN 1431-472X

Informatik aktuell

ISBN 978-3-658-33197-9

ISBN 978-3-658-33198-6 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-33198-6>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verlage. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Petra Steinmüller

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

## **Bildverarbeitung für die Medizin 2021**

### **Veranstalter**

ReMIC            Regensburg Medical Image Computing  
 Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg  
 (OTH Regensburg)

### **Unterstützende Fachgesellschaften**

BVMI            Berufsverband Medizinischer Informatiker  
 CURAC         Computer- und Roboterassistierte Chirurgie  
 DAGM         Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Mustererkennung  
 DGBMT         Fachgruppe Medizinische Informatik der  
 Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik im  
 Verband Deutscher Elektrotechniker  
 GI                Gesellschaft für Informatik – Fachbereich Informatik  
 in den Lebenswissenschaften  
 GMDS         Gesellschaft für Medizinische Informatik,  
 Biometrie und Epidemiologie  
 IEEE            Joint Chapter Engineering in Medicine and Biology,  
 German Section

### **Tagungsvorsitz**

Prof. Dr. rer. nat. Christoph Palm  
 Regensburg Medical Image Computing (ReMIC)  
 Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (OTH Regensburg)

### **Tagungsbüro**

Dr. med. Alexander Leis, Simone Böttger, Sümeyye R. Yildiran

Anschrift:        OTH Regensburg, Galgenbergstr. 30, 93051 Regensburg  
 Email:            orga-2021@bvm-workshop.org  
 Web:              <https://bvm-workshop.org>

### **Lokale BVM-Organisation**

Simone Böttger, Dr. Alexander Leis, Leonard Klausmann, Robert Mendel, Prof. Dr. Christoph Palm (Leitung), David Rauber, Sümeyye R. Yildiran und weitere Mitarbeiter\*innen des ReMIC der OTH Regensburg.

### **Verteilte BVM-Organisation**

Begutachtung	Heinz Handels und Jan-Hinrich Wrage – Institut für Medizinische Informatik, Universität zu Lübeck
Mailingliste	Klaus Maier-Hein, André Klein und Jens Petersen – Abteilung Medizinische Bildverarbeitung, Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ) Heidelberg
Special Issue	Andreas Maier – Lehrstuhl für Mustererkennung, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Sponsoring	Thomas Tolxdorff und Thorsten Schaaf – Institut für Medizinische Informatik, Charité-Universitätsmedizin Berlin
Tagungsband	Thomas M. Deserno, Michael Völcker, Madlen Uick, Nick Igelbrink und Nico Stautmeister – Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik (PLRI), Technische Universität Braunschweig und Medizinische Hochschule Hannover
Web & News	Christoph Palm, Leonard Klausmann, Alexander Leis und Sümeyye R. Yildiran – Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

### **BVM-Komitee**

Prof. Dr. Thomas M. Deserno, Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik (PLRI), Technische Universität Braunschweig und Medizinische Hochschule Hannover

Prof. Dr. Heinz Handels, Institut für Medizinische Informatik, Universität zu Lübeck

Prof. Dr. Andreas Maier, Lehrstuhl für Mustererkennung, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. Klaus Maier-Hein, Abteilung Medizinische Bildverarbeitung, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg

Prof. Dr. Christoph Palm, Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff, Institut für Medizinische Informatik, Charité-Universitätsmedizin Berlin

**Programmkomitee**

Jürgen Braun, Charité-Universitätsmedizin Berlin  
Thorsten Buzug, Universität zu Lübeck  
Thomas M. Deserno, TU Braunschweig  
Jan Ehrhardt, Universität zu Lübeck  
Sandy Engelhardt, Universitätsklinik Heidelberg  
Ralf Floca, DKFZ Heidelberg  
Nils Forkert, University of Calgary, Canada  
Jürgen Friel, OTH Regensburg  
Horst Hahn, Fraunhofer MEVIS, Bremen  
Heinz Handels, Universität zu Lübeck  
Tobias Heimann, Siemens Healthcare, Erlangen  
Mattias Heinrich, Universität zu Lübeck  
Anja Hennemuth, Charité-Universitätsmedizin Berlin  
Alexander Horsch, The Arctic University of Norway, Tromsø, Norwegen  
Dagmar Kainmüller, MDC Berlin  
Ron Kikinis, Harvard Medical School, Boston, USA  
Dagmar Krefting, Universität Göttingen  
Andreas Maier, Universität Erlangen  
Klaus Maier-Hein, DKFZ Heidelberg  
Lena Maier-Hein, DKFZ Heidelberg  
Andre Mastmeyer, Hochschule Aalen  
Dorit Merhof, RWTH Aachen  
Jan Modersitzki, Fraunhofer MEVIS, Lübeck  
Heinrich Müller, TU Dortmund  
Nassir Navab, TU München  
Marco Nolden, DKFZ Heidelberg  
Christoph Palm, OTH Regensburg  
Bernhard Preim, Universität Magdeburg  
Srefanie Remmele, HAW Landshut  
Petra Ritter, BIH Berlin  
Karl Rohr, Universität Heidelberg  
Eva Rothgang, OTH Amberg-Weiden  
Sylvia Saalfeld, Universität Magdeburg  
Dennis Säring, FH Wedel  
Ingrid Scholl, FH Aachen  
Stefanie Speidel, HZDR (NCT Dresden)  
Thomas Tolxdorff, Charité-Universitätsmedizin Berlin  
Klaus Tönnies, Universität Magdeburg  
Gudrun Wagenknecht, Forschungszentrum Jülich  
René Werner, UKE Hamburg  
Thomas Wittenberg, Fraunhofer IIS, Erlangen  
Ivo Wolf, Hochschule Mannheim



## **Sponsoren und Unterstützer des Workshops BVM 2021**

Wir bedanken uns für die Unterstützung durch die Regensburger Forschungseinrichtungen:

- Regensburg Center for Artificial Intelligence (RCAI)
- Regensburg Center of Biomedical Engineering (RCBE)
- Regensburg Center of Health Sciences and Technology (RCHST)

Darüber hinaus freuen wir uns sehr über die langjährige kontinuierliche Unterstützung mancher Firmen sowie auch über das neue Engagement anderer. Die BVM wäre ohne diese finanzielle Unterstützung in ihrer erfolgreichen Konzeption nicht durchführbar.

### **Platin-Sponsoren**

**Canon Medical Systems GmbH**, Hellersbergstr. 4, 41460 Neuss  
**Continental Engineering Services GmbH**, Breitlacherstr. 94, 60489 Frankfurt  
**DEKOM Engineering GmbH**, Hoheluft-Chaussee 108, 20253 Hamburg  
**Moysis & Partner IT Managementberatung**, Adolfstr. 15, 65343 Eltville

### **Gold-Sponsoren**

**arxes-tolina GmbH**, Piesporter Str. 37, 13088 Berlin  
**Dell Technologies GmbH**, Raffineriestr. 28, 06112 Halle (Saale)  
**Fotofinder Systems GmbH**, Industriestr. 12, 84364 Bad Birnbach  
**ID GmbH & Co KGaA**, Platz vor dem Neuen Tor 2, 10115 Berlin  
**numares AG**, Am BioPark 9, 93053 Regensburg

### **Silber-Sponsoren**

**BioPark Regensburg GmbH**, Am BioPark 13 (BioPark III), 93053 Regensburg  
**Haption GmbH**, Dennewartstr. 25, 52068 Aachen  
**NEXUS/CHILI GmbH**, Friedrich-Ebert-Str. 2, 69221 Dossenheim  
**Olympus Deutschland GmbH**, Amsinckstr. 63, 20097 Hamburg

### **Bronze-Sponsoren**

**1000shapes GmbH**, Hamerlingweg 5, 14167 Berlin  
**AKTORmed GmbH**, Borsigstr. 13, 93092 Barbing  
**Springer Vieweg Verlag**, Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden

## Preisträger der BVM 2020 in Berlin

### Beste wissenschaftliche Arbeiten

1. **Leonie Henschel**

(Forschungsgruppe Bildanalyse (Reuter), Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE), Bonn)

Henschel L, Reuter M:

*Parameter Space CNN for Cortical Surface Segmentation.*

1. **Alexander Preuhs**

(Lehrstuhl für Mustererkennung, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)

Preuhs A, Manhart M, Roser P, Stimpel B, Syben C, Psychogios M, Kowarschik M, Maier A:

*Deep Autofocus with Cone-Beam CT Consistency Constraint.*

3. **Felix Denzinger**

(Lehrstuhl für Mustererkennung, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)

Denzinger F, Wels M, Breininger K, Reidelshöfer A, Eckert J, Sühling M, Schermund A, Maier A:

*Deep Learning Algorithms for Coronary Artery Plaque Characterisation from CCTA Scans.*

### Bester Vortrag

**Marc Aubreville**

(Lehrstuhl für Mustererkennung, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)

Aubreville M, Bertram CA, Jabari S, Marzahl C, Klopffleisch R, Maier A:

*Inter-Species, Inter-Tissue Domain Adaptation for Mitotic Figure Assessment: Learning New Tricks from Old Dogs.*

### Bestes Poster

**Sonja Jäckle**

(Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS, Lübeck)

Jäckle S, García-Vázquez V, Haxthausen F, Eixmann T, Sieren MM, Schulz-Hildebrandt H, Hüttmann G, Ernst F, Kleemann M, Pätz T:

*3D Catheter Guidance Including Shape Sensing for Endovascular Navigation.*

## Vorwort

Die Tagung *Bildverarbeitung für die Medizin (BVM 2021)* wird seit weit mehr als 20 Jahren an wechselnden Orten Deutschlands veranstaltet. Inhaltlich fokussiert sich die BVM dabei auf die computergestützte Analyse medizinischer Bilddaten mit vielfältigen Anwendungsbieten, z.B. im Bereich der Bildgebung, der Diagnostik, der Operationsplanung, der computerunterstützten Intervention und der Visualisierung.

In dieser Zeit hat es bemerkenswerte methodische Weiterentwicklungen und Umbrüche gegeben, an denen die BVM-Community intensiv mitgearbeitet hat. Hervorzuheben ist das Gebiet des Maschinellen Lernens, das gerade für Aufgaben der Klassifikation und Segmentierung, aber zunehmend auch in der Bildregistrierung zu signifikanten Verbesserungen geführt hat. In der Folge dominieren inzwischen Arbeiten im Zusammenhang mit *Deep Learning* die BVM. Auch diese Entwicklungen haben dazu beigetragen, dass die Medizinische Bildverarbeitung an der Schnittstelle zwischen Informatik und Medizin als eine der Schlüsseltechnologien zur Digitalisierung des Gesundheitswesens etabliert ist.

Zentraler Aspekt der BVM ist neben der Darstellung aktueller Forschungsergebnisse schwerpunktmäßig aus der vielfältigen deutschlandweiten BVM-Community insbesondere die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Die Tagung dient vor allem Doktorand\*innen und Postdoktorand\*innen, aber auch Studierenden mit hervorragenden Bachelor- und Masterarbeiten als Plattform, um ihre Arbeiten zu präsentieren, dabei in den fachlichen Diskurs mit der Community zu treten und Netzwerke mit Fachkolleg\*innen zu knüpfen. Trotz der vielen Tagungen und Kongresse, die auch für die Medizinische Bildverarbeitung relevant sind, hat die BVM deshalb nichts von Ihrer Bedeutung und Anziehungskraft eingebüßt und ihren festen Platz im jährlichen Tagungsrhythmus behalten.

Aufbauend auf diesem Fundament gibt es in diesem Jahr einige Neuerungen und Veränderungen. So wird die BVM 2021 erstmalig an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg (OTH Regensburg) ausgerichtet. Regensburg ist nach Aachen, Berlin, Erlangen, Freiburg, Hamburg, Heidelberg, Leipzig, Lübeck und München nicht nur ein neuer Veranstaltungsort. Mit der OTH Regensburg wird die Tagung erstmalig nicht durch eine Universität, eine Universitätsklinik oder ein Helmholtz-Forschungszentrum organisiert, sondern durch eine Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW). Damit wird auch der Weiterentwicklung der Forschungslandschaft in Deutschland Rechnung getragen, wo HAWs zunehmend neben ihrem Fokus auf der Lehre auch in der angewandten Forschung einen wichtigen Beitrag leisten. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den eingereichten Beiträgen zur BVM in den letzten Jahren.

Die OTH Regensburg ist eine sehr forschungsstarke Hochschule mit der größten Informatikfakultät aller HAWs in Bayern. Gerade in den für die BVM relevanten Bereichen gibt es einschlägige Studiengänge: Bachelorstudiengang und Masterschwerpunkt Medizinische Informatik und ein seit Oktober 2020 neu eingeführter Bachelorstudiengang Künstliche Intelligenz und Data Science. Die Tagungsleitung für die BVM 2021 übernimmt Prof. Dr. rer. nat. Christoph Palm,

Leiter des Labors Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), der seit 2017 dem BVM-Komitee angehört und seitdem die Neugestaltung der BVM-Webseite sowie den BVM-Newsletter verantwortet. Während die lokale Organisation in Regensburg liegt, konnte darüber hinaus in bewährter Weise auf die weitere überregionale Organisation durch Fachkollegen des BVM-Komitees aus Berlin, Braunschweig, Erlangen, Heidelberg und Lübeck zurückgegriffen werden.

Neben dem neuen Veranstaltungsort bedingt die Corona-Pandemie eine weitere maßgebliche Veränderung. Nachdem die Präsenzveranstaltung der BVM 2020 in Berlin nur Tage vor dem Start abgesagt werden musste, wird auch in diesem Jahr keine „normale“ BVM wie in den letzten Jahren möglich sein. Derzeit werden zwei Varianten parallel geplant: Bei einer *hybriden Variante* sind nur Vortragende, Sessionchairs und Industrievertreter\*innen vor Ort in Regensburg, der Großteil der Teilnehmenden wird virtuell dazu geschaltet. Über Live-Streaming der Vorträge mit virtueller Fragemöglichkeit und hybride Postersessions soll eine Verzahnung stattfinden. Bei einer *rein virtuellen BVM* sind alle Teilnehmenden im virtuellen Raum, so dass dafür Möglichkeiten der Interaktion und Kommunikation geschaffen werden müssen. Die Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Vorworts die Entscheidung für eine der beiden Varianten noch nicht gefallen ist, zeigt, dass es sich die Veranstalter in Regensburg nicht leicht gemacht haben und in jedem Fall, egal zu welcher Veranstaltungsform es am Ende kommen wird, eine für alle bereichernde Tagung organisieren werden.

Inhaltlich kann auch bei der BVM 2021 ein attraktives und hochklassiges Programm geboten werden. Erfreulicherweise stieg die Zahl der Einreichungen deutlich. So konnten aus 97 Einreichungen über ein anonymisiertes Reviewing-Verfahren mit jeweils drei Reviews 26 Vorträge, 51 Poster und 5 Softwaredemonstrationen angenommen werden. Die drei besten Arbeiten werden mit BVM-Preisen ausgezeichnet, die von einem eigenen Komitee vergeben werden. Alle Beiträge werden auch in diesem Jahr wieder im Springer Verlag in der Reihe Informatik aktuell zu einem Tagungsband zusammengefasst, der zur BVM erscheint.

Das Programm wird durch drei eingeladene Vorträge ergänzt:

- **Prof. Dr. Marleen de Bruijne** vom Erasmus MC, Rotterdam, Niederlande und der University of Copenhagen, Dänemark:  
*Learning from Imperfect Data: Weak Labels, Shifting Domains, and Small Datasets in Medical Imaging*
- **Prof. Dr. Alexandre Xavier Falcão** von der University of Campinas, Brasilien:  
*Interactive Design of Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis*
- **Prof. Dr. Helmut Messmann** vom Universitätsklinikum Augsburg:  
*Artificial Intelligence in Endoscopy*

Außerdem werden im Vorfeld der BVM vier Tutorials angeboten:

- Deep Design Patterns (FAU Erlangen-Nürnberg)
- Advanced Deep Learning (DKFZ Heidelberg)

- Deep Learning in Medical Image Registration (Universität zu Lübeck)
- Of Bones and Muscles – Musculoskeletal Human Body Modelling (OTH Regensburg)

Das Programm und alle weiteren Informationen finden sich unter:

<https://www.bvm-workshop.org>

Zum Schluss möchten wir allen danken, die sich bei der umfangreichen Vorbereitung und Organisation des Workshops engagiert haben: der Gastreferentin und den Gastreferenten, den Autor\*innen der Beiträge, den Referent\*innen der Tutorien, den Sponsoren, dem Programmkomitee, den Fachgesellschaften und den Mitgliedern des BVM-Komitees. Ein besonderer Dank gilt dem lokalen Organisationsteam aus Regensburg: Simone Böttger, Dr. Alexander Leis, Leonard Klausmann, Robert Mendel, Prof. Dr. Christoph Palm, David Rauber, Sümeyye Yildiran und allen weiteren Mitarbeiter\*innen des Labors Regensburg Medical Image Computing der OTH Regensburg.

Wir wünschen allen Teilnehmer\*innen spannende Vorträge, anregende Gespräche über die Poster bzw. Softwaredemonstrationen, mit den industriellen Sponsoren sowie untereinander. Lassen Sie sich auf die neuen Formate ein und nutzen Sie die vielen Möglichkeiten der aktiven Mitgestaltung.

Januar 2021

Christoph Palm (Regensburg)  
Thomas M. Deserno (Braunschweig)  
Heinz Handels (Lübeck)  
Andreas Maier (Erlangen)  
Klaus Maier-Hein (Heidelberg)  
Thomas Tolxdorff (Berlin)

# Inhaltsverzeichnis

Die fortlaufende Nummer am linken Seitenrand entspricht den Beitragsnummern, wie sie im endgültigen Programm des Workshops zu finden sind. Dabei steht V für Vortrag, P für Poster und S für Software demonstration.

---

## Eingeladene Vorträge

V1	<i>Marleen de Bruijne:</i> Learning from Imperfect Data: Weak Labels, Shifting Domains, and Small Datasets in Medical Imaging . . . . .	1
V2	<i>Alexandre Xavier Falcão:</i> Interactive Design of Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis . . . . .	2
V3	<i>Helmut Messmann:</i> Artificial Intelligence in Endoscopy . . . . .	3

## Session 1: U-Net Applications

V4	<i>Tristan M. Gottschalk, Andreas Maier, Florian Kordon, Björn W. Kreher:</i> Learning-based Patch-wise Metal Segmentation with Consistency Check . . . . .	4
V5	<i>Max Dünnwald, Matthew J. Betts, Emrah Düzel, Steffen Oeltze-Jafra:</i> Localization of the Locus Coeruleus in MRI via Coordinate Regression . . . . .	10

V6	<i>Mona Schumacher, Daniela Frey, In Young Ha, Ragnar Bade, Andreas Genz, Mattias Heinrich:</i> Semantically Guided 3D Abdominal Image Registration with Deep Pyramid Feature Learning . . . . .	16
----	---	----

## Session 2: Navigation / Guidance / Visualization

V7	<i>Antonia Stern, Lalith Sharan, Gabriele Romano, Sven Koehler, Matthias Karck, Raffaele De Simone, Ivo Wolf, Sandy Engelhardt:</i> Heatmap-based 2D Landmark Detection with a Varying Number of Landmarks . . . . .	22
V8	<i>Peter Broessner, Benjamin Hohlmann, Klaus Radermacher:</i> Ultrasound-based Navigation of Scaphoid Fracture Surgery . . . . .	28
V9	<i>Sonja Jäckle, Verónica García-Vázquez, Tim Eixmann, Florian Matysiak, Felix von Haxthausen, Malte Sieren, Hin-nerk Schulz-Hildebrandt, Gereon Hüttmann, Floris Ernst, Markus Kleemann, Torben Pätz:</i> Abstract: 3D Guidance Including Shape Sensing of a Stent-graft System . . . . .	34
V10	<i>Katharina Breininger, Marcus Pfister, Markus Kowarschik, Andreas Maier:</i> Abstract: Move Over There: One-click Deformation Cor- rection for Image Fusion during Endovascular Aortic Repair . . . . .	35
V11	<i>Ulrike Sprengel, Patrick Saalfeld, Sarah Mittenentzwei, Moritz Drittel, Belal Neyazi, Philipp Berg, Bernhard Preim, Sylvia Saalfeld:</i> Interactive Visualization of Cerebral Blood Flow for Arte- riovenous Malformation Embolisation . . . . .	36

## Postersession / Software Demonstration I

P1	<i>Philipp Grübel, Ina Laube, Martina Crysandt, Reinhild Herwartz, Melanie Baumann, Barbara M. Klinkhammer, Peter Boor, Tim H. Brümmendorf, Dorit Merhof:</i> Rotation Invariance for Unsupervised Cell Representation Learning: Analysis of The Impact of Enforcing Rotation Invariance or Equivariance on Representation for Cell Classification . . . . .	42
P2	<i>Christian Marzahl, Marc Aubreville, Christof A. Bertram, Jason Stayt, Anne Katherine Jasensky, Florian Barten-schlager, Marco Fragoso, Ann K. Barton, Svenja Elsemann, Samir Jabari, Jens Krauth, Prathmesh Madhu, Jörn Voigt, Jenny Hill, Robert Klopffleisch, Andreas Maier:</i> Abstract: Deep Learning-based Quantification of Pul-monary Hemosiderophages in Cytology Slides . . . . .	48
P3	<i>Philipp Roser, Lina Felsner, Andreas Maier, Christian Riess:</i> Learning the Inverse Weighted Radon Transform . . . . .	49
P4	<i>Junaid R. Rajput, Karthik Shetty, Andreas Maier, Martin Berger:</i> Table Motion Detection in Interventional Coronary Angiography . . . . .	55
P5	<i>Yixing Huang, Leonid Mill, Robert Stoll, Lasse Kling, Oliver Aust, Fabian Wagner, Anika Grüneboom, Georg Schett, Silke Christiansen, Andreas Maier:</i> Semi-permeable Filters for Interior Region of Interest Dose Reduction in X-ray Microscopy . . . . .	61
P6	<i>Giuliano Giacoppo, Anna Tzellou, Joonhwan Kim, Hansoul Kim, Dong-Soo Kwon, Kent W. Stewart, Peter P. Pott:</i> An Optical Colon Contour Tracking System for Robot-aided Colonoscopy: Localization of a Balloon in an Image using the Hough-transform . . . . .	67
P7	<i>Simon Strzeletz, José Moctezuma, Mukesh Shah, Ulrich Hubbe, Harald Hoppe:</i> Externe Ventrikeldrainage mittels Augmented Reality und Peer-to-Peer-Navigation . . . . .	73



P8	<i>Florian Kordon, Andreas Maier, Benedict Swartman, Maxim Privalov, Jan Siad El Barbari, Holger Kunze:</i> Abstract: Contour-based Bone Axis Detection for X-ray-guided Surgery on the Knee . . . . .	79
P9	<i>Marcel Reimann, Weilin Fu, Andreas Maier:</i> Novel Evaluation Metrics for Vascular Structure Segmentation . . .	80
P10	<i>Adarsh Kuzhipathalil, Anto Thomas, Keerthana Chand, Elmer Jeto Gomes Ataide, Alexander Link, Annika Niemann, Sylvia Saalfeld, Michael Friebe, Jens Ziegler:</i> A Machine Learning Approach Towards Fatty Liver Disease Detection in Liver Ultrasound Images . . . . .	86
P11	<i>Vanja Vlasov, Marie Bofferding, Loïc Marx, Chencheng Zhang, Jorge Goncalves, Andreas Husch, Frank Hertel:</i> Automated Deep Learning-based Segmentation of Brain, SEEG and DBS Electrodes on CT Images . . . . .	92
P12	<i>Lis J. Louise P, Klaus Engelke, Oliver Chaudry:</i> Segmentation of the Fascia Lata in Magnetic Resonance Images of the Thigh: Comparison of an Unsupervised Technique with a U-Net in 2D and Patch-wise 3D . . . . .	98
P13	<i>Felix Denzinger, Michael Wels, Katharina Breininger, Mehmet A. Gülsün, Max Schöbinger, Florian André, Sebastian Buß, Johannes Görich, Michael Sühling, Andreas Maier:</i> Abstract: Automatic CAD-RADS Scoring using Deep Learning . . . . .	104
P14	<i>Annika Niemann, Lisa Schneider, Bernhard Preim, Samuel Voß, Philipp Berg, Sylvia Saalfeld:</i> Towards Deep Learning-based Wall Shear Stress Prediction for Intracranial Aneurysms . . . . .	105
P15	<i>Hanna Siebert, Lasse Hansen, Mattias P. Heinrich:</i> Evaluating Design Choices for Deep Learning Registration Networks: Architecture Matters . . . . .	111
P16	<i>Srikrishna Jaganathan, Jian Wang, Anja Borsdorf, Andreas Maier:</i> Learning the Update Operator for 2D/3D Image Registration . . .	117

P17	<i>Hristina Uzunova, Jan Ehrhardt, Heinz Handels:</i> Abstract: Generation of Annotated Brain Tumor MRIs with Tumor-induced Tissue Deformations for Training and Assessment of Neural Networks . . . . .	123
S1	<i>Christian Heinrich, Samad Koita, Mohammad Tafseeque, Nicolai Spicher, Thomas M. Deserno:</i> Abstract: Multi-camera, Multi-person, and Real-time Fall Detection using Long Short Term Memory . . . . .	124
 <b>Session 3: Data Sets / Challenges</b>		
V12	<i>Lasse Hansen, Mattias P. Heinrich:</i> Abstract: Probabilistic Dense Displacement Networks for Medical Image Registration: Contributions to the Learn2Reg Challenge . . . . .	125
V13	<i>Jonas Scherer, Marco Nolden, Jens Kleesiek, Jasmin Metzger, Klaus Kades, Verena Schneider, Hanno Gao, Peter Neher, Ralf Floca, Heinz-Peter Schlemmer, Klaus Maier-Hein, and the DKTK JIP Consortium:</i> Abstract: Joint Imaging Platform for Federated Clinical Data Analytics . . . . .	127
V14	<i>Weilin Fu, Leonid Mill, Stephan Seitz, Tobias Geimer, Lasse Kling, Dennis Possart, Silke Christiansen, Andreas Maier:</i> Towards Mouse Bone X-ray Microscopy Scan Simulation . . . . .	128
V15	<i>Christof A. Bertram, Taryn A. Donovan, Marco Tecilla, Florian Bartenschlager, Marco Fragoso, Frauke Wilm, Christian Marzahl, Katharina Breininger, Andreas Maier, Robert Klopffleisch, Marc Aubreville:</i> Dataset on Bi- and Multi-nucleated Tumor Cells in Canine Cutaneous Mast Cell Tumors . . . . .	134
V16	<i>Michael Götz, Klaus Maier-Hein:</i> Abstract: Data Augmentation for Information Transfer: Why Controlling for Confounding Effects in Radiomic Studies is Important and How to do it . . . . .	140

**Postersession / Software Demonstration II**

- P18 *Philipp Gräbel, Martina Crysandt, Reinhild Herwartz, Melanie Baumann, Barbara M. Klinkhammer, Peter Boor, Tim H. Brümmendorf, Dorit Merhof:*  
Reduction of Stain Variability in Bone Marrow Microscopy Images: Influence of Augmentation and Normalization Methods on Detection and Classification of Hematopoietic Cells . . . 141
- P19 *Christian Marzahl, Christof A. Bertram, Frauke Wilm, Jörn Voigt, Ann K. Barton, Robert Klopffleisch, Katharina Breininger, Andreas Maier, Marc Aubreville:*  
Cell Detection for Asthma on Partially Annotated Whole Slide Images: Learning to be EXACT . . . . . 147
- P20 *Jürgen Friel, Simon Göppel, Markus Haltmeier:*  
Combining Reconstruction and Edge Detection in Computed Tomography . . . . . 153
- P21 *Elisabeth Hoppe, Jens Wetzl, Philipp Roser, Lina Felsner, Alexander Preuhs, Andreas Maier:*  
2D Respiration Navigation Framework for 3D Continuous Cardiac Magnetic Resonance Imaging . . . . . 158
- P22 *Jintian Xu, Chengjin Sun, Yixing Huang, Xiaolin Huang:*  
Residual Neural Network for Filter Kernel Design in Filtered Back-projection for CT Image Reconstruction . . . . . 164
- P23 *Celia Martín Vicario, Florian Kordon, Felix Denzinger, Markus Weiten, Sarina Thomas, Lisa Kausch, Jochen Franke, Holger Keil, Andreas Maier, Holger Kunze:*  
Abstract: Automatic Plane Adjustment in Surgical Cone Beam CT-volumes . . . . . 170
- P24 *Lisa Kausch, Sarina Thomas, Holger Kunze, Maxim Privalov, Sven Vetter, Jochen Franke, Andreas H. Mahnken, Lena Maier-Hein, Klaus Maier-Hein:*  
Abstract: Towards Automatic C-arm Positioning for Standard Projections in Orthopedic Surgery . . . . . 171

P25	<i>Lena Stevanovic, Benjamin J. Mittmann, Florian Pfiz, Michael Braun, Bernd Schmitz, Alfred M. Franz:</i> Open-Science Gefäßphantom für neurovaskuläre Interventionen . . . . .	172
P26	<i>Robert Mendel, Luis Antonio de Souza Jr, David Rauber, João Paulo Papa, Christoph Palm:</i> Abstract: Semi-supervised Segmentation Based on Error-correcting Supervision . . . . .	178
P27	<i>Andreas M. Kist, Michael Döllinger:</i> Abstract: Efficient Biomedical Image Segmentation on EdgeTPUs	179
P28	<i>Laurin Mordhorst, Maria Morozova, Sebastian Papazoglou, Björn Fricke, Jan M. Oeschger, Henriette Rusch, Carsten Jäger, Markus Morawski, Nikolaus Weiskopf, Siawoosh Mohammadi:</i> Human Axon Radii Estimation at MRI Scale: Deep Learning Combined with Large-scale Light Microscopy . . . . .	180
P29	<i>Sarah Wallraff, Sulaiman Vesal, Christopher Syben, Rainer Lutz, Andreas Maier:</i> Age Estimation on Panoramic Dental X-ray Images using Deep Learning . . . . .	186
P30	<i>Christian N. Kruse, Lasse Hansen, Mattias P. Heinrich:</i> Multi-modal Unsupervised Domain Adaptation for Deformable Registration Based on Maximum Classifier Discrepancy . . . . .	192
P31	<i>Marc Aubreville, Christof A. Bertram, Taryn A. Donovan, Christian Marzahl, Andreas Maier, Robert Klopffleisch:</i> Abstract: A Completely Annotated Whole Slide Image Dataset of Canine Breast Cancer to Aid Human Breast Cancer Research . . . . .	198
P32	<i>Jonas Denck, Jens Guehring, Andreas Maier, Eva Rothgang:</i> Acquisition Parameter-conditioned Magnetic Resonance Image-to-image Translation . . . . .	199

P33	<i>Luis A. Souza, Leandro A. Passos, Robert Mendel, Alanna Ebigbo, Andreas Probst, Helmut Messmann, Christoph Palm, João P. Papa:</i> Fine-tuning Generative Adversarial Networks using Meta-heuristics: A Case Study on Barrett’s Esophagus Identification . . .	205
P34	<i>Zijin Yang, Achim Schilling, Andreas Maier, Patrick Krauss:</i> Neural Networks with Fixed Binary Random Projections Improve Accuracy in Classifying Noisy Data . . . . .	211
S2	<i>Karol Gotkowski, Camila Gonzalez, Andreas Bucher, Anirban Mukhopadhyay:</i> M3d-CAM: A PyTorch Library to Generate 3D Attention Maps for Medical Deep Learning . . . . .	217
S3	<i>Felix Denzinger, Michael Wels, Christian Hopfgartner, Jing Lu, Max Schöbinger, Andreas Maier, Michael Sühling:</i> Coronary Plaque Analysis for CT Angiography Clinical Research . .	223

#### **Session 4: Visible Light**

V17	<i>Petr Kuritcyn, Carol I. Geppert, Markus Eckstein, Arndt Hartmann, Thomas Wittenberg, Jakob Decl, Serop Baghdadlian, David Hartmann, Dominik Perrin, Volker Bruns, Michaela Benz:</i> Robust Slide Cartography in Colon Cancer Histology: Evaluation on a Multi-scanner Database . . . . .	229
V18	<i>Ayush Somani, Arif Ahmed Sekh, Ida S. Opstad, Åsa Birna Birgisdottir, Truls Myrmel, Balpreet Singh Ahluwalia, Kri-shna Agarwal, Dilip K. Prasad, Alexander Horsch:</i> Digital Staining of Mitochondria in Label-free Live-cell Microscopy	235

- V19 *Frauke Wilm, Christof A. Bertram, Christian Marzahl, Alexander Bartel, Taryn A. Donovan, Charles-Antoine Assenmacher, Kathrin Becker, Mark Bennett, Sarah Corner, Brieuc Cossic, Daniela Denk, Martina Dettwiler, Beatriz Garcia Gonzalez, Corinne Gurtner, Annabelle Heier, Annika Lehmbecker, Sophie Merz, Stephanie Plog, Anja Schmidt, Franziska Sebastian, Rebecca C. Smedley, Marco Tecilla, Tuddow Thaiwong, Katharina Breiningner, Matti Kiupel, Andreas Maier, Robert Klopffleisch, Marc Aubreville:*  
 Influence of Inter-Annotator Variability on Automatic Mitotic Figure Assessment . . . . . 241

## Session 5: Segmentation and Regression

- V20 *Johannes Felde, Thomas Wagner, Hans Lamecker, Christian Doenitz, Lina Gundelwein:*  
 Automatic Vessel Segmentation and Aneurysm Detection Pipeline for Numerical Fluid Analysis . . . . . 247
- V21 *Frederic Madesta, Rüdiger Schmitz, Thomas Rösch, René Werner:*  
 Abstract: Widening the Focus: Biomedical Image Segmentation Challenges and the Underestimated Role of Patch Sampling and Inference Strategies . . . . . 253
- V22 *Alexander Bigalke, Lasse Hansen, Mattias P. Heinrich:*  
 End-to-end Learning of Body Weight Prediction from Point Clouds with Basis Point Sets . . . . . 254

## Postersession / Software Demonstration III

- P35 *Marc Aubreville, Christof A. Bertram, Christian Marzahl, Corinne Gurtner, Martina Dettwiler, Anja Schmidt, Florian Bartenschlager, Sophie Merz, Marco Fragoso, Olivia Kershaw, Robert Klopffleisch, Andreas Maier:*  
 Abstract: Deep Learning Algorithms Out-perform Veterinary Pathologists in Detecting the Mitotically Most Active Tumor Region . . . . . 260

- P36 *Lennart Husvogt, Stefan B. Ploner, Siyu Chen, Daniel Stromer, Julia Schottenhamml, Yasin Alibhai, Eric Moul, Nadia K. Waheed, James G. Fujimoto, Andreas Maier:*  
Abstract: Maximum A-posteriori Signal Recovery for OCT Angiography Image Generation . . . . . 261
- P37 *Philipp Roser, Xia Zhong, Annette Birkhold, Alexander Preuhs, Christopher Syben, Elisabeth Hoppe, Norbert Strobel, Markus Kowarschik, Rebecca Fahrig, Andreas Maier:*  
Abstract: Simultaneous Estimation of X-ray Back-scatter and Forward-scatter using Multi-task Learning . . . . . 262
- P38 *Astrid Franz, Alexander Schmidt-Richberg, Eliza Orasanu, Cristian Lorenz:*  
Deep Learning-based Spine Centerline Extraction in Fetal Ultrasound . . . . . 263
- P39 *Peter M. Full, Fabian Isensee, Paul F. Jäger, Klaus Maier-Hein:*  
Abstract: Studying Robustness of Semantic Segmentation under Domain Shift in Cardiac MRI . . . . . 269
- P40 *Tatyana Ivanovska, Andrian O. Paulus, Robert Martin, Babak Panahi, Arndt Schilling:*  
On Efficient Extraction of Pelvis Region from CT Data . . . . . 270
- P41 *Insa Lange, Fabian Jacob, Alex Frydrychowicz, Heinz Handels, Jan Ehrhardt:*  
CT Normalization by Paired Image-to-image Translation for Lung Emphysema Quantification . . . . . 276
- P42 *Dalia Rodríguez-Salas, Mathias Seuret, Sulaiman Vesal, Andreas Maier:*  
Ultrasound Breast Lesion Detection using Extracted Attention Maps from a Weakly Supervised Convolutional Neural Network . . . . . 282
- P43 *Sebastian Gündel, Arnaud A. A. Setio, Sasa Grbic, Andreas Maier, Dorin Comaniciu:*  
Abstract: Extracting and Leveraging Nodule Features with Lung Inpainting for Local Feature Augmentation . . . . . 288

- P44 *Shuqing Chen, Daniel Stromer, Harb Alnasser Alabdallah, Stefan Schwab, Markus Weih, Andreas Maier:*  
 Abstract: Automatic Dementia Screening and Scoring by Applying Deep Learning on Clock-drawing Tests . . . . . 289
- P45 *Karthik Shetty, Annette Birkhold, Norbert Strobel, Bernhard Egger, Srikrishna Jaganathan, Markus Kowarschik, Andreas Maier:*  
 Deep Learning Compatible Differentiable X-ray Projections for Inverse Rendering . . . . . 290
- P46 *Christian Marzahl, Christof A. Bertram, Marc Aubreville, Anne Petrick, Kristina Weiler, Agnes C. Gläsel, Marco Fragoso, Sophie Merz, Florian Bartenschlager, Judith Hoppe, Alina Langenhagen, Anne Katherine Jasensky, Jörn Voigt, Robert Klopffleisch, Andreas Maier:*  
 Abstract: Are Fast Labeling Methods Reliable?: A Case Study of Computer-aided Expert Annotations on Microscopy Slides . . . . . 296
- P47 *Maximilian Nielsen, Moritz Waldmann, Thilo Sentker, Andreas Frölich, Jens Fiebler, René Werner:*  
 Abstract: Time Matters: Handling Spatio-temporal Perfusion Information for Automated Treatment in Cerebral Ischemia Scoring . . . . . 297
- P48 *Ralf Hackner, Sina Walluscheck, Edgar Lehmann, Thomas Eixelberger, Volker Bruns, Thomas Wittenberg:*  
 A Geometric and Textural Model of the Colon as Ground Truth for Deep Learning-based 3D-reconstruction . . . . . 298
- P49 *Carina Tschigor, Grzegorz Chlebus, Christian Schumann:*  
 Deep Learning-basierte Oberflächenrekonstruktion aus Binärmasken 304
- P50 *Purvi Tripathi, Richard Obler, Andreas Maier, Hendrik Janssen:*  
 A Novel Trilateral Filter for Digital Subtraction Angiography . . . 310
- P51 *Mayank Patwari, Ralf Gutjahr, Rainer Raupach, Andreas Maier:*  
 Abstract: JBFnet: Low Dose CT-denoising by Trainable Joint Bilateral Filtering . . . . . 316



S4	<i>Martin Dyrba, Moritz Hanzig:</i> Interactive Visualization of 3D CNN Relevance Maps to Aid Model Comprehensibility: Application to the Detection of Alzheimer’s Disease in MRI Images . . . . .	317
S5	<i>Florian Thamm, Markus Jürgens, Hendrik Ditt, Andreas Maier:</i> Abstract: VirtualDSA++: Automated Segmentation, Vessel Labeling, Occlusion Detection, and Graph Search on CT Angiography Data . . . . .	323

## Session 6: Imaging and Image Reconstruction

V23	<i>Jan Macdonald, Maximilian März, Luis Oala, Wojciech Samek:</i> Interval Neural Networks as Instability Detectors for Image Reconstructions . . . . .	324
V24	<i>Jan-Hinrich Nölke, Tim Adler, Janek Gröhl, Thomas Kirchner, Lynton Ardizzone, Carsten Rother, Ullrich Köthe, Lena Maier-Hein:</i> Invertible Neural Networks for Uncertainty Quantification in Photoacoustic Imaging . . . . .	330
V25	<i>Jennifer Maier, Marlies Nitschke, Jang-Hwan Choi, Garry Gold, Rebecca Fahrig, Bjoern M. Eskofier, Andreas Maier:</i> Abstract: Inertial Measurements for Motion Compensation in Weight-bearing Cone-beam CT of the Knee . . . . .	336
V26	<i>Ivo M. Baltruschat, Patryk Szwargulski, Florian Griese, Mirco Grosser, Rene Werner, Tobias Knopp:</i> Abstract: Reduktion der Kalibrierungszeit für die Magnetpartikelbildung mittels Deep Learning . . . . .	337

## Session 7: Autoencoder

V27	<i>Leon Weninger, Maxim Drobjasko, Chuh-Hyoun Na, Kerstin Jütten, Dorit Merhof:</i> Autoencoder-based Quality Assessment for Synthetic Diffusion-MRI Data . . . . .	338
-----	--	-----

V28	<i>Hristina Uzunova, Jesse Kruse, Paul Kaftan, Matthias Wilms, Nils D. Forkert, Heinz Handels, Jan Ehrhardt:</i> Analysis of Generative Shape Modeling Approaches: Latent Space Properties and Interpretability . . . . .	344
V29	<i>Florian Kordon, Andreas Maier, Holger Kunze:</i> Latent Shape Constraint for Anatomical Landmark Detection on Spine Radiographs . . . . .	350
<b>Autorenverzeichnis . . . . .</b>		<b>357</b>



# Learning from Imperfect Data

## Weak Labels, Shifting Domains, and Small Datasets in Medical Imaging

Marleen de Bruijne<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Erasmus MC, Rotterdam, The Netherlands

<sup>2</sup>University of Copenhagen, Denmark

marleen.de.bruijne@gmail.com

Machine learning approaches, and especially deep neural networks, have had tremendous success in medical imaging in the past few years. Machine learning-based image reconstruction techniques are used to acquire high-resolution images at a much faster pace than before. Automated, quantitative image analysis with convolutional neural networks is as accurate as the assessment of an expert observer. Imaging biomarkers extracted via machine learning improve diagnosis, prognosis, and treatment decisions, and the first autonomous AI systems have been approved for diagnostic use and for patient triage in emergency radiology settings.

Machine learning however requires training datasets that are representative of the target data to analyze, cover the range of variation that will be observed in the target data, and are carefully labelled, often with time-consuming manual annotation strategies that require input from clinical experts. This hampers the adoption of machine learning in many medical image analysis tasks. In this talk, various approaches are discussed to make machine learning techniques work in practical situations, where training data is limited, data is highly heterogeneous, annotations are difficult to obtain or may be wrong, and training data may not be representative. Possible solutions include semi-supervised and weakly labeled learning, domain adaptation, and crowd-sourcing of visual analysis.

The potential of direct, machine learning-based diagnostics and prognostics is also discussed. Currently, most quantitative imaging biomarkers used for diagnosis and prognosis are factors that are already well-known to indicate disease. With such image quantification designed by experts—and AI models trained to mimic these experts—simplifications are made and the focus is on a small number of easily quantifiable image aspects. Machine learning enables a new, more data-driven approach. Image characteristics related to disease outcome can be learned directly from databases that combine medical imaging data with patient outcomes (e.g., the clinical diagnosis, therapy outcome, or future disease progression). This fully exploits the rich information present in medical imaging data and does not require time-consuming and error-prone manual annotations. This can result in stronger, more predictive imaging biomarkers, which is emphasized on applications in neuro-, pulmonary, and vascular imaging.



# Interactive Design of Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis

Alexandre Xavier Falcão

Institute of Computing, University of Campinas, Brazil  
afalcao@ic.unicamp.br

Convolutional neural networks (CNNs) have played a role in image analysis with several well-succeeded applications involving object detection, segmentation, and identification. The design of a CNN model traditionally relies on the pre-annotation of a large dataset, the choice of the model's architecture, and the tuning of the training hyperparameters. These models are sought as “black-boxes”, implying that one cannot explain their decisions. Explainable artificial intelligence (XAI) has appeared to address the problem and avoid the wrong interpretation of the results. However, the importance of user and designer participation in the machine learning loop has called little attention yet.

In medical image computing, data annotation is costly, often scarce, and depends on an expert in the application domain (the user). The choice of the model's architecture and the training hyperparameter tuning rely on the network designer (an expert in AI). The user absence in the machine learning loop leaves essential questions with no answer (e.g., what are the most relevant samples for annotation?), while the lack of interactive methodologies to learn filters and model's architecture limits the designer to the interpretation of the model. The user and designer should then actively participate in the data annotation and training processes, both assisted by the machine, to increase human understanding and control, reduce human effort, and improve interpretation of the results.

This lecture addresses part of the above problems by presenting an interactive methodology for the design of CNN filters from markers in medical images, and a semi-automatic data annotation method guided by feature projection. The user starts the training process by selecting a few images per class and drawing strokes (markers) in regions that discriminate the classes. The designer defines an initial network architecture, and the filters of the CNN are automatically computed with no need for backpropagation. The user and designer may decide about the most suitable filters based on data visualization. The image features extracted by the CNN are projected in 2D for semi-automatic data annotation. The user analyzes the 2D projection, annotates the most challenging samples, while a semi-supervised classifier propagates the labels to the remaining ones. The annotated dataset can then be used to revisit the design of the CNN model, as illustrated for applications of medical image computing.



# Artificial Intelligence in Endoscopy

Helmut Messmann

III. Medizinische Klinik, Universitätsklinikum Augsburg  
helmut.messmann@uk-augsburg.de

Artificial intelligence (AI) will revolutionize our daily life and will have tremendous impact on health care. Especially the influence in disciplines where imaging plays an important role seems to be substantial. Radiology, pathology and endoscopy will benefit from these developments. So far diagnosis of diseases by using images is based on the experience of the physician (radiologist, pathologist, endoscopist) and highly subjective with low inter- and intra-observer agreement.

Meanwhile AI has become routine in some parts of endoscopy such as screening colonoscopy. The quality of screening endoscopy depends on the number of detected polyps, which is called adenoma detection rate (ADR). Usually an ADR of at least 20% (women) or 25% (men) is recommended. Different techniques such as (virtual) chromo-endoscopy, caps on the distal end of the endoscope or optimizing withdrawal time have shown to increase ADR. By using AI first randomized trials could show a significant increase of ADR, mainly for small polyps (< 5mm). However, it is questionable whether these small polyps have any clinical impact. Besides detection the differentiation of polyps is of major impact. First prototypes showed the possibility to differentiate adenoma from non-adenoma polyps which is of clinical relevance.

Meanwhile similar efforts are made for gastric cancer or esophageal cancer. Our group was the first worldwide to show that AI can differentiate normal Barrett mucosa from dysplastic mucosa, which is a precursor of cancer. Meanwhile we are able to detect cancer real time during endoscopy.

Besides detection and differentiation of polyps and cancer the invasion depth of a cancer is of clinical importance. Usually endoscopic ultrasound is used for staging early cancers to predict whether endoscopic treatment or surgery is necessary. AI seems to have the potential to diagnose the invasion depth of early tumors and so guiding the optimal therapy.

In addition AI can control the endoscopist during his procedure to avoid incomplete visual observation of the Gi-tract.



# Learning-based Patch-wise Metal Segmentation with Consistency Check

Tristan M. Gottschalk<sup>1,2,3</sup>, Andreas Maier<sup>1,3,4</sup>, Florian Kordon<sup>1,2,3</sup>,  
Björn W. Kreher<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pattern Recognition Lab, Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Erlangen

<sup>2</sup>Siemens Healthcare GmbH, Forchheim

<sup>3</sup>Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies (SAOT), Universität  
Erlangen-Nürnberg (FAU), Erlangen

<sup>4</sup>Machine Intelligence, Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Erlangen

Tristan.Gottschalk@fau.de

**Abstract.** Metal implants that are inserted into the patient's body during trauma interventions cause heavy artifacts in 3D X-ray acquisitions. Metal Artifact Reduction (MAR) methods, whose first step is always a segmentation of the present metal objects, try to remove these artifacts. Thereby, the segmentation is a crucial task which has strong influence on the MAR's outcome. This study proposes and evaluates a learning-based patch-wise segmentation network and a newly proposed Consistency Check as post-processing step. The combination of the learned segmentation and Consistency Check reaches a high segmentation performance with an average IoU score of 0.924 on the test set. Furthermore, the Consistency Check proves the ability to significantly reduce false positive segmentations whilst simultaneously ensuring consistent segmentations.

## 1 Introduction

Trauma interventions regularly require an intraoperative evaluation of the correct positioning of inserted metallic implants. This oftentimes not only includes a 2D- but also a 3D-X-ray scan performed by a mobile C-arm. Due to heavy image artifacts caused by the inserted implants the surgeon is in need of a well functioning metal artifact reduction method (MAR). Thereby, the overall ability of the particular MAR method to reduce the artifacts heavily depends on the quality of the so-called metal segmentation [1]. Experiments show that missed metal parts in the segmentation lead to still present streak artifacts in the reconstructions even after the MAR, whereas falsely segmented anatomical structures lead to a blurred or even vanished representation. Such segmentation can be done in the 2D projections as well as in the corresponding 3D reconstructed volume. Whereas classic MAR methods like normalized and frequency split metal artifact reduction method (NMAR,FSMAR) [2, 3] use advanced threshold-based