

PIVlab

Visualisierung und Evaluation von Strömungen für Forschung, Industrie und Lehre

MATLAB EXPO 2019 DEUTSCHLAND

Session: Analyse von 3D-Signalen

William Thielicke

2. Juli | München

pivlab.blogspot.com

Dr. William Thielicke

w.th@gmx.de
william.thielicke.org

- Studium Biologie / Bionik in Berlin / Darmstadt / Groningen
 - Wissenschaftlicher Mitarbeiter Hochschule Bremen (Bionik)
 - Promotion: 'Unsteady aerodynamics of flapping wings'
-
- Drohnenentwicklung seit 2007 (Mechanik, Elektronik, Regelung)
 - Softwareentwicklung (z.B. PIVlab)
 - Jetzt: Projekt- und Applikationsingenieur
- OPTOLUTION Messtechnik GmbH**

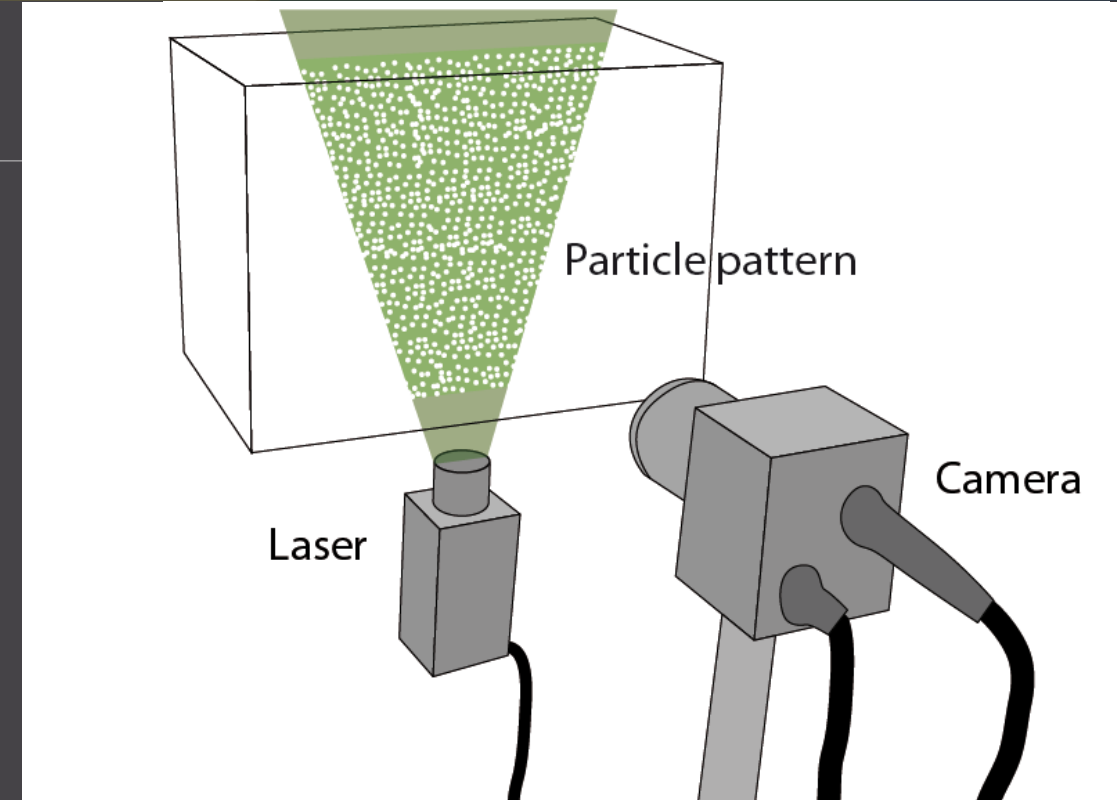


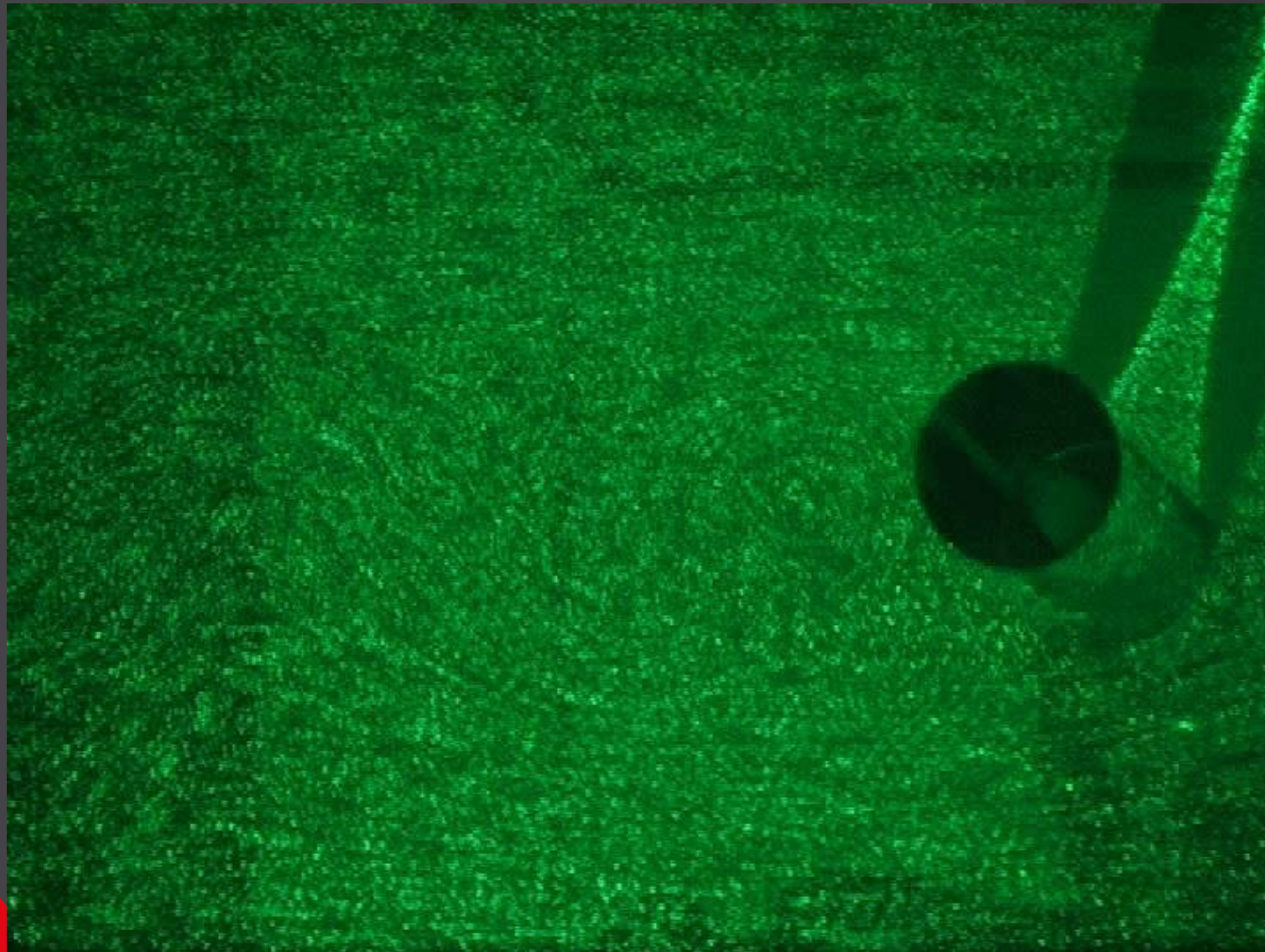
- Fluid ist (meist) homogen, Umströmung nicht direkt sichtbar
- Verschiedene Methoden qualitativer Visualisierung:
 - Fäden
 - Rauch
 - Tinte, ...



Visualisierung und Evaluation

- (Particle) Image Velocimetry
 - Prinzip: Fluid wird mit reflektierenden Partikeln (ca. gleicher Dichte) versehen.
 - Licht beleuchtet eine Ebene im Fluid
→ in dieser Ebene werden Partikel sichtbar, andere bleiben unsichtbar
 - Mittlerweile häufig: PIV zur Erfassung von **allgemeinen** "Texturbewegungen"





- Berechnen der Geschwindigkeit der Partikel
= Verschiebung pro Zeit
- → Vergleich zweier aufeinanderfolgenden
Bilder, bei bekanntem Zeitabstand
- Wie kann der Versatz der Partikel / Textur
automatisch & effizient bestimmt werden?

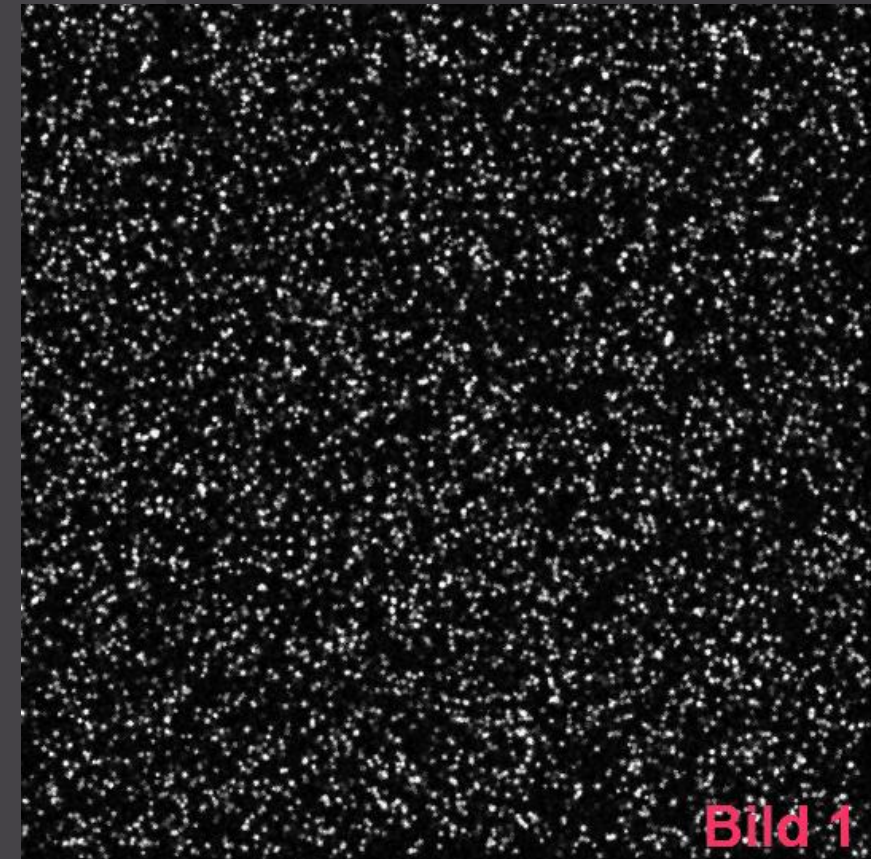
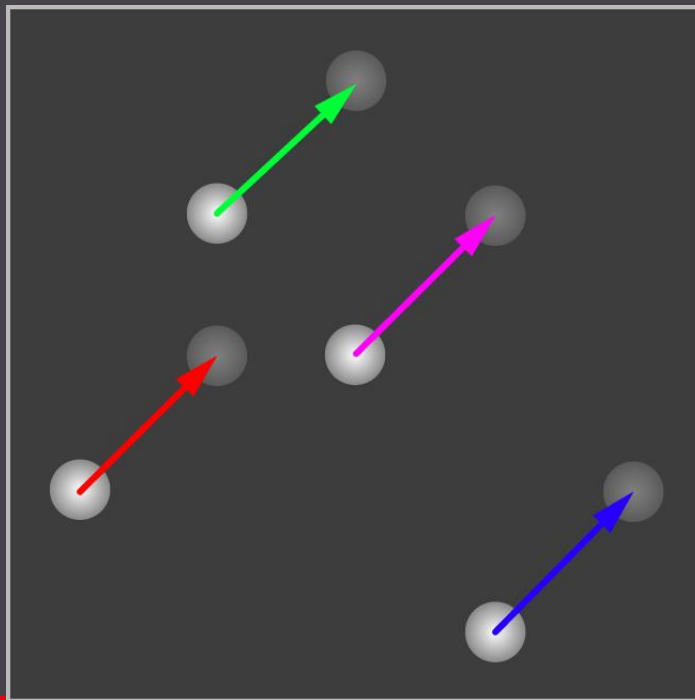


Bild 1

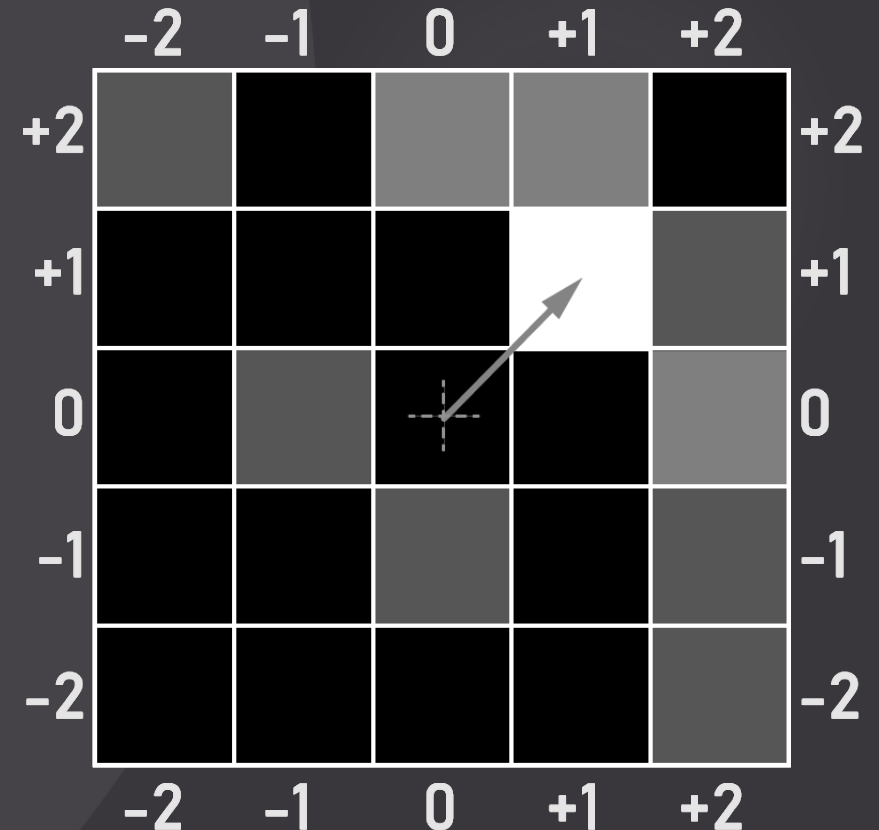
Kreuzkorrelation

- Unterteilung beider Bilder in kleine “Sub-Bilder” (interrogation areas, meist überlappend, z.B. 32*32 px)
- Für jedes “Sub-Bild”: Kreuzkorrelation

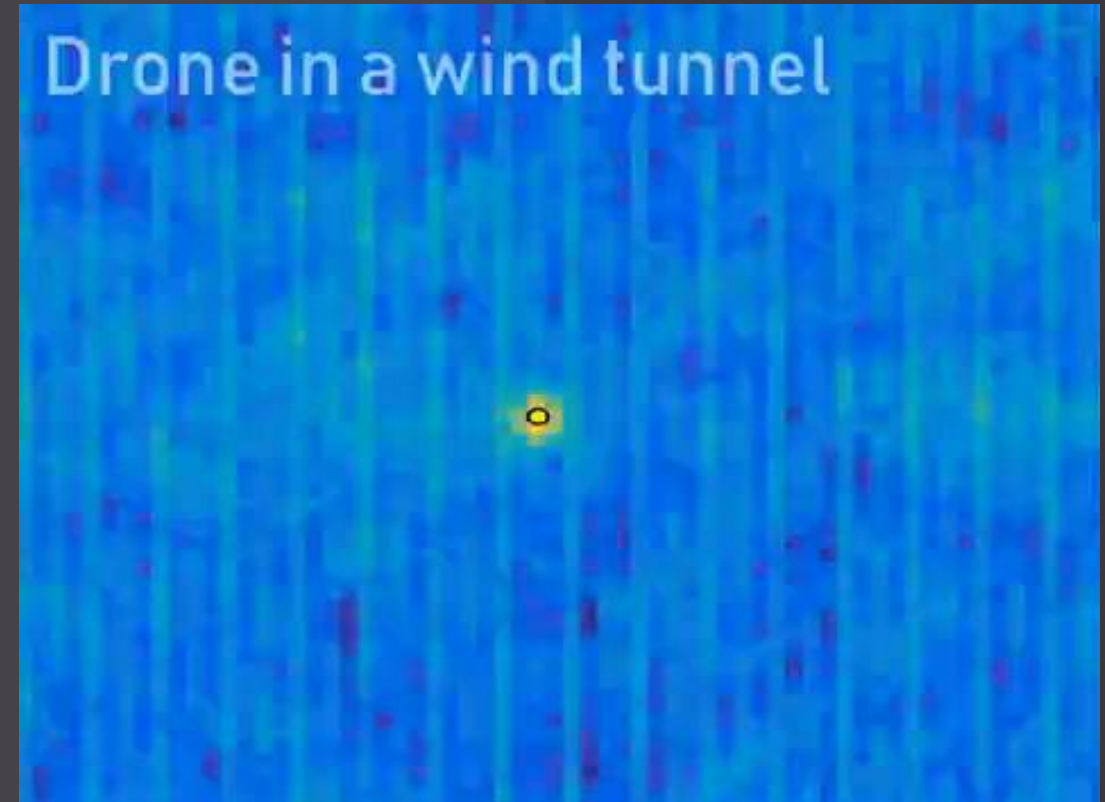
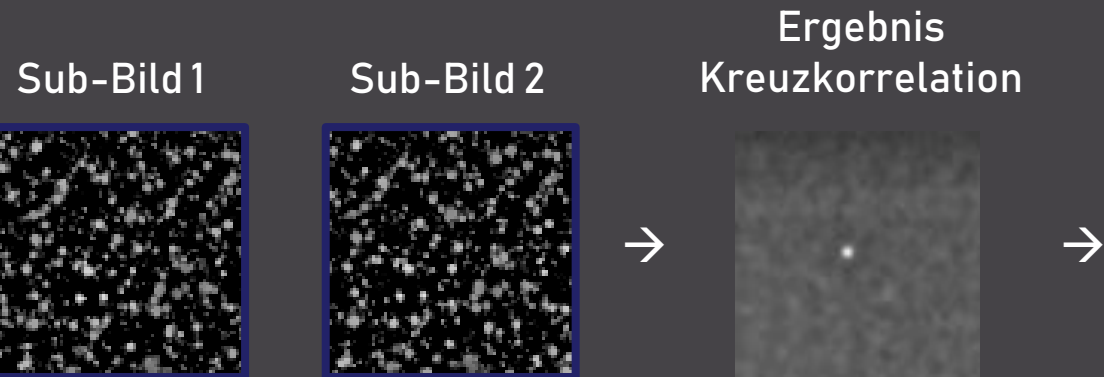


$t = 0; x \neq 0, y \neq 0$

Partikelbild(er)

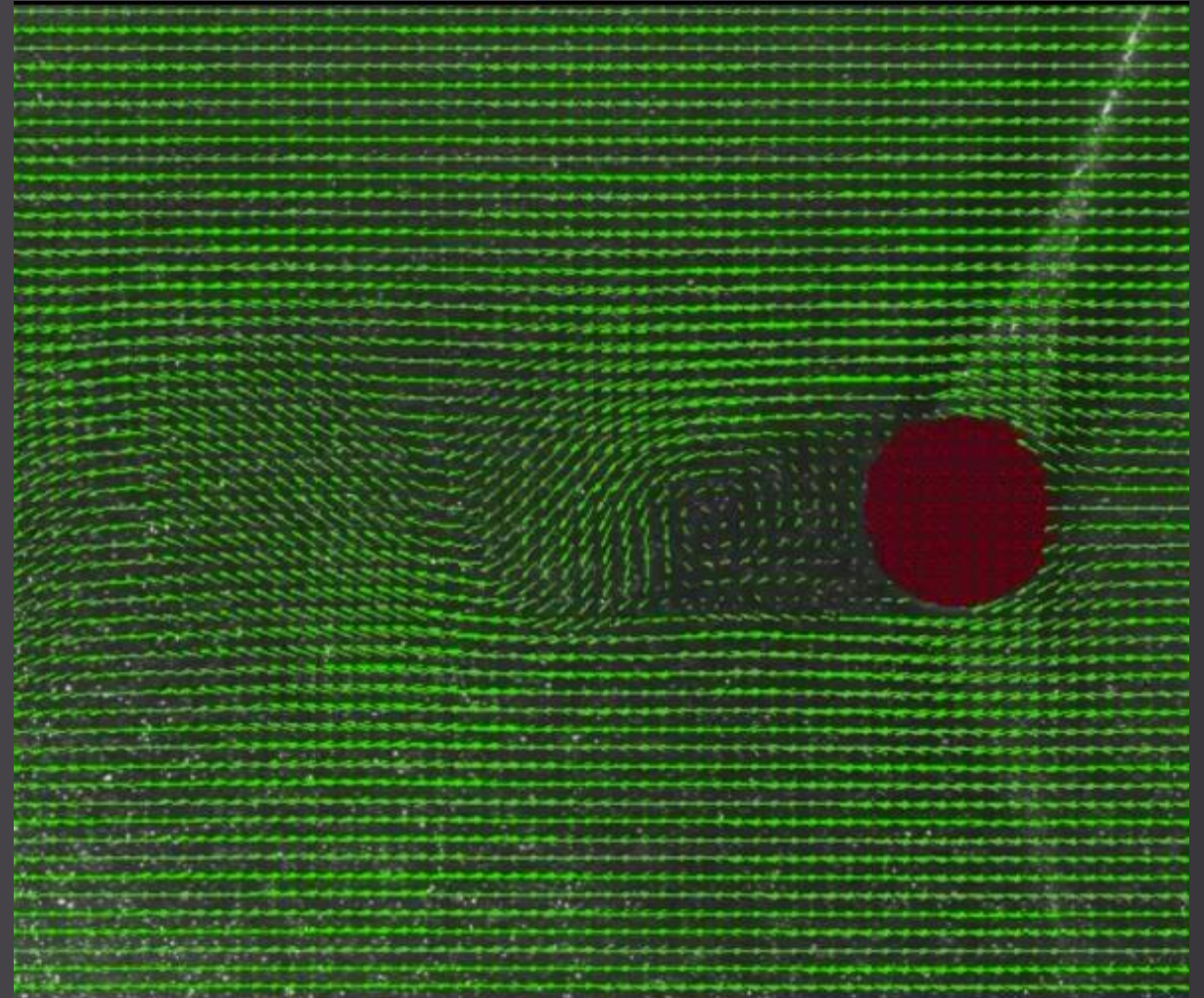


Korrelationsmatrix



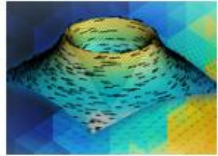
→ Bestimmung der Peakposition
mit Subpixelgenauigkeit (fitten
einer Funktion)

- Prozess wird für alle “Sub-Bilder” ausgeführt
- Ergebnis: Hochauflösendes Vektorfeld mit wahrscheinlichsten Geschwindigkeiten von Partikelgruppen innerhalb eines “Sub-Bildes”



Warum MATLAB basiertes Tool?

- **Eigener Antrieb 2009: Lernen von MATLAB und GUI Programmierung**
 - Projekt „PIVy“ für Eigenbedarf, dann Erweiterung zu „PIVlab“ für eigene Arbeitsgruppe und andere Forscher
 - Zusammenarbeit mit Prof. Eize J. Stamhuis (= Doktorvater)
 - Mittlerweile Hobbyprojekt
- **Zielgruppe: Forscher an Unis und Instituten**
 - MATLAB vorhanden und bekannt
 - File Exchange populär
- Erweiterung / Veränderung / Automatisierung für User einfach möglich
- MATLAB online: PIVlab überall nutzen...
- **Lizenzgebühren für MATLAB Updates werden von den PIVlab Nutzern gesponsort**



PIVlab - particle image velocimetry (PIV) tool

version 2.02 (16.1 MB) by [William Thielicke](#)

Easy to use, GUI based tool to analyze, validate, postprocess, visualize and simulate PIV data.

<http://pivlab.blogspot.com/>

Downloads

Last 30 days: 671
All time: 45,693

★★★★★ 85 Ratings

671 Downloads

Updated 01 Mar 2019

[View License](#)

Editor's Note: Popular File [2018](#)

Comprehensive, easy-to-use particle image velocimetry tool

Posted by **Brett Shoelson**, February 1, 2019

Brett's Pick this week is [PIVLab](#), by [William Thielicke](#).

[ARTIKEL](#)

[ZITIERT VON](#)

[KOAUTOREN](#)



ZITIERT VON



[PIVlab—towards user-friendly, affordable and accurate digital particle image velocimetry in MATLAB](#)

W Thielicke, E Stamhuis

Journal of Open Research Software 2 (1), 2014

833



• Forum

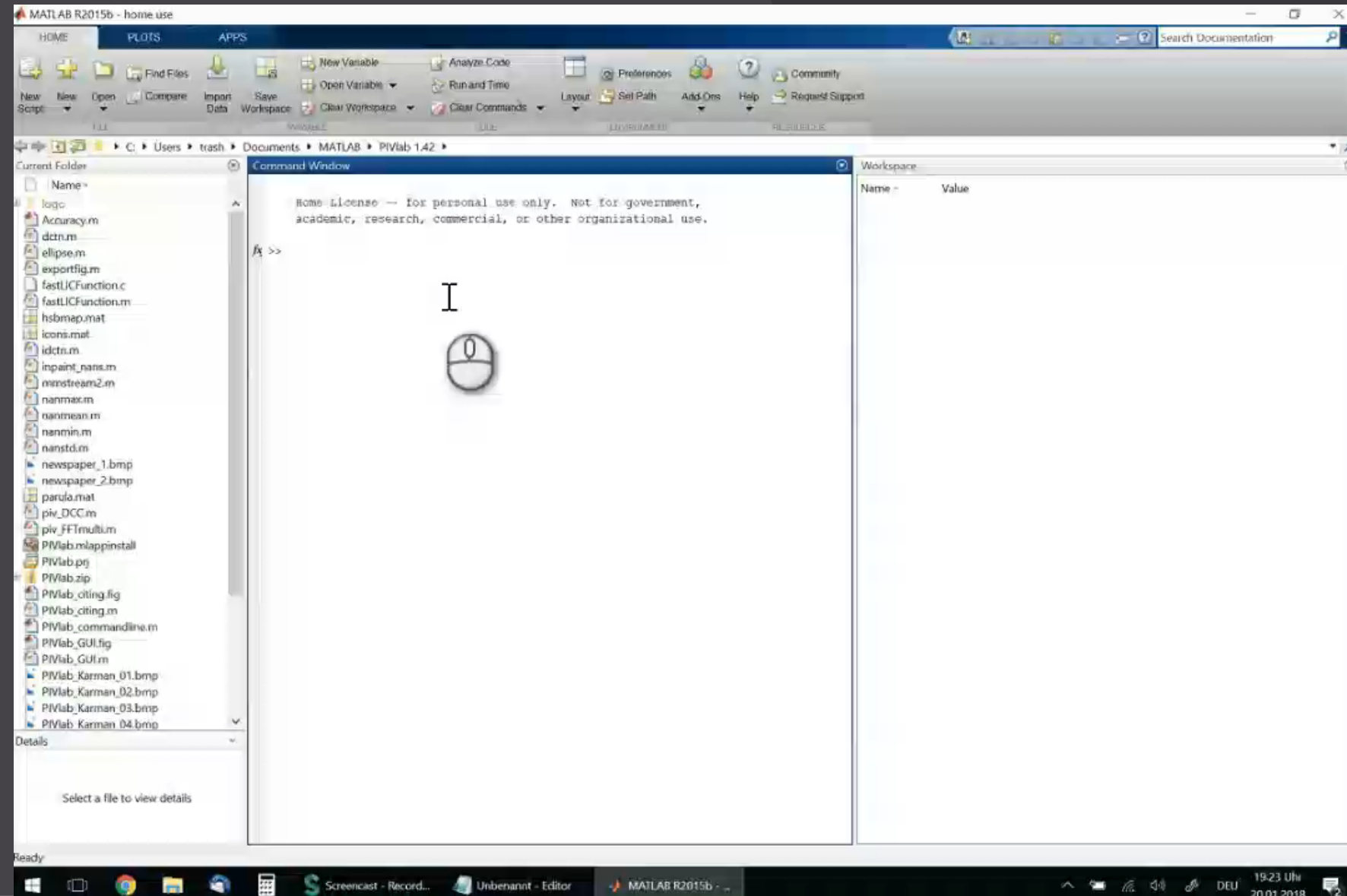
- Fragen direkt mit Daten einstellen
- Ca. 2 Beiträge pro Tag

• Blog

- Programm Updates
- Neuigkeiten

PIVlab GUI

- Ursprünglich GUIDE
 - Jetzt: Alles m-code
- Vorbereitung der Bilder
- PIV Analyse
- Darstellung abgeleiteter Parameter
- Export als Bild / Video, ...
- Datenextraktion an Linien / Flächen, Integralbildung
- Statistiken,
- Hintergrundsignal,
- **Partikelbildgenerator**
- ...



PIVlab GUI

Save as Paraview vtk file

Save current frame

Save all frames

Images (CTRL+N)

Load images

Image list empty.

Use the scrollbar in the "Tools" panel to display the images

Skip files (optional):
keep image nr. 1 and 2, remove x images, keep image nr. x+1 and x+2, remove x images etc...

x = 0

Apply

N/A

Exclusions (CTRL+E)

Region of interest

ROI inactive

Select ROI Clear ROI

x: y: width: height:

Object mask:

Mask inactive

Draw mask(s) for current frame

Apply current mask(s) to frames:

Apply to frames: 1.end

Clear current mask(s)

Clear all masks

Load external masks

Image pre-processing (CTRL+I)

☒ Enable CLAHE

Window size [px] 20

☒ Enable highpass

Filter size [px] 15

☐ Enable intensity capping

☐ Wiener2 denoise filter

Window size [px] 15

☒ Auto contrast stretch

minimum: maximum:

0 1

Preview current frame

Background subtraction GUI

PIV settings (CTRL+S)

PIV algorithm:

☒ FFT window deformation

☐ DCC (deprecated)

Pass 1

Interrogation area [px] Step [px]

64 32

N/A

Pass 2..4

Interrogation area [px] Step [px]

☒ Pass 2: 32 16

☐ Pass 3: 16 8

☐ Pass 4: 16 8

Window deformation interpolator:

"linear"

Sub-pixel estimator

Gauss 2x3-point

☐ 4 * repeated correlation

☐ Disable auto-correlation

Analyze (CTRL+A)

Analyze current frame

Analyze all frames Cancel

Clear all results

Frame progress: N/A

Total progress: N/A

Time left: N/A

N/A

Vector validation (CTRL+V)

Select velocity limits

☐ display all frames in scatterplot

Limit inactive

Clear limits

☒ Stdev filter

Threshold [n*stdev] 4.7

☐ Local median filter

Threshold 5

Epsilon 0.1

Manually reject vector

☒ Interpolate missing data

Apply to current frame

Apply to all frames

Undo all validations (all frames)

Calibration (CTRL+Z)

(applies to all frames)

Load calibration image (opt.)

Select reference distance

Real distance [mm] 1

time step [ms] 1

Clear calibration

inactive

Apply calibration

Derive parameters (CTRL+D)

Display parameter

LIC resolution: 0.7

N/A

☐ Smooth data

Strength: 1

Subtract flow

u: 0 mean u

v: 0 mean v

Colormap limits: ☒ autoscale map

min: max:

-1 1

☐ Highpass vector field

Strength: 1

Apply to current frame

Apply to all frames

Calculate means

Used frames to calc mean: 1.end

Calculate mean vectors

Modify plot appearance (CTRL+M)

Vector scale:

5 ☐ Autoscale

0.5 Vector linewidth

plot every nth vector, n = 1

Vector colors

R G B [0..1]

0 1 0 valid vectors

0 0 0 valid vectors with derivatives

1 0.5 0 interpol. vectors

Derived parameters only

Color map

Parula

☐ Displaying instead of mask

☐ Display color bar, position:

South

Apply

Export as ASCII chart

☒ Add file info

☒ Add column headers

☐ Include derivatives

Delimiter

comma

Export current frame

Export all frames

Save as MATLAB file

☐ Include derivatives

Save current frame

Save all frames

Extract parameters from poly-line (CTRL+P)

Draw a line/ circle and extract derived parameters along it.

Draw a poly line by clicking with left mouse button. Right mouse button ends the poly line. Draw a circle by clicking twice with left mouse button. First click is for the centre, second click for radius.

Type:

Polyline

Draw!

Parameter:

N/A

Nr. of interpolated points: 300

Plot data Clear plot

Save extraction(s)

☐ Do and save extractions for all frames

Save result as ASCII chart

Measure distance & angle (CTRL+T)

Distance & angle

Set points

Length red: N/A

Length blue: N/A

Length green: N/A

Angle red/green [°]: N/A

Angle blue/green [°]: N/A

Markers

Highlight points in the analyses. The markers will be memorized even if a new session is started.

☒ hold markers

Set markers Clear markers

☒ Display markers

Statistics (CTRL+B)

mean u: N/A

mean v: N/A

Histogram plot

u bins: 100

Histogram

Scatter plot u & v

Particle image generation (CTRL+G)

Flow simulation:

Rankine vortex

Image size x [px] 800

Image size y [px] 600

Particle simulation

Nr. of particles 200000

Particle diameter [px] 3

Size variation [px] 0.5

Sheet thickness [0..1] 0.5

Noise 0.001

Random z position [%] 10

Rankine vortex

Single vortex

Core radius [px] 100

Max displacement [px] 5

Vortex 1 centre Vortex 2 centre

x 200 x 600

y 300 y 300

N/A

Create images Save images

Save image sequence

First frame Last frame

Edit Text Edit Text

☒ AVI file

☐ JPG

☐ BMP

☐ EPS

☐ PDF

☐ use compression

fps 20

Save current frame

Save frame sequence

Extract parameters from area (CTRL+Q)

Select desired parameter and type of area operation. Then click "Draw" to specify the area. (calculations are based on full cells inside the selected region)

Type:

Area mean value

Parameter:

Vorticity

Selection procedure

1st click: centre of structure

2nd click: upper limit

3rd click: lower limit

4th click: left limit

5th click: right limit

☐ Use threshold

Threshold

> ~ 0

Radius increase [%] 200

☐ save result as ASCII chart

☐ Do and save extractions for all frames

Draw area

Streamlines

Streamlines are global, that means that they apply to all frames of the current session

☒ hold streamlines

Draw streamlines

Draw streamline rake

Amount of streamlines on rake

10

Delete streamlines

Color y

Line width 1

Apply color & width

Export as TECPLOT file

☐ Include derivatives

Export current frame

Export all frames

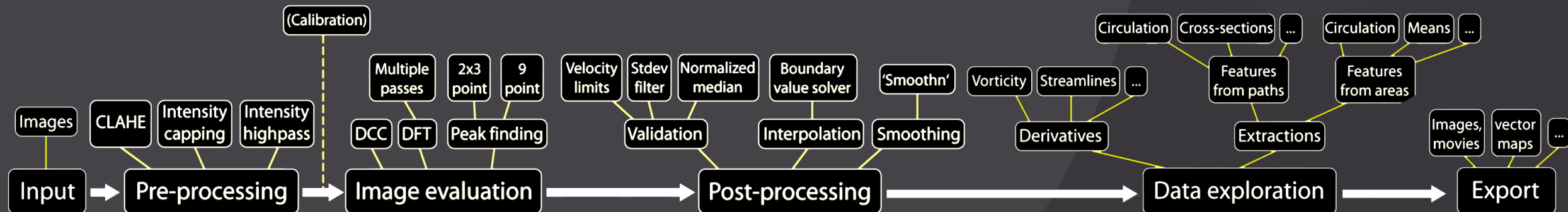
Erweiterte Features in PIVlab und Validierungen

Menüstruktur:

 PIVlab 2.03 by W. Thielicke and E.J. Stamhuis

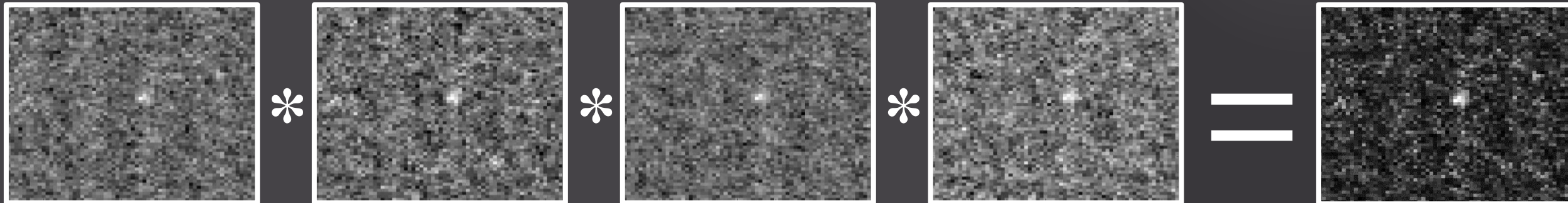
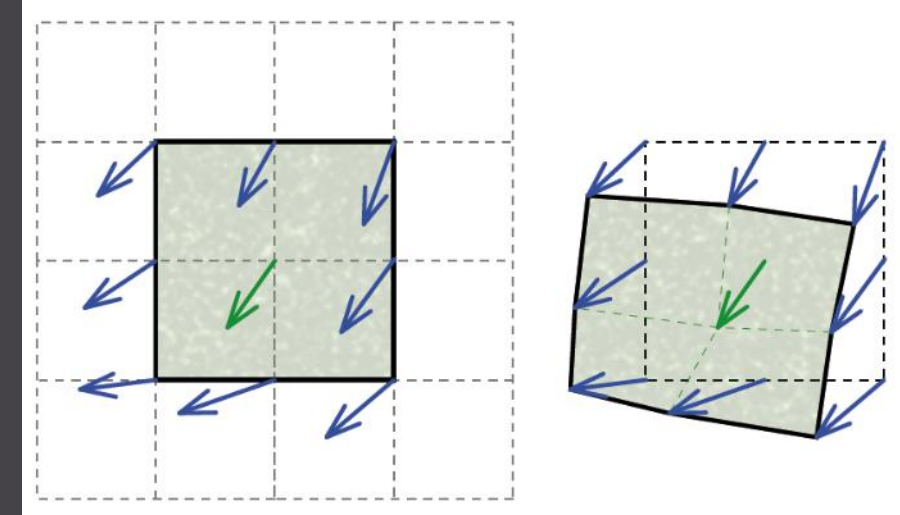
File Image settings Analysis Calibration Post-processing Plot Extractions Statistics Synthetic particle image generation Help / Referencing

Workflow einer Analyse:



z.B.:

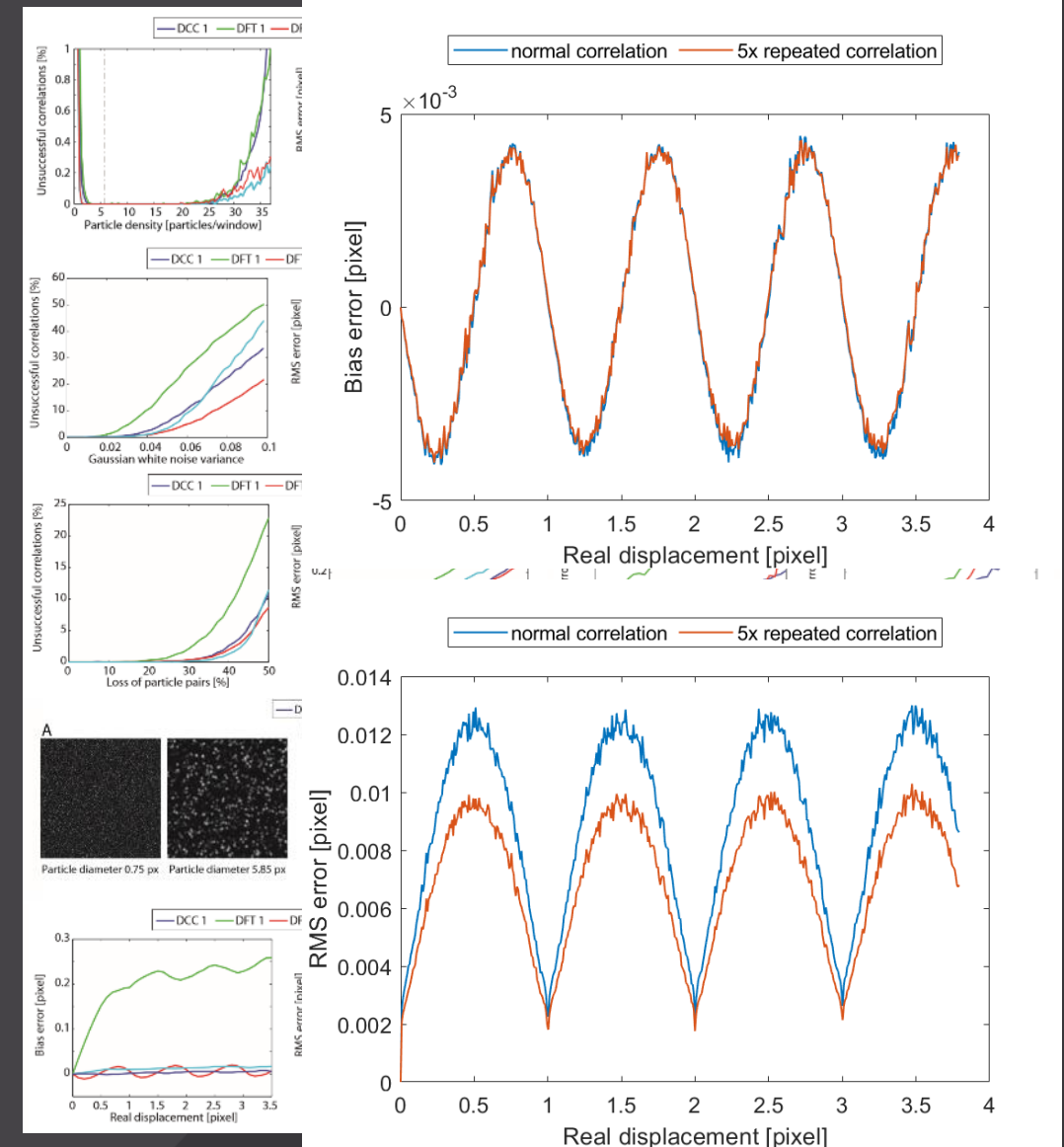
- Multipass, Multi-grid, window deformation
- Repeated correlation



Validierung (!!!)

Methode: synthetische Bilder

- PIV Algorithmen
- Pre-processing Verfahren
- Partikelgröße
- Partikeldichte
- Rauschen
- Out-of-plane-flow
- Bewegungsunschärfe
- Scherung
- Interpolation fehlender Daten
- Tiefpassfilter
- ...

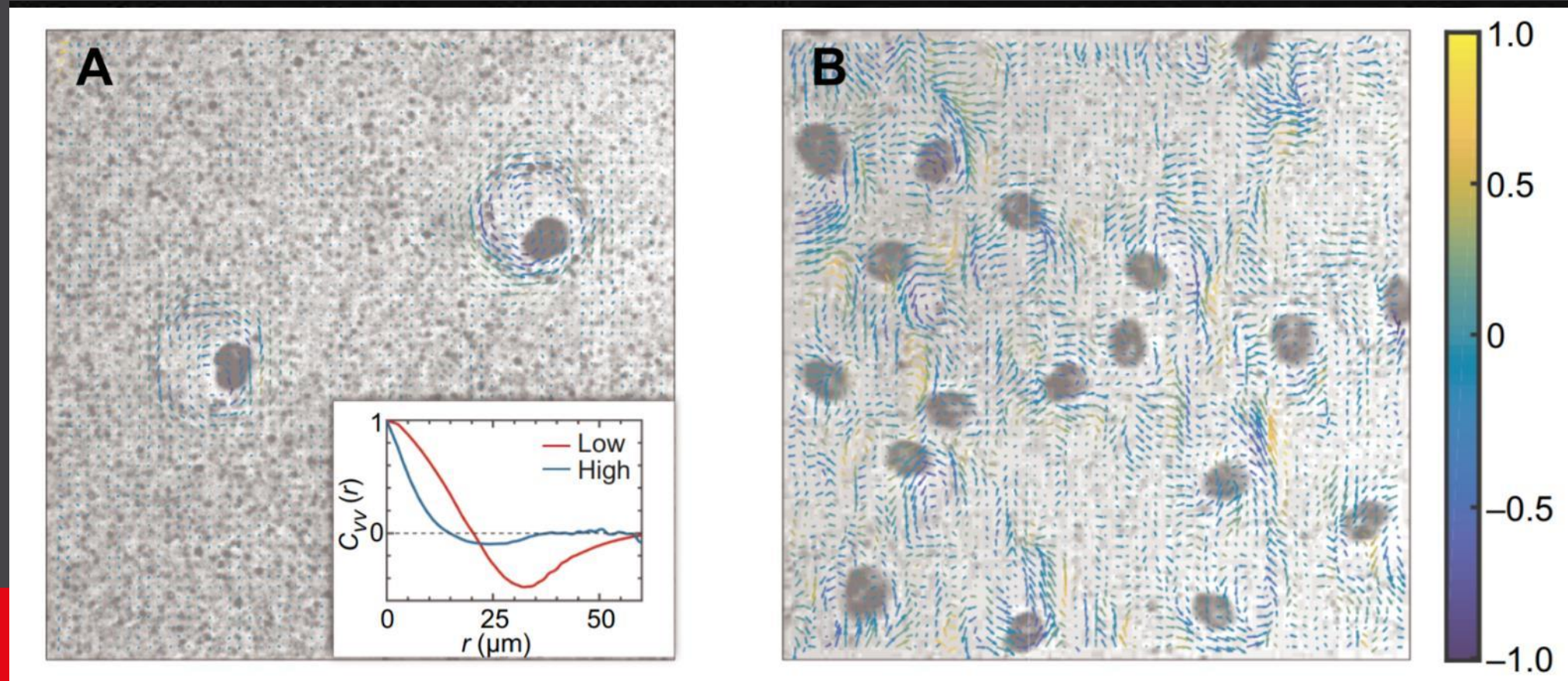


Beispiel 1

Enhanced transport of nutrients powered by microscale flows of the self-spinning dinoflagellate *Symbiodinium* sp.
Zheng Zhu, Quan-Xing Liu
Journal of Experimental Biology 2019 222: jeb197947

OPTOLUTION
messtechnische lösungen

- Dinoflagellaten – Einzellige Algen
 - Verbesserung der Nährstoffaufnahme durch Strömungen



Beispiel 2

Suppression of the coffee-ring effect by sugar-assisted depinning of contact line
Shunsuke F. Shimobayashi, Mikiko Tsudome & Tomo Kurimura
Scientific Reports volume 8, Article number: 17769 (2018)

OPTOLUTION
messtechnische lösungen

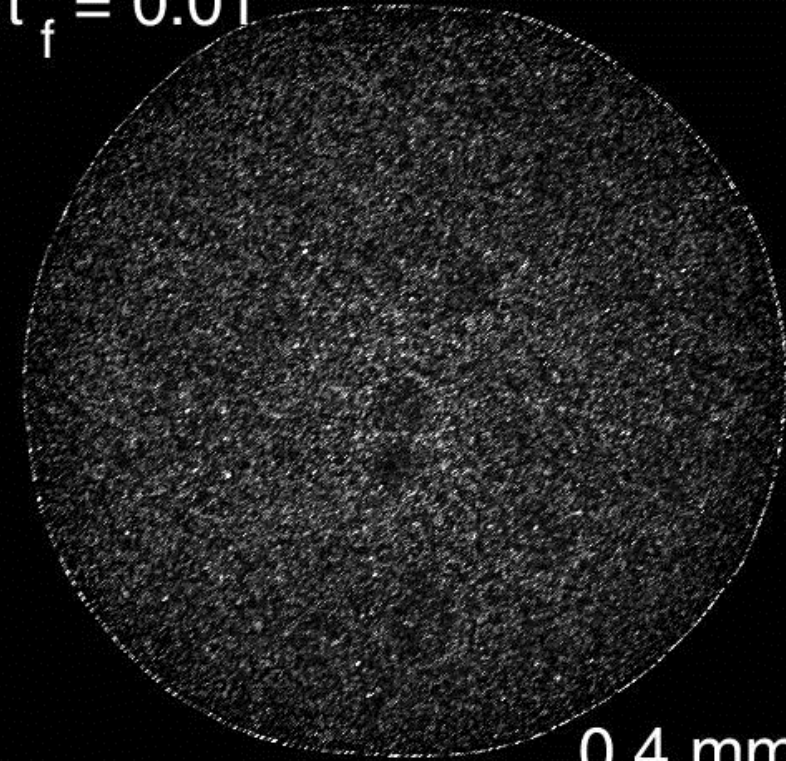
- Tintenstrahldrucker
 - Das Mysterium des Kaffering-Effekts

a without sugar

with sugar



$t/t_f = 0.01$



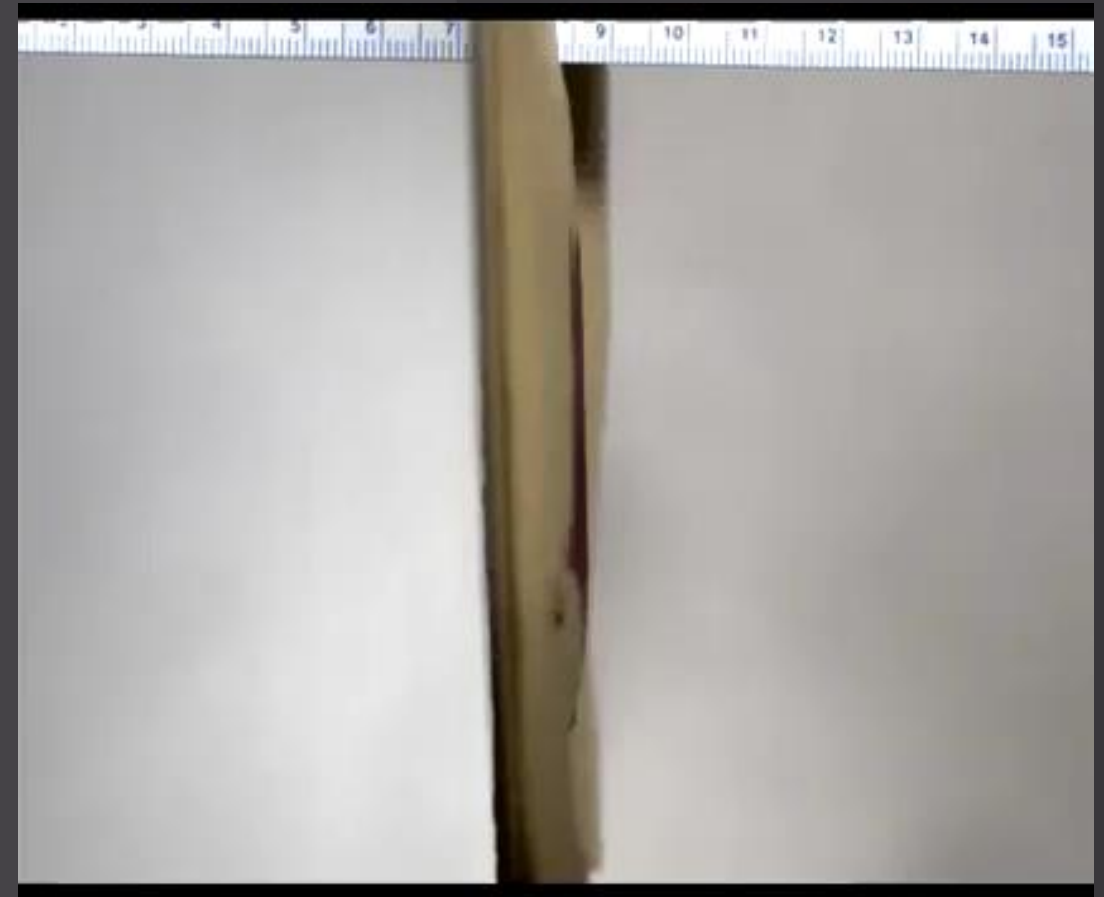
0.4 mm

Beispiel 3

High-speed video analysis of forward and backward scattered blood droplets.
Patrick M. Comiskey, Alexander L Yarin, Daniel Attinger
Published in Forensic science international 2017

OPTOLUTION
messtechnische lösungen

- Mord und Totschlag: Bloodstain pattern analysis (BPA)
 - Geschwindigkeit des Blutnebels

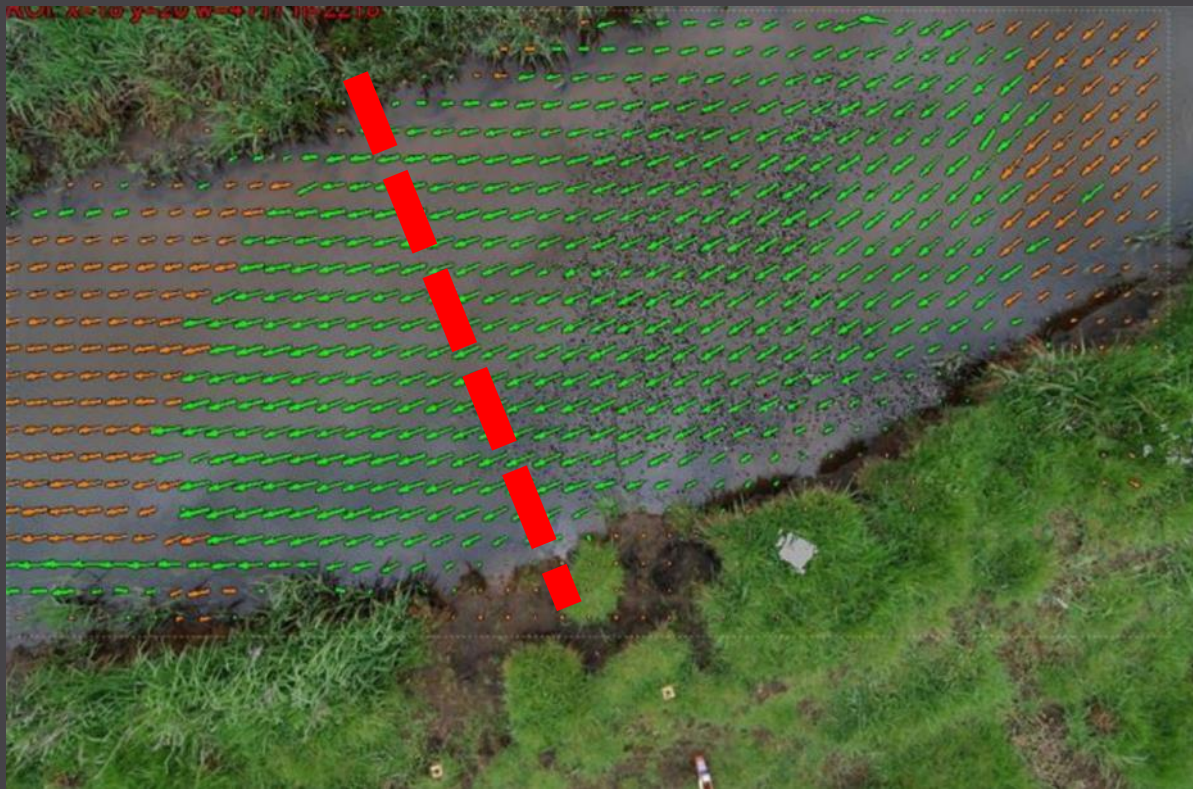


Beispiel 4

Image processing for a LSPIV application on a river
Master Thesis, Universiteit Gent
Tom Vanden Berghe

OPTOLUTION
messtechnische lösungen

- “Large Scale PIV (LSPIV)”
 - Strömungsgeschwindigkeiten von Flüssen



Beispiel 5

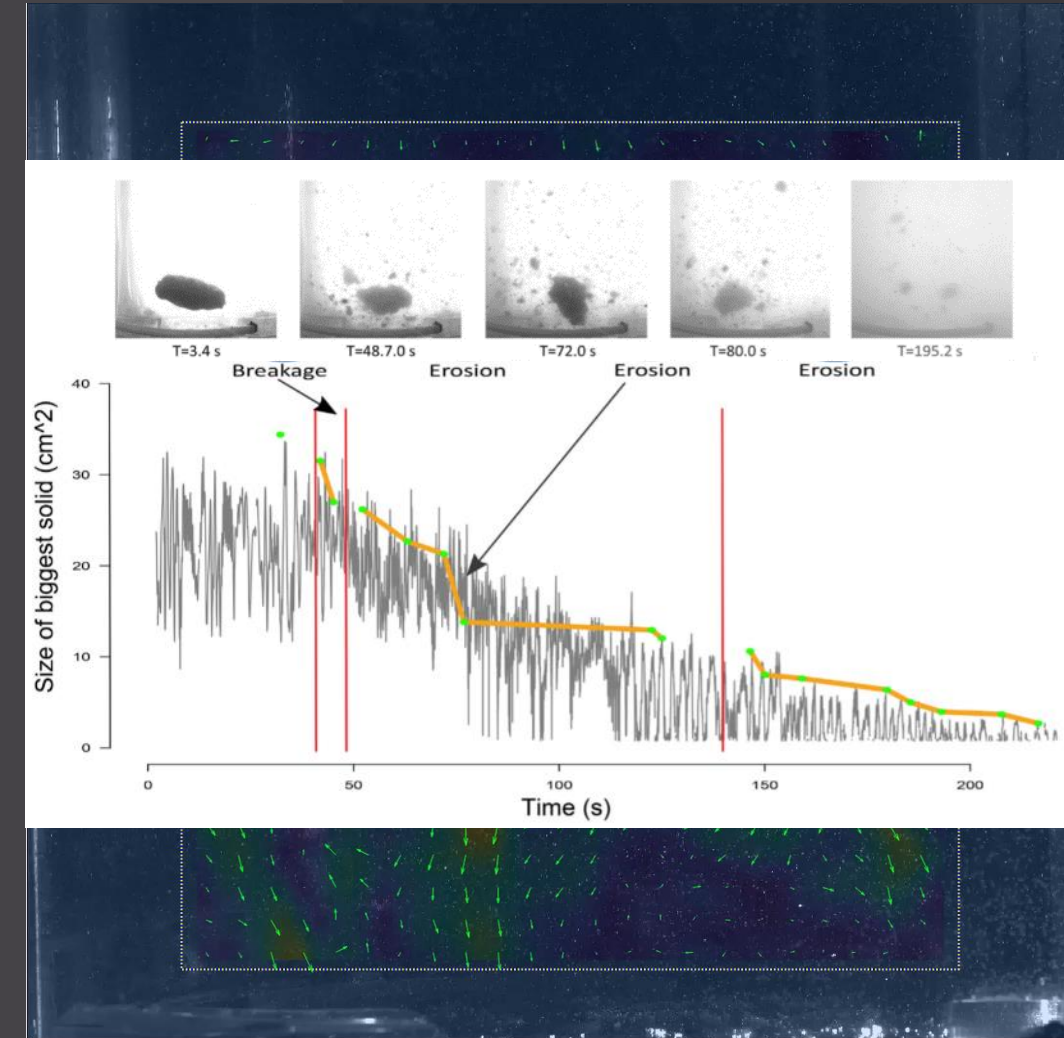
Quantifying physical disintegration of faeces in sewers: Stochastic model and flow reactor experiments
Penn Roni, Maurer Max, Michalec François-Gaël, Scheidegger Andreas, Zhou Jiande, Holzner Markus,
Water Research 152, 2019, Pages 159-170

OPTOLUTION
messtechnische lösungen

▪ Mechanischer Zerfall von Fäkalien in Abwassersystemen



Künstliche Fäkalien nach „US National Bureau of Standards – artificial faecal solid specification“



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

pivlab.blogspot.com

Dr. William Thielicke

w.th@gmx.de
william.thielicke.org

OPTOLUTION Messtechnik GmbH

Gewerbestraße 18

79539 Lörrach

+49 7621 1601573

thielicke@optolution.com

www.optolution.com