

# High Performance Computing for Weather and Climate (HPC4WC)

Content: Administrative

Lecturers: Oliver Fuhrer, Tobias Wicky

Block course 701-1270-00L

Summer 2023



# Nice to meet you!



Oliver Fuhrer  
[oliver.fuhrer@meteoswiss.ch](mailto:oliver.fuhrer@meteoswiss.ch)



Tobias Wicky  
[tobiasw@meteoswiss.ch](mailto:tobiasw@meteoswiss.ch)

# 13. Juli 2021 um 02:00 am Morgen



**TagesAnzeiger**

München  
Wetter: 24°C / 20°C  
Wind: 10 km/h  
Humidity: 82 %

Muttinga Kambundji  
Zelt zum Lesen  
Die Sprüche angesichts der  
auf pemphithische Fragen.  
20

And the first look  
die ersten Empfehlungen der  
Kulturrepräsentanten.  
20

Nach dem Sturm droht Zürich jetzt Hochwasser  
Grosses Schaden Das heftige Gewitter, das am frühen Dienstagabend über die Stadt zog, hat eine Spur der Verwüstung hinterlassen. Ausnahmsweise auch nachts ausgegraben. Was droht der See über die Ufer zu treten.

Ursachen-Wetter  
In der Sonnenwärme und mit Wind aus Süden kam am Dienstagabend ein Gewitter auf. Es war nicht das erste, das die Stadt in den letzten Tagen heimsuchte. Aber es war das stärkste. Der Wind blies mit bis zu 100 km/h. Er riss Bäume, zerstörte Dächer und beschädigte Autos. In der Nähe des Flusses Limmat entstand ein großer Wasserhaufen. Er bedroht die Ufer und kann zu einem Überschwund führen. Die Polizei mahnt die Bevölkerung, sich nicht auf der Straße zu bewegen. Die Feuerwehr ist im Einsatz, um die Situation zu kontrollieren.

Komplettunterstützung war nötig  
Der Dienstagabend war ein besonderer Tag für die Feuerwehr. Sie mussten nicht nur gegen das Feuer kämpfen, sondern auch gegen die Natur. Ein großer Baum fiel auf einen Autohof und beschädigte mehrere Autos. Die Feuerwehr musste die Bäume entfernen, um die Straße wieder freizugeben. Die Polizei war ebenfalls im Einsatz, um die Situation zu kontrollieren.

Kommunikation & Kooperation  
Die Säulen der Kommunikation und Kooperation waren während des Sturms sehr wichtig. Die Feuerwehr musste mit anderen Organisationen zusammenarbeiten, um die Situation zu kontrollieren. Die Polizei war ebenfalls im Einsatz, um die Straße wieder freizugeben.

Pflegende, Touristen und Lebensmittel  
Die Säulen der Pflege, Tourismus und Lebensmittel waren während des Sturms sehr wichtig. Die Feuerwehr musste mit anderen Organisationen zusammenarbeiten, um die Situation zu kontrollieren. Die Polizei war ebenfalls im Einsatz, um die Straße wieder freizugeben.

Leistungsträger steht in der Kritik  
Die Säulen der Leistungsträger standen in der Kritik. Die Feuerwehr musste mit anderen Organisationen zusammenarbeiten, um die Situation zu kontrollieren. Die Polizei war ebenfalls im Einsatz, um die Straße wieder freizugeben.

**TagesAnzeiger**

Wetter: 24°C / 20°C  
Wind: 10 km/h  
Humidity: 82 %

Muttinga Kambundji  
Zelt zum Lesen  
Die Sprüche angesichts der  
auf pemphithische Fragen.  
20

And the first look  
die ersten Empfehlungen der  
Kulturrepräsentanten.  
20

Nach dem Sturm droht Zürich jetzt Hochwasser  
Grosses Schaden Das heftige Gewitter, das am frühen Dienstagabend über die Stadt zog, hat eine Spur der Verwüstung hinterlassen. Ausnahmsweise auch nachts ausgegraben. Was droht der See über die Ufer zu treten.

Ursachen-Wetter  
In der Sonnenwärme und mit Wind aus Süden kam am Dienstagabend ein Gewitter auf. Es war nicht das erste, das die Stadt in den letzten Tagen heimsuchte. Aber es war das stärkste. Der Wind blieb mit bis zu 100 km/h. Er riss Bäume, zerstörte Dächer und beschädigte Autos. In der Nähe des Flusses Limmat entstand ein großer Wasserhaufen. Er bedroht die Ufer und kann zu einem Überschwund führen. Die Polizei mahnt die Bevölkerung, sich nicht auf der Straße zu bewegen. Die Feuerwehr ist im Einsatz, um die Situation zu kontrollieren.

Komplettunterstützung war nötig  
Der Dienstagabend war ein besonderer Tag für die Feuerwehr. Sie mussten nicht nur gegen das Feuer kämpfen, sondern auch gegen die Natur. Ein großer Baum fiel auf einen Autohof und beschädigte mehrere Autos. Die Feuerwehr musste die Bäume entfernen, um die Straße wieder freizugeben. Die Polizei war ebenfalls im Einsatz, um die Situation zu kontrollieren.

Kommunikation & Kooperation  
Die Säulen der Kommunikation und Kooperation waren während des Sturms sehr wichtig. Die Feuerwehr musste mit anderen Organisationen zusammenarbeiten, um die Situation zu kontrollieren. Die Polizei war ebenfalls im Einsatz, um die Straße wieder freizugeben.

Pflegende, Touristen und Lebensmittel  
Die Säulen der Pflege, Tourismus und Lebensmittel waren während des Sturms sehr wichtig. Die Feuerwehr musste mit anderen Organisationen zusammenarbeiten, um die Situation zu kontrollieren. Die Polizei war ebenfalls im Einsatz, um die Straße wieder freizugeben.

Leistungsträger steht in der Kritik  
Die Säulen der Leistungsträger standen in der Kritik. Die Feuerwehr musste mit anderen Organisationen zusammenarbeiten, um die Situation zu kontrollieren. Die Polizei war ebenfalls im Einsatz, um die Straße wieder freizugeben.

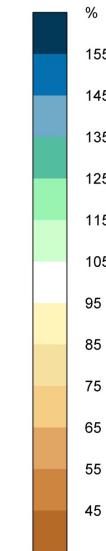


Was steckt hinter den Warnungen für solche Ereignisse?

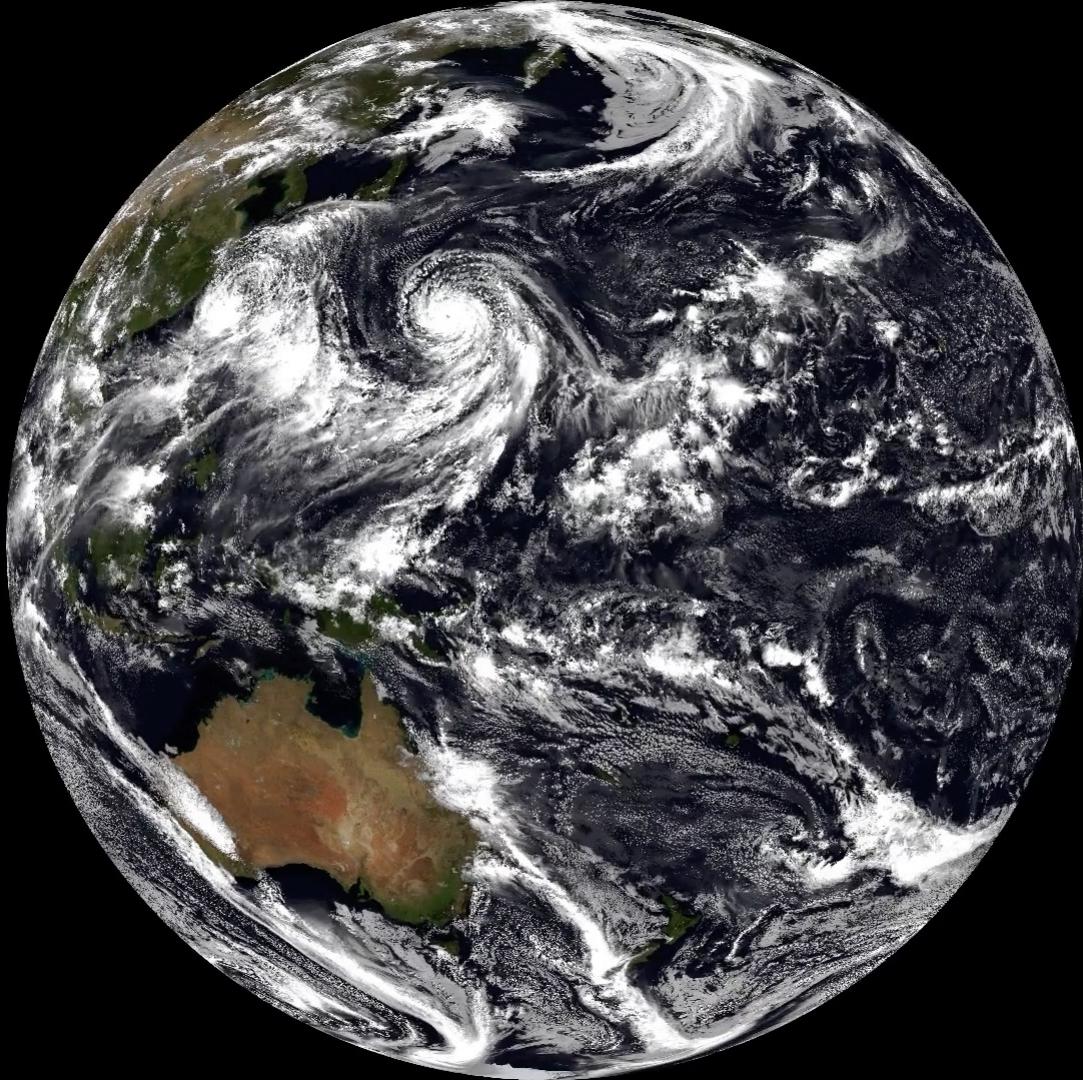
Winter 2022/2023

Niederschlagsmenge [%]

1.3.22-22.2.23 rel. Norm 1991-~~2020~~



Wie wissen wir ob dies in Zukunft die Norm sein wird?



2016-08-11 18:00Z  
258 Forecast Hours  
FV3 3km

Visualization  
Xi Chen@FV3 team  
[Introduction](#) 5

# Goals of course

- Understand high performance computing concepts relevant for weather and climate simulations
- Able to work with weather and climate simulation codes that run on large supercomputers

# Approach

“ I *hear*, and I forget.  
I *see*, and I remember.  
I *do*, and I understand.

(chinese proverb)

- Lectures that explain concepts and give context (*hear*).
- Demonstrations of the concepts being applied (*see*).
- Practical exercises and a work project (*do*).

# Questions, please!

**ASK QUESTIONS** - BY JAKEPOSEY

WWW.TOONDOO.COM



# Schedule

<b>Monday</b>	Motivation, stencil computations, memory hierarchy, lab environment	<b>08:15 – 12:00</b>	Morning session
<b>Tuesday</b>	Shared memory parallelism, OpenMP, performance metrics	<b>12:00 – 13:30</b>	<i>Lunch break</i>
<b>Wednesday</b>	Distributed memory parallelism, domain-decomposition and halo-updates	<b>13:30 – 17:00</b>	Afternoon session
<b>Thursday</b>	Hardware trends in supercomputing, GPU computing		
<b>Friday</b>	High-level programming, domain-specific languages, wrapup		

# Currently registered students (eDoz)

MSc Atmosphere and Climate Science (USYS)	9
MSc/Bsc Computational Sciences and Engineering (MAVT)	8
MSc Environmental Science (USYS)	6
MSc Physics (PHYS)	6
PhD students (USYS, PHYS)	6
MSc Earth Sciences	2
MSc Statistics	1
MSc Mechanical Engineering (MAVT)	1
MSc Data Science	1
MSc Computer Science	1
<b>Total</b>	<b>41</b>

# Prerequisites

- **Fundamentals of numerical analysis and atmospheric modeling**
  - Basic partial differential calculus and finite difference methods.
  - e.g. ETH course “[Numerical methods in environmental physics](#)” or “[Numerical modeling of weather and climate](#)”
- **Experience in a programming language (C/C++, Fortran, Python, ...)**
  - We will read and write [Fortran](#), C++ and [Python](#) in this course.
- **Experience using command line interfaces in \*nix environments (e.g., Unix, Linux)**
  - Familiar with work in the [command line shell](#) and the most commonly used shell commands.
  - Can logon to linux system via ssh and can work remotely on that system.
  - We will work on the [Piz Daint supercomputer](#) at the [Swiss National Supercomputing Center \(CSCS\)](#) in Lugano in this course.

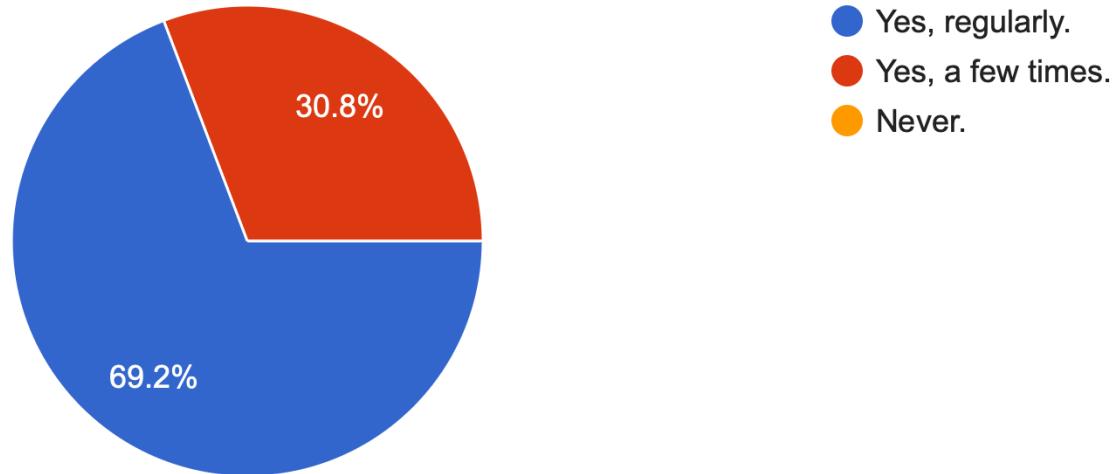
If you think this course might not be suitable for you, talk to us!

# Questionnaire

(Work environment)

Have you worked with Jupyter Notebooks before?

26 responses

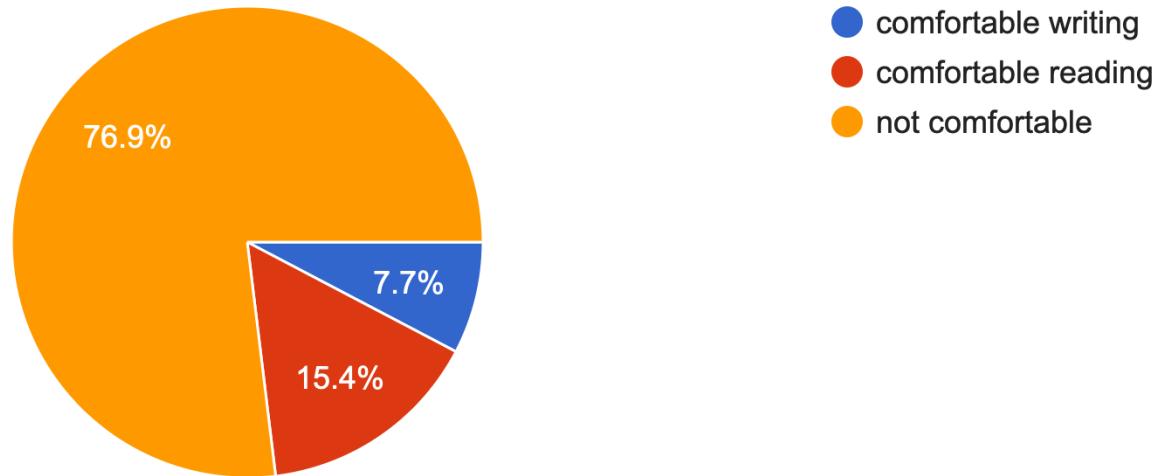


# Questionnaire

(Programming)

How comfortable are you with this code example (CUDA)?

26 responses

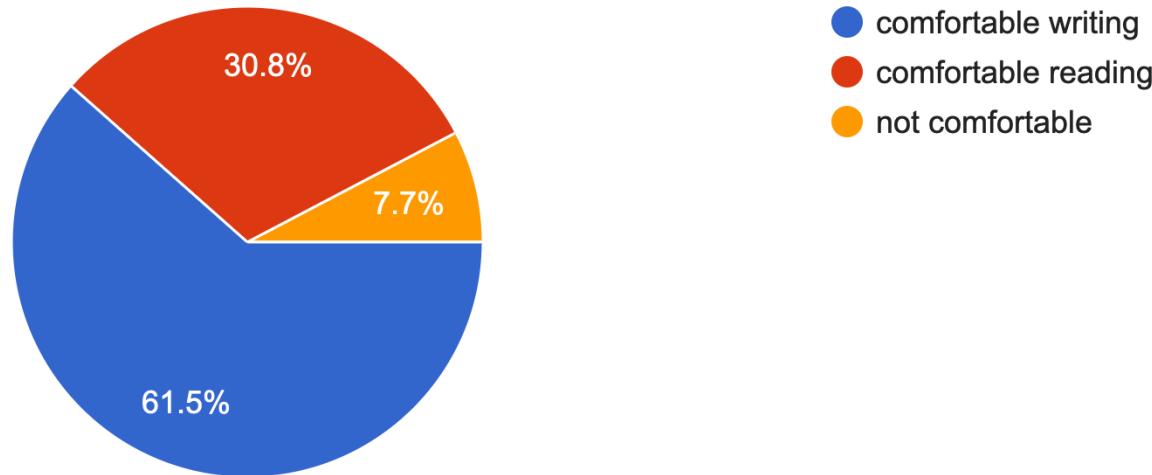


# Questionnaire

(Weather and Climate Modeling)

How comfortable are you with this code example (discretized PDE in Python)?

26 responses

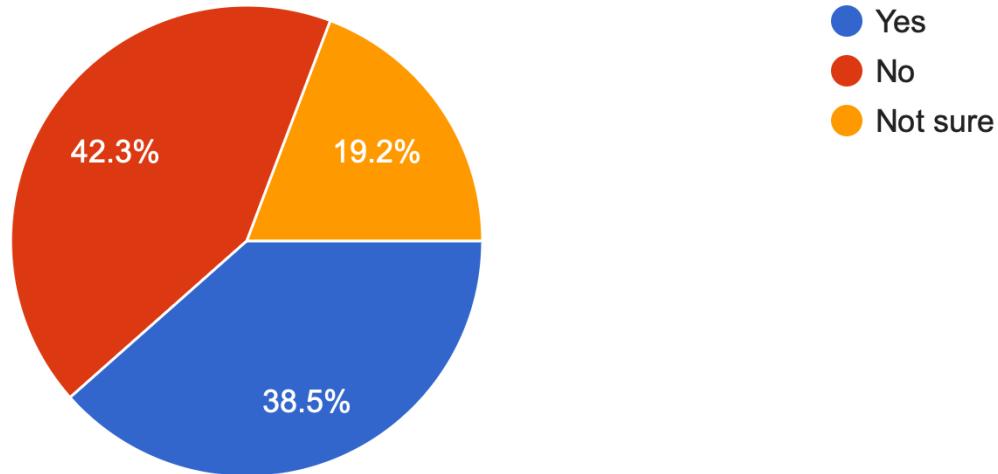


# Questionnaire

(High Performance Computing)

Have you seen a program deadlock due to bad communication patterns?

26 responses



# Practicalities

- All course material on GitHub repository (slides, notebooks, codes, ...) <https://github.com/oführer/HPC4WC/>
- Questions related to course and projects in dedicated Slack workspace [https://join.slack.com/t/hpc4wc-workspace/shared\\_invite/zt-1a0hd2f2s-X9oOK2DtpdcgIroQPtfQAw](https://join.slack.com/t/hpc4wc-workspace/shared_invite/zt-1a0hd2f2s-X9oOK2DtpdcgIroQPtfQAw)
  - Generally, try to use public channels for questions since others probably have the same questions.
- Lectures are not recorded

# How to earn credits (3 ECTS)

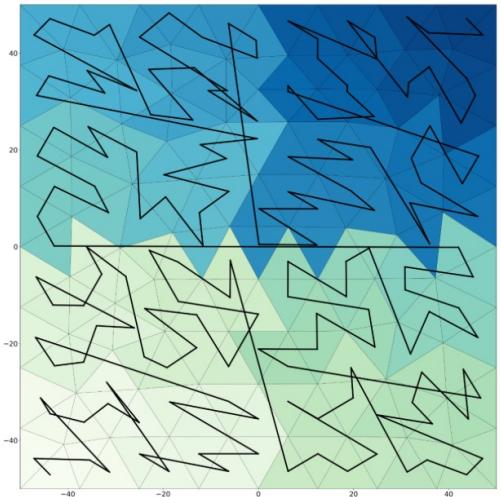
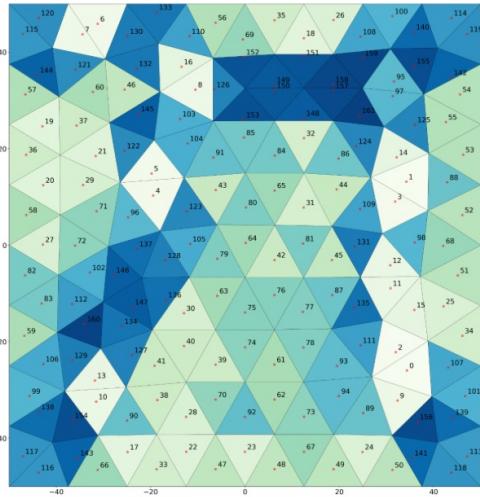
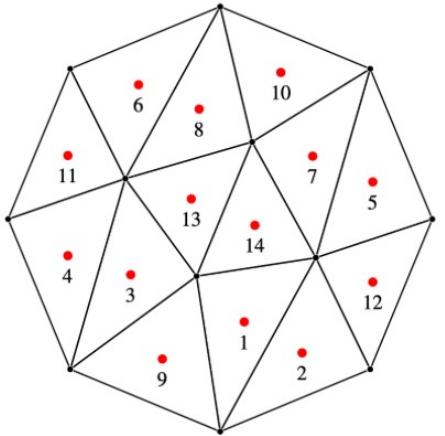
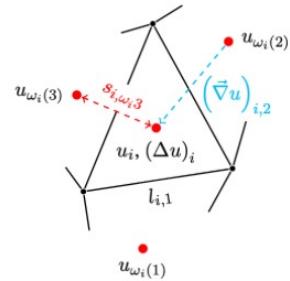
- **Attend the block course** (and participate actively!)
- **Work project**
  - Choose group and topic
  - Hand in working source code and report (max. 10 pages)
  - Projects will be graded
  - **Deadline: 31. August 2023**
- Credits are awarded if course attended and grade of work project  $\geq 4.0$
- Same rules apply for BSc, MSc, and PhD students

# Work project

- **Work in groups of 2-3** (individual projects are strongly discouraged)
  - Programming is not a solitary art!
- **Topics will be presented on Thursday**
  - If you prefer to choose your own, you are required to discuss with us beforehand
  - Each project must have a software development and performance evaluation part and has to be related to course material
- **Grading**
  - 25% correctness (compiles & runs, results correct, no bugs)
  - 25% quality (structure, clean code, comments, naming, tests, error handling)
  - 25% performance (depending on work project)
  - 25% report (maximum 10 pages)
- See [last year's projects](#) for examples

# Example: Unstructured grid

$$(\Delta u)_i := (\vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla} u)_i \approx \frac{1}{|\Omega_i|} \sum_{j=1}^N l_j (\vec{\nabla} u)_{i,j} \cdot \vec{n}_j \approx \frac{1}{|\Omega_i|} \sum_{j=1}^N l_j \frac{u_{\omega_i(j)} - u_i}{s_{i,\omega_i(j)}}$$



# Lab exercises

- Swiss National Supercomputing Centre <https://www.cscs.ch/>
- Piz Daint supercomputer (#28 on [list of 500 largest supercomputers](#) worldwide)



# CSCS Accounts

- Everybody has a unique user name (classXXX) and password.
- **Do not share your login / pwd with anybody else.** Accounts with suspicious activities will be closed down by CSCS immediately.
- **Change your password** immediately upon your first login to CSCS using the kpasswd command in a Terminal (see instructions).
- We have a shared quota of 3000 node hours for using the CSCS supercomputers for this block course.
  - Do not launch jobs with more than 1 node without checking with us first.
  - Do not leave your JupyterHub Server running if you don't need it.
- **Do not contact CSCS first** if you have trouble. Ask us or use the Slack workspace to get your issues resolved.
- Take a look at the [\*\*CSCS Code of Conduct\*\*](#)

# JupyterHub

- Lab exercises will all be conducted on <https://jupyter.csccs.ch/>, the JupyterHub portal of CSCS.
- Interactive development and computing environment.
- If things get stuck or go wrong, it's always possible to "Stop Server" and "Launch Server" again.
- Jupyter notebooks auto-save and *almost* certainly no work will be lost.

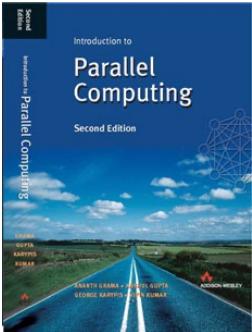
The screenshot shows the configuration interface for launching a JupyterLab session. The fields are as follows:

- Node Type:** GPU
- Nodes:** 1
- Duration (hr):** 4 (circled with red number 1)
- Queue:** Dedicated Queue (Max. 5 Nodes)
- Project Id:** (leave empty for default)
- Advanced Reservation:** climate\_hpc (circled with red number 3)
- JupyterLab Version:** 3.2

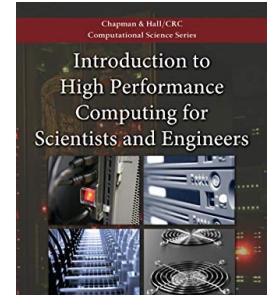
Red circles with numbers indicate steps:

1. Increase duration
2. Click Advanced options
3. Enter reservation
4. Click Launch JupyterLab

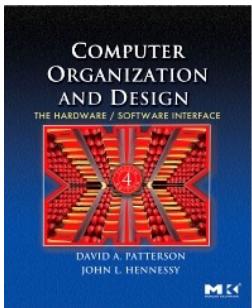
# Literature & Links



Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers, G. Hager and G. Wellein, CRC Press, 2011  
[\(available online at ETH\)](#)



Parallel Computing, A. Grama, A. Gupta, G. Karypis, V. Kumar  
[\(available free online\)](#)



Parallel Programming in MPI and OpenMP, V. Eijkhout  
[\(Link to course\)](#)



Computer Organization and Design, D.H. Patterson and J.L. Hennessy [\(available online at ETH\)](#)