**Konzept für die zweiwöchige Sommerschule im
Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI
27. Juni bis 8. Juli 2022**

Stand: November 2021

### Ziele der Sommerschule:Die Sommerschule soll einen Einblick in das Wissenschaftliche Rechnen ermöglichen und erfahrbar machen, welche Methoden und Arbeitsweisen in diesem Arbeitsgebiet des Instituts von grundlegender Bedeutung sind. Die Inhalte der Sommerschule werden in Anlehnung an die laufende Arbeit im Institut ausgewählt. So sollen Bezüge aufgezeigt und Einblicke in die Arbeiten des Instituts gegeben werden. Wesentliche Bestandteile der Sommerschule sind auch das Sammeln von Erfahrungen bei der Programmierung effizienter iterativer Algorithmen zur Lösung großer Gleichungssysteme sowie das Kennenlernen mehrerer anderer Themenfelder. Zielgruppe der Sommerschule sind Schülerinnen und Schüler der Klassen 9 bis 13.

### Überblick (Inhalte, Dauer)

|  |  |
| --- | --- |
| **Thema** | **Dauer** |
| Überblick über die wissenschaftlichen Inhalte am Fraunhofer-Institut SCAI | 0,5 Tage |
| Einführung in die Programmiersprache Python | 3 Tage |
| Einführung in einfache iterative Verfahren und in Mehrgitterverfahren zur Lösung großer linearer Gleichungssysteme | 1 Tag |
| Programmierung von einfachen iterativen Lösungsverfahren und von Mehrgitterverfahren | 2 Tage |
| Verkehrssimulation mit zellulären Automaten  | 1 Tag |
| Praktische Behandlung von Optimierungsproblemen | 1 Tag |
| Verschlüsselung mit Hilfe großer Primzahlen | 1 Tag |
| Der Audiokompressionsstandard mp3 | 0,5 Tage |

### Erläuterungen zu den einzelnen Bausteinen der Sommerschule

**(1) Überblick über die wissenschaftlichen Inhalte am Fraunhofer-Institut SCAI**Natürlich ist ein wesentlicher Bestandteil der Sommerschule, dass die Teilnehmenden einen Einblick in die aktuellen Forschungsthemen des Instituts erhalten. Hierzu dient insbesondere ein ausführlicher Überblicksvortrag. Weiter werden informelle Gespräche der Teilnehmenden mit Wissenschaftlern über Studium, Berufswahl etc. ermöglicht.

**(2) Einführung in die Programmiersprache Python**Python ist eine Programmiersprache, die mehrere Programmierparadigmen unterstützt. Sie wurde mit dem Ziel entworfen, möglichst einfach und übersichtlich zu sein. Daher kann man mit Python schnell, einfach und leicht programmieren. Python ist u. a. besonders dort geeignet, wo Übersichtlichkeit und Lesbarkeit des Codes eine wichtige Rolle spielen, z. B. in der Teamarbeit oder bei Programmieranfängern.
***Hintergrund:*** Ein Merkmal des Wissenschaftlichen Rechnens ist die Nutzung von Computern zur Lösung von wissenschaftlich-technischen Problemstellungen. Gewisse Grundkenntnisse in der Bedienung und Programmierung von Computern sind in der späteren beruflichen Praxis unabdingbar. Das Erlernen neuer Programmiersprachen bzw. neuer Versionen vorhandener Programmiersprachen ist ein typischer (und immer wiederkehrender) Bestandteil der Arbeiten im Bereich des Wissenschaftlichen Rechnens.

**(3) Einführung in einfache iterative Verfahren und in Mehrgitterverfahren zur Lösung großer linearer Gleichungssysteme**In vielen Anwendungen des Wissenschaftlichen Rechnens sind große Gleichungssysteme zu lösen. Lineare Gleichungssysteme und ihre Lösung sind Schülerinnen und Schülern aus dem Mathematikunterricht her bekannt. Direkte Anknüpfungspunkte für die Teilnehmenden sind daher vorhanden. Standard-Lösungsverfahren wie das Gaußsche Eliminationsverfahren, das die Schülerinnen und Schüler in der Regel ebenfalls aus dem Unterricht her kennen, sind für viele Anwendungen jedoch nicht effizient genug.
Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erfahren, wie einfache iterative Verfahren aufgebaut sind und wie sich aus derartigen Verfahren mit Hilfe des Mehrgitterprinzips äußerst effiziente Verfahren konstruieren lassen. Außerdem lernen sie am Beispiel der zweidimensionalen Poisson-Gleichung exemplarisch, wie die Lösung partieller Differentialgleichungen (bei gegebenen Randwerten) durch den Prozess der „Diskretisierung“ näherungsweise auf die Lösung linearer Gleichungssysteme zurückgeführt werden kann. Die dabei eingeführten Fehler („Diskretisierungsfehler“) werden qualitativ diskutiert.
***Hintergrund:*** Die theoretische Analyse von Mehrgitterverfahren ist recht kompliziert und wird im Rahmen eines Mathematik-Studiums in der Regel nicht vor dem 5. Semester unterrichtet. Das Prinzip und die Funktionsweise dieser Verfahren sind jedoch allgemein verständlich und insbesondere auch für motivierte Schülerinnen und Schüler nachzuvollziehen. Der Vergleich der Rechenzeiten verschiedener Verfahren und die Diskussion der auftretenden Fehler machen einige Aspekte deutlich, die im Wissenschaftlichen Rechnen eine besondere Rolle spielen.

**(4) Programmierung von einfachen iterativen Lösungsverfahren und von Mehrgitterverfahren**

Ein wesentlicher Bestandteil des Wissenschaftlichen Rechnens ist die Programmierung von Algorithmen, die entweder aus der wissenschaftlichen Literatur her bekannt sind oder die man aufgrund eigener Überlegungen entwickelt. Diese Arbeit ist hier erfahrbar.

***Hintergrund:*** Erfahrungsgemäß hat man einen neuen Algorithmus erst dann bis ins letzte Detail verstanden, wenn man ihn programmiert hat, denn in einem Programm muss jeder einzelne Rechenschritt eindeutig und detailliert durchdacht und in Programm-Code umgesetzt werden. Hierbei hilft es immens, wenn die Schülerinnen und Schüler nicht einzeln, sondern in kleinen Gruppen von zwei (maximal drei) Personen gemeinsam arbeiten und gemeinsam programmieren. Wenn die Kenntnisse der beiden nicht identisch sind, ist dies kein Hindernis. Ganz im Gegenteil, es entspricht der Realität der wissenschaftlichen Arbeit, wo gerade komplementäres Wissen und komplementäre Denkansätze außerordentlich befruchtend wirken können.

**(5) Verkehrssimulation mit zellulären Automaten, praktische Behandlung von Optimierungsproblemen, Verschlüsselung mit Hilfe großer Primzahlen, Audiokompressionsstandard mp3**

Anhand dieser Beispiele erhalten die Teilnehmenden einen Einblick in ganz unterschiedliche Anwendungsfelder, in denen moderne mathematische Methoden zum Einsatz kommen. Dabei lernen die Teilnehmenden ganz unterschiedliche Algorithmen kennen, teilweise entdecken sie auch selbständig eigene Algorithmen zur Lösung ausgewählter Anwendungsprobleme. Auch die Programmierung und die Bewertung der Algorithmen sind Bestandteil der Sommerschule.

***Hintergrund:*** Mit Hilfe dieser Anwendungsfelder lernen die Teilnehmenden typische Arbeitsweisen des Wissenschaftlichen Rechnens kennen.