

# The Role of Computer Science Education for Understanding and Shaping the Digital Society



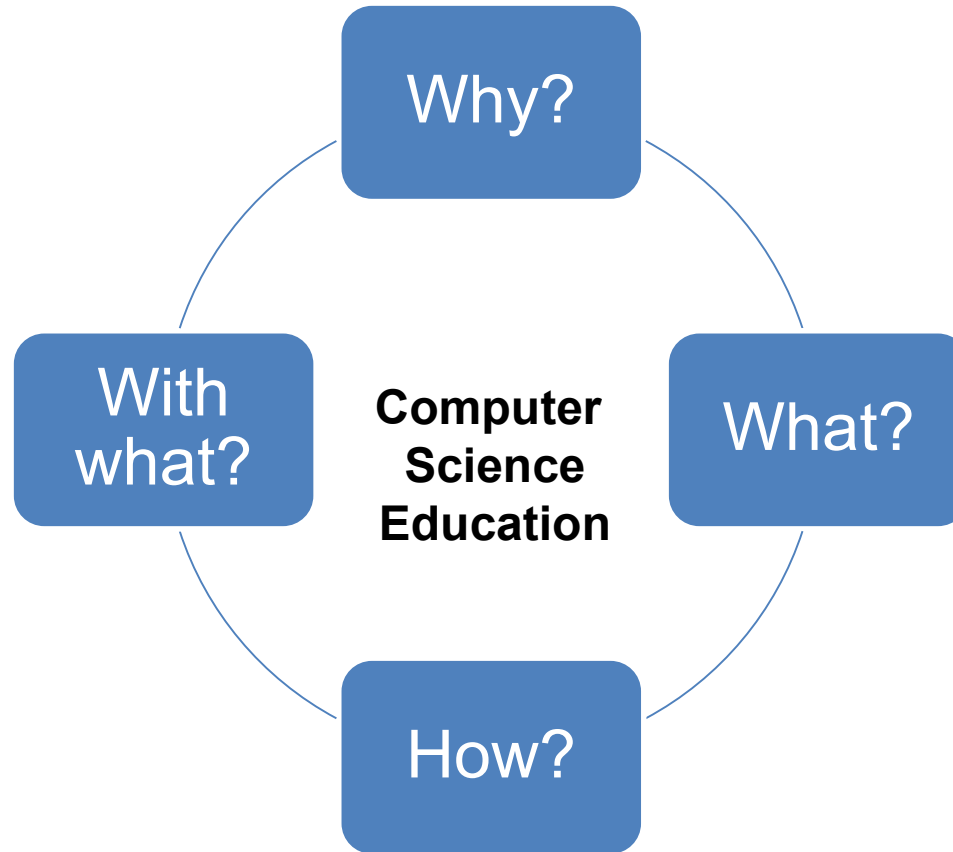
Prof. Dr. Ralf Romeike  
Computing Education Research Group Berlin  
Freie Universität Berlin



Computing Education

Computer science explained!

# Computer Science Education



DearGrandma.docx - Word

Anmelden

Freigeben

Datei Start Einfügen Zeichnen Entwurf Layout Referenzen Sendungen Überprüfen Ansicht Hilfe Acrobat Was möchten Sie tun?

Ausschneiden Kopieren Einfügen Zwischenablage

Format übertragen

Calibri (Textkörper) 20

Aa Aa Aa

Standard Kein Lee... Überschrif... Überschrif... Titel Untertitel

Suchen Ersetzen Markieren

Adobe PDF erstellen und teilen

Unterschriften anfragen

Schriftart Absatz Formatvorlagen Bearbeiten Adobe Acrobat

Dear Grandma,

you haven't heard from me for a long time, so today I want to tell you what's on my mind. Since I will soon be finished with school, I have been thinking for a long time about what I could study. What is a nice subject? I am wondering if it is computer science! You can do many things with it. Do you know what computer science is? Wikipedia explains it with the following words: *Computer science is the science of systematic processing of information, especially automatic processing with the aid of computing systems. Historically, computer science has evolved as a science from mathematics, while the development of the first computing devices has its origins in electrical engineering and communications engineering. Nevertheless, computers represent only one tool and medium of computer science to practically implement the theoretical concepts.*

I am really excited about it. Are you sure you are too?

Many greetings,  
Your Ralf

Absatz

Einzüge und Abstände Zeilen- und Seitenumbruch

Allgemein

Ausrichtung: Blocksatz

Gliederungsebene: Textkörper  Standardmäßig reduziert

Einzug

Links: 0 cm Sonderzug: (ohne) Um: 0 cm

Rechts: 0 cm

Einzüge spiegeln

Abstand

Vor: 0 Pt Zeilenabstand: Mehrfach Von: 1,08

Nach: 8 Pt

Keinen Abstand zwischen Absätzen gleicher Formatierung einfügen

Vorschau

Vorhergehender Absatz Vorhergehender Absatz Vorhergehender Absatz Vorhergehender Absatz Vorhergehender Absatz Vorhergehender Absatz Vorhergehender Absatz Vorhergehender Absatz Vorhergehender Absatz

you haven't heard from me for a long time, so today I want to tell you what's on my mind. Since I will soon be finished with school, I have been thinking for a long time about what I could study. What is a nice subject? I am wondering if it is computer sc

Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz

Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz Nächster Absatz

Tabstopps... Als Standard festlegen OK Abbrechen

# Computer Science Education: Text processing

Liebe Oma,

lange hast Du nichts mehr von mir gehört, so will ich Dir heute mal erzählen, was mich gerade zum untreibt. Da ich ja mit der Schule bald fertig bin, habe ich lange überlegt, was ich denn studieren könnte, was ist ein schönes Fach? Informatik! Man kann da viele Sachen mit machen. Weißt Du was Informatik ist? Wikipedia erklärt's mit folgenden Worten: Informatik ist die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen, insbesondere der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Rechenanlagen. Historisch hat sich die Informatik als Wissenschaft aus der Mathematik entwickelt, während die Entwicklung der ersten Rechenanlagen ihre Ursprünge in der Elektrotechnik und Nachrichtentechnik hat. Dennoch stellen Computer nur ein Werkzeug und Medium der Informatik dar, um die theoretischen Konzepte praktisch umzusetzen. Ich bin richtig begeistert davon. Du bestimmst auch?

Viele Grüße,  
Dein Ralf

| PARAGRAPH   |
|---|
| alignment<br>DistanceAhead<br>DistanceTo<br><b>line spacing</b> |
| setAlignment()<br>Set Distance Before()<br>set distanceto()     |

| CHARACTER   |
|---|
| font<br>font size<br>typeface editing             |
| setFont()<br>setFont size()<br>typeset typeface() |

The classes PARAGRAPH and CHARACTER in the object-oriented view of text processing systems

- ✓ Microsoft Word
- ✓ Libre Office
- ✓ HTML

Computer Science  
Education



Product knowledge  
**Concept knowledge**

→ An understanding of Computer Science concepts helps to use computer systems effectively and efficiently.

# Why CS education? The digital transformation.



- Simulation, big data, artificial intelligence lead to further developments and changes in the disciplines
- Competencies of computer science are increasingly considered relevant, i.e. for all school students, as well as in general teacher education
- Internationally, computational thinking ("thinking like a computer scientist") as a door opener for computer science education

# The Computational Thinkers

## concepts



### Logic

Predicting & analysing



### Evaluation

Making judgements



### Algorithms

Making steps & rules



### Patterns

Spotting & using similarities



### Decomposition

Breaking down into parts



### Abstraction

Removing unnecessary detail



## approaches



### Tinkering

Changing things to see what happens



### Creating

Designing & making



### Debugging

Finding & fixing errors



### Persevering

Keeping going



### Collaborating

Working together

We're all computational thinkers here!

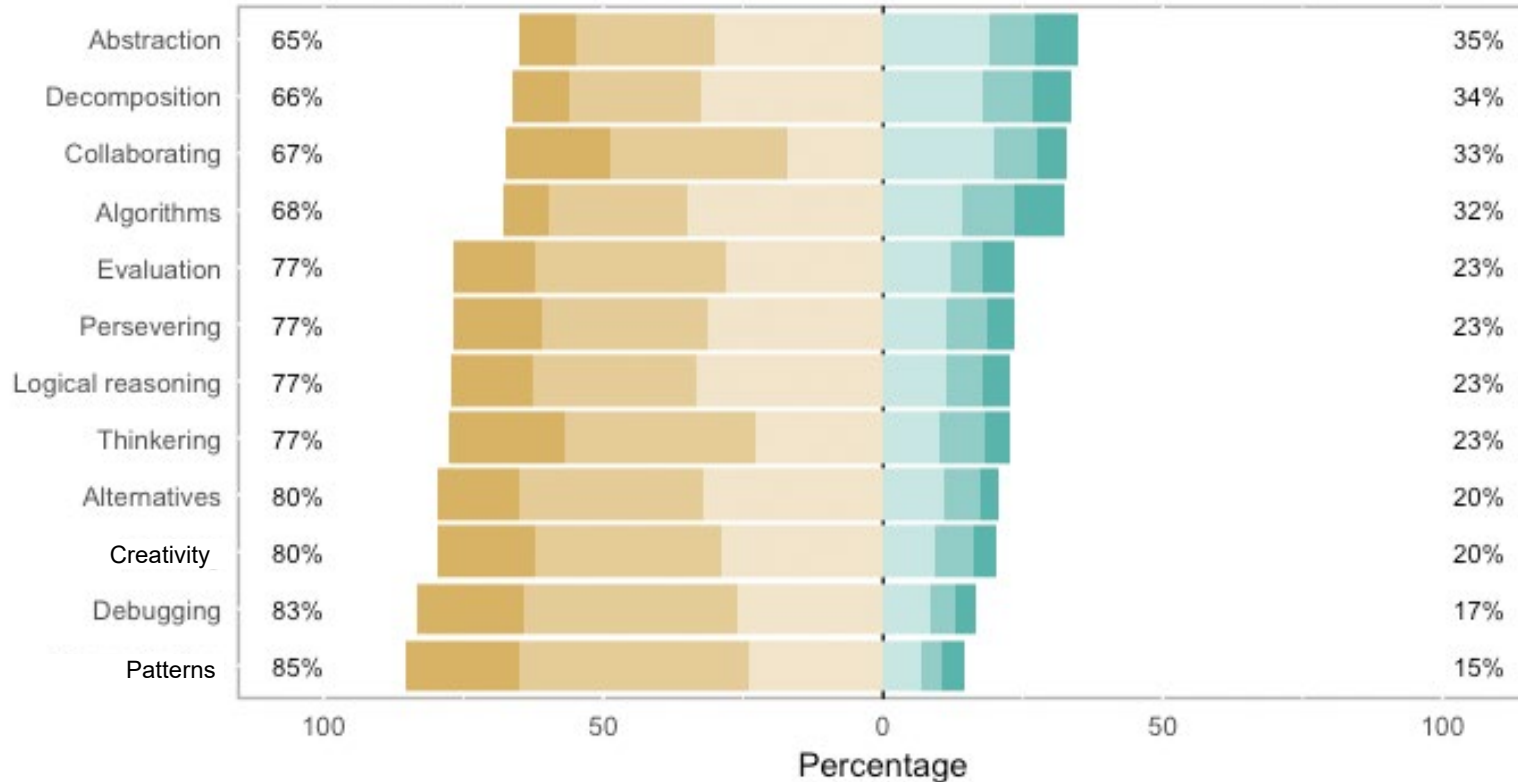
When you think about it, whether we're parents, pupils or teachers - we're all natural computer scientists, capable of computational thinking.

Our brains, like computers, process, debug and make simple algorithms every day!

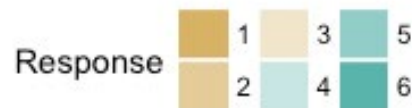
CAS Barefoot

Supported by BT

# Which concepts and approaches of Computational Thinking do teachers consider applicable in primary school?

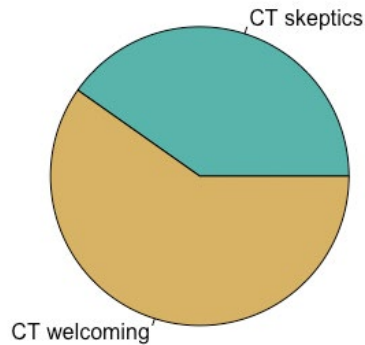


Study with primary school teachers  
n = 578  
60% response rate



1 = strongly applicable  
6 = not applicable

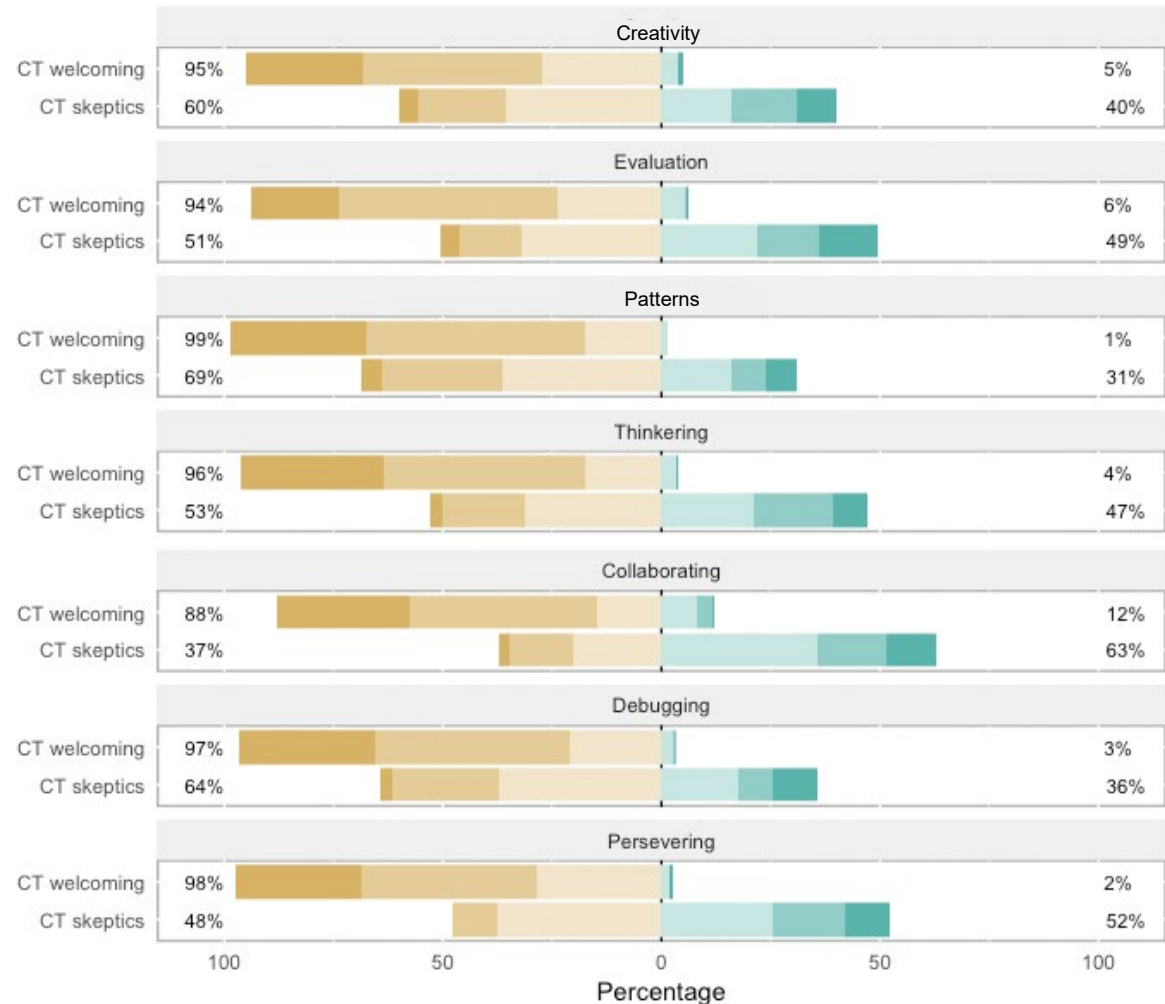
# Which concepts and approaches of Computational Thinking do teachers consider applicable in primary school?



## 2 Clusters:

**CT welcoming:** Teachers with **more experience** in teaching with and about digital technology and who feel **more competent**.

**CT skeptics:** Teachers with **less experience** in teaching with and about digital technology and who feel **less competent**.







# Computational Thinking in practice

**ETH zürich** Sicherheit, Gesundheit und Umwelt SGU


## Korrekt Händewaschen Proper hand washing




Hände unter Wasser benetzen  
Wet hands with water




Hände gut einseifen  
Apply enough soap



Hände 20 Sekunden reiben (inklusive Handrücken, Finger und Handgelenke)  
Rub hands including back of the hand, fingers and wrists for 20 seconds

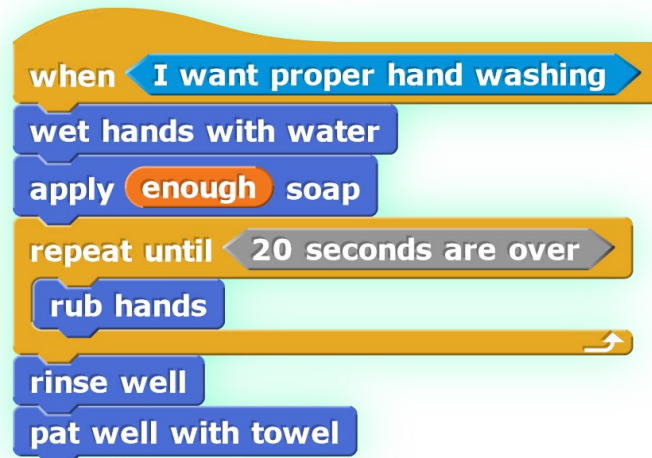


Gründlich abspülen  
Rinse well

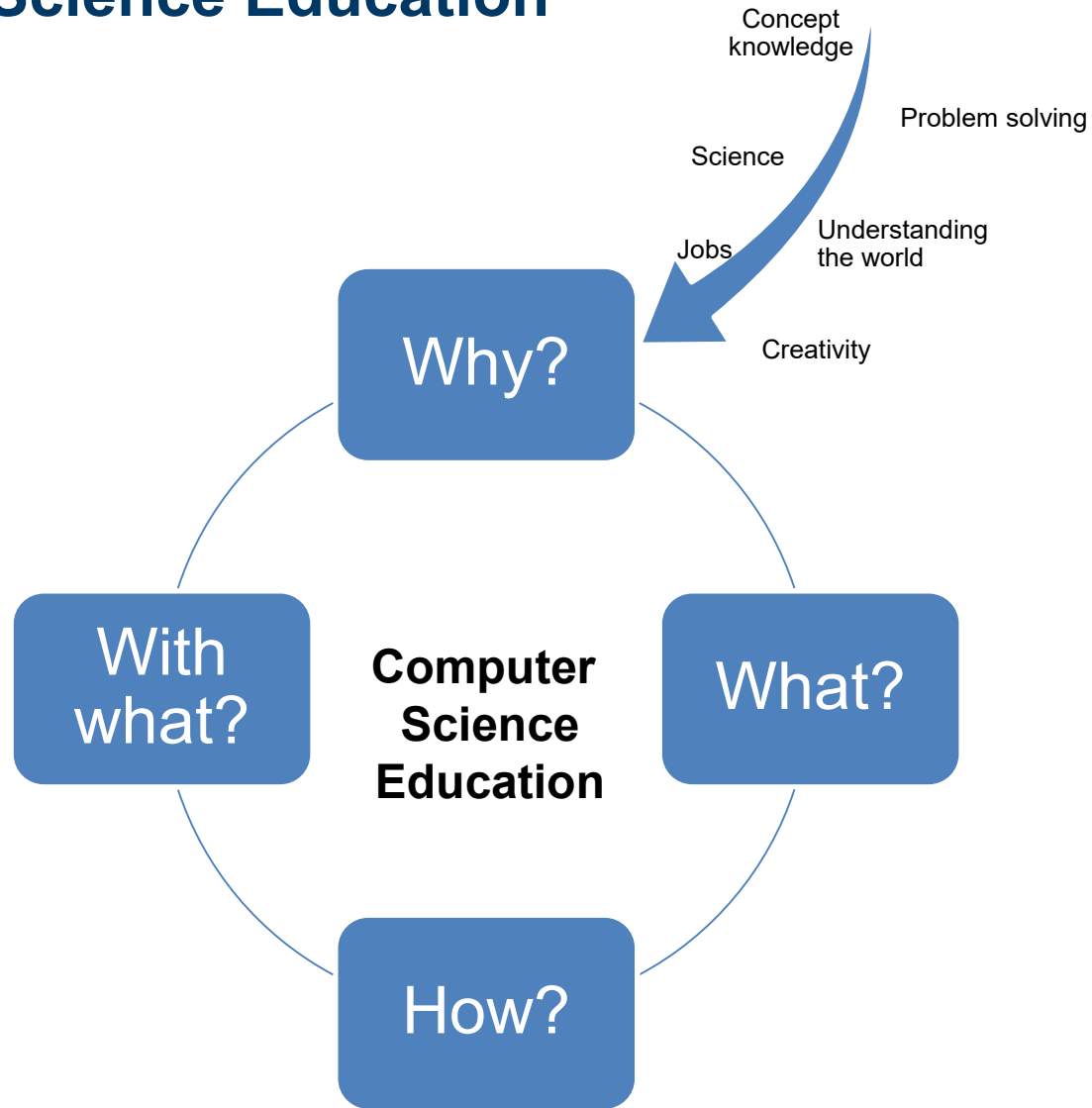


Mit Handtuch gut abtupfen (nicht reiben)  
Pat well with a towel (do not rub)

23.04.2020



# Computer Science Education



1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 |

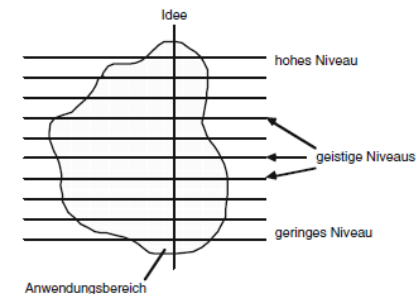
8 3 4 6 1

**CS Education needs to focus on the principles and fundamental ideas of computer science!**

# Fundamental Ideas of Computer Science (A. Schwill)

## Fundamental Ideas

- are relevant to the historical development of the area in the longer term (*time criterion*)  
→ The answer to rapid change
- can be taught at different intellectual levels (*vertical criterion*)  
→ Spiral principle across different stages
- reference to language and thinking in everyday life and the world in which we live and are necessary for understanding the subject (*criterion of sense*)



# Innovation: From databases to "data management"

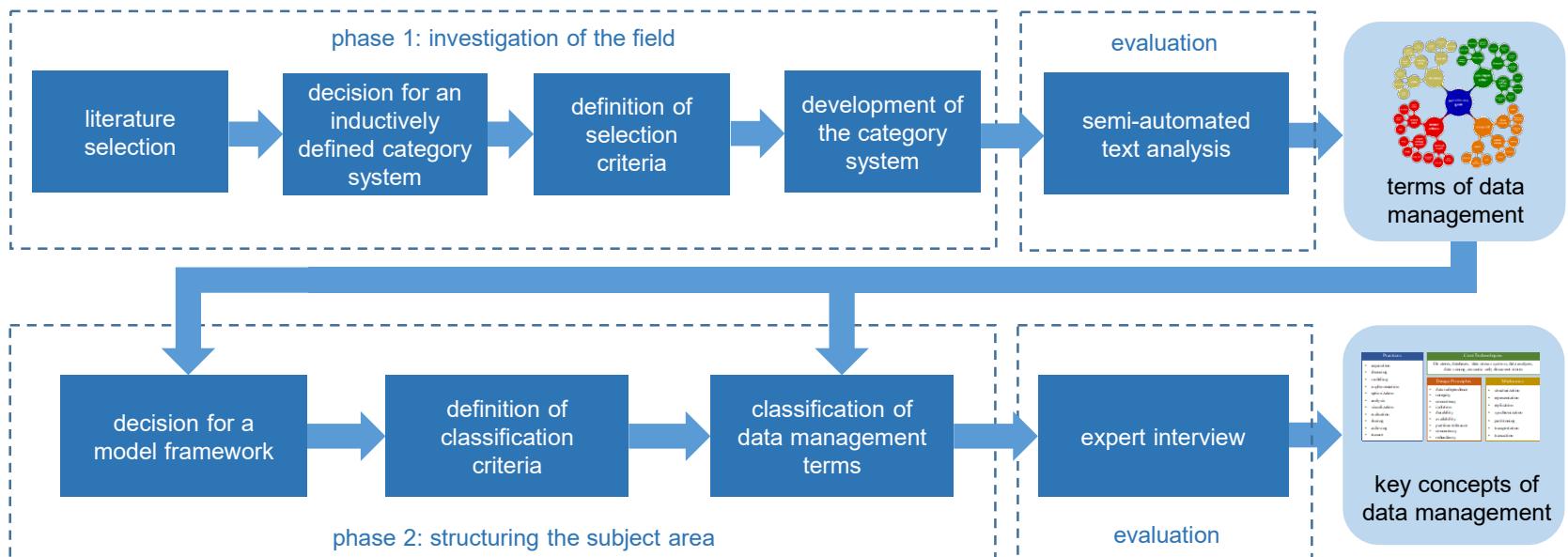
- *Data management* has developed over the last 15-20 years, mainly as an extension of the field of "databases".
- Basis for many innovations of the "digital society"
- What's new?
  - Reassessment of concepts  
*e.g. consistency*
  - technological innovations  
*e.g. NoSQL, data stream systems*
  - new analysis ideas  
*e.g. data mining*
  - increasing complexity in handling of data  
*Big Data*



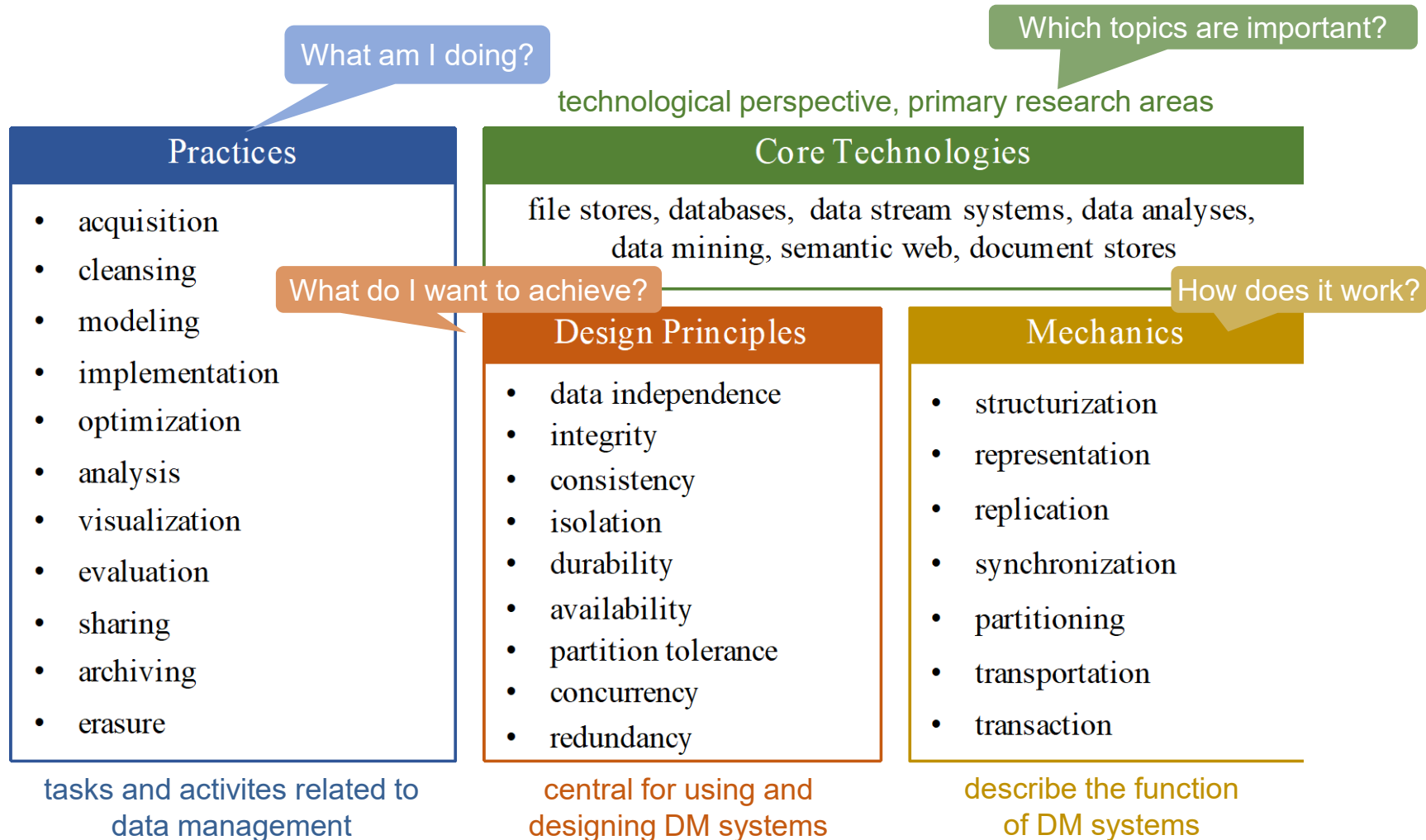
# Finding key concepts of data management

Central question: Which CS ideas and concepts are central in DM?

- Development of an approach for the systematic data-based characterization of a subject area
- Oriented towards *Fundamental Ideas of Computer Science* (Schwill) and *Great Principles of Computing* (Denning)



# A Model of Key Concepts of Data Management



# What should be taught - related to AI?

Dear Prof. Dr. Romeike,

I am currently working on the topic of "**Artificial Intelligence in Computer Science Education**" as part of my work in the Computer Science Teaching Commission (state of XXX). I estimate the importance of this topic for computer science teaching very highly and **would also like to integrate teaching units in the curriculum**. For this purpose, I would like to formulate content-related competencies - starting from grade 6 up to grade 10. During my research, I came across some of your publications, but could not find any concrete competency formulations. That is why I am addressing you directly. **Have you already formulated competencies on the topic of AI for teaching in general education schools that I could use as a guideline**, or can you possibly point me in the direction of a contact person? I would be very grateful if you could help me further.

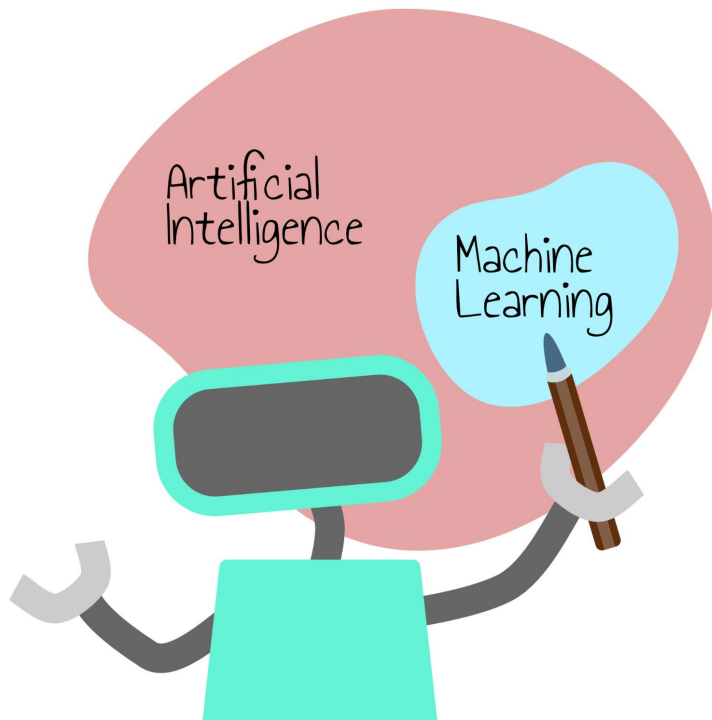
With kind regards

Dr. XXX (Headmaster)



# What should be taught - related to AI?

The recent advances in the field of Artificial Intelligence are related to machine learning, a subfield of AI.



What are the ideas and principles behind

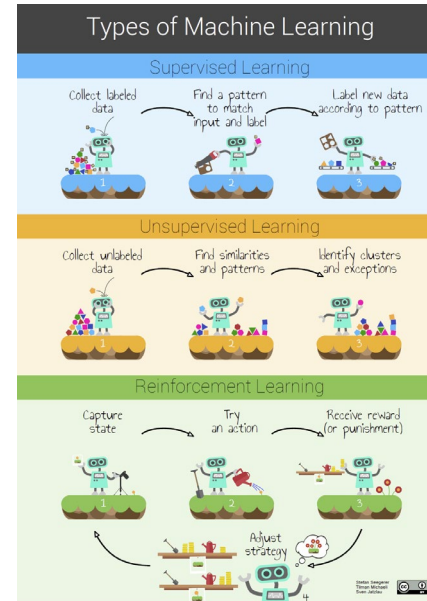
- „classic" Artificial Intelligence,
- machine learning, e.g. *reinforcement learning*?

Is it possible to teach AI in lower secondary in an appropriate way?

What should be taught?

How can it be explained to students?

# Approaches to teaching AI



<http://www.log-in-verlag.de/>

# LOG IN

Informatische Bildung und Computer in der Schule

Künstliche Intelligenz und Unterricht. Menschheitsstürme. So lernen Maschinen! Nachdenken über KI.

Maschinelles Lernen. KI im Unterricht. IT-Ethik in der Schule. Robby lernt – aber nicht alles!

Nr. 193/19  
2020  
LOG IN Ver

# AI Unplugged

Unplugging Artificial Intelligence

Activities and teaching material on artificial intelligence

Annabel Lindner  
Stefan Seegerer

Nutze die Macht von künstlicher Intelligenz um deine 'SnAlp'-Spiele noch cooler zu machen!

Artificial Intelligence in xSnap!

Part A - Reinforcement Learning

Nutze die Macht von künstlicher Intelligenz um Muster in deinen Daten zu finden.

Artificial Intelligence in xSnap!

Part B - Unsupervised Learning

Stefan Seegerer  
Annabel Lindner  
Thomas Schmalz  
Stefan Seegerer

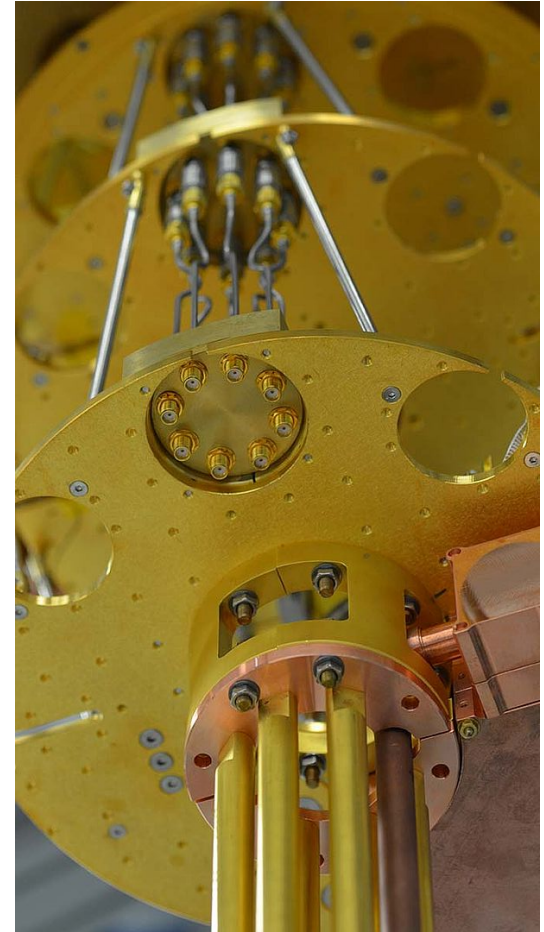
# What should be taught...

... related to quantum computing?

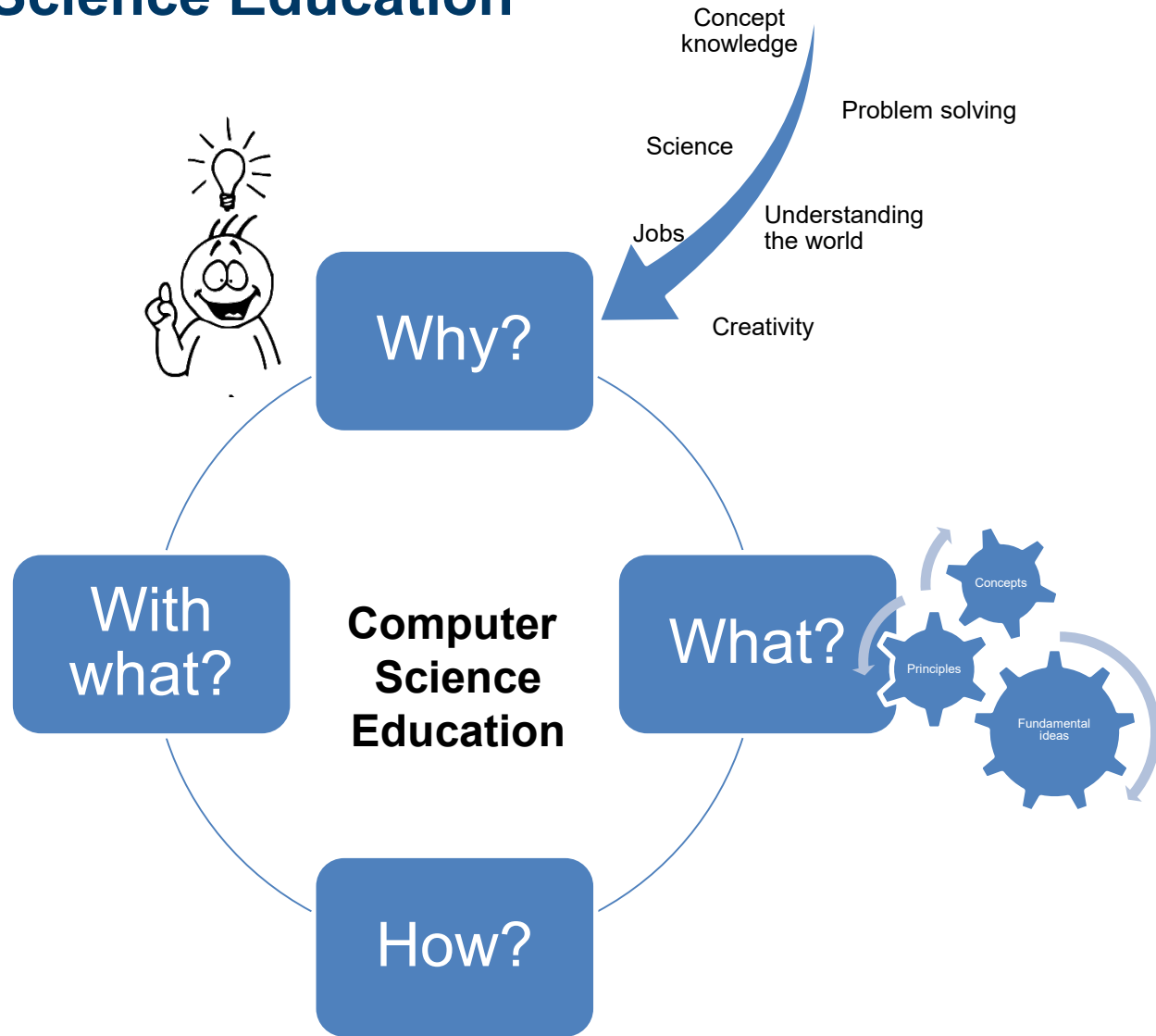
What should everyone and anyone know about

- qubits,
- superposition,
- quantum entanglement?

What are the ideas and principles of quantum computer science?



# Computer Science Education



# How to teach?

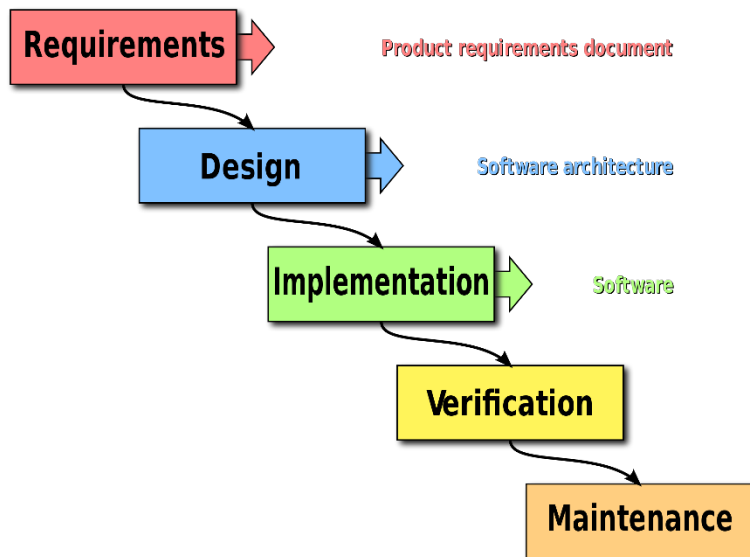
**Project-based learning:** Collaboration, self-organization, social interaction, ...



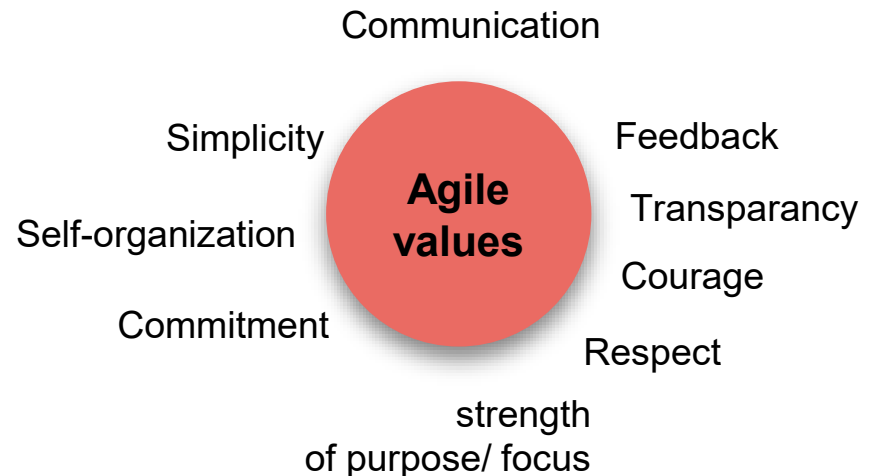
# How to teach?

**Project-based learning:** Collaboration, self-organization, social interaction, ...

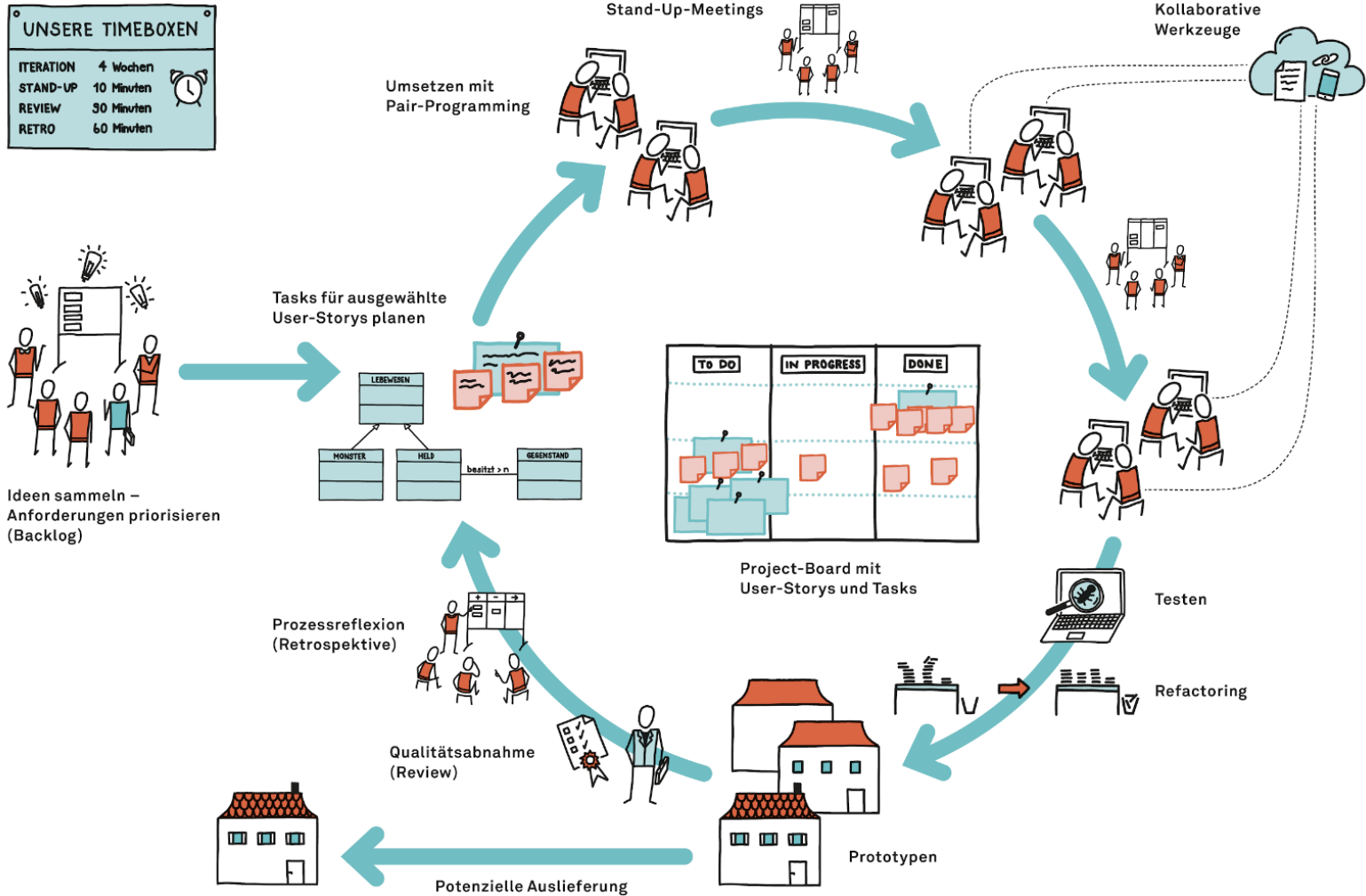
... based on the waterfall model of software development



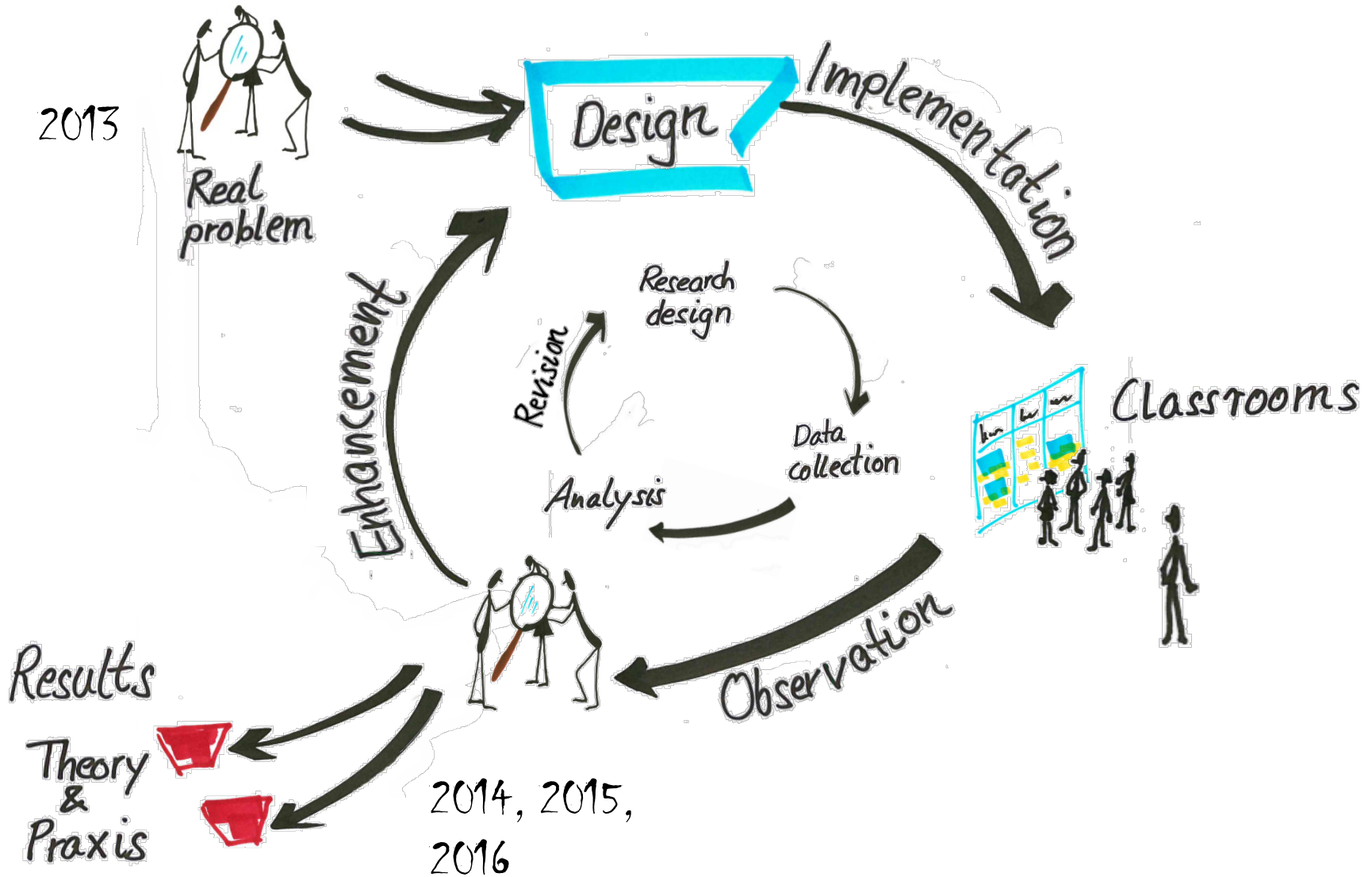
... based on agile methods of software development



# Development of an agile framework for project-based learning with design-based research

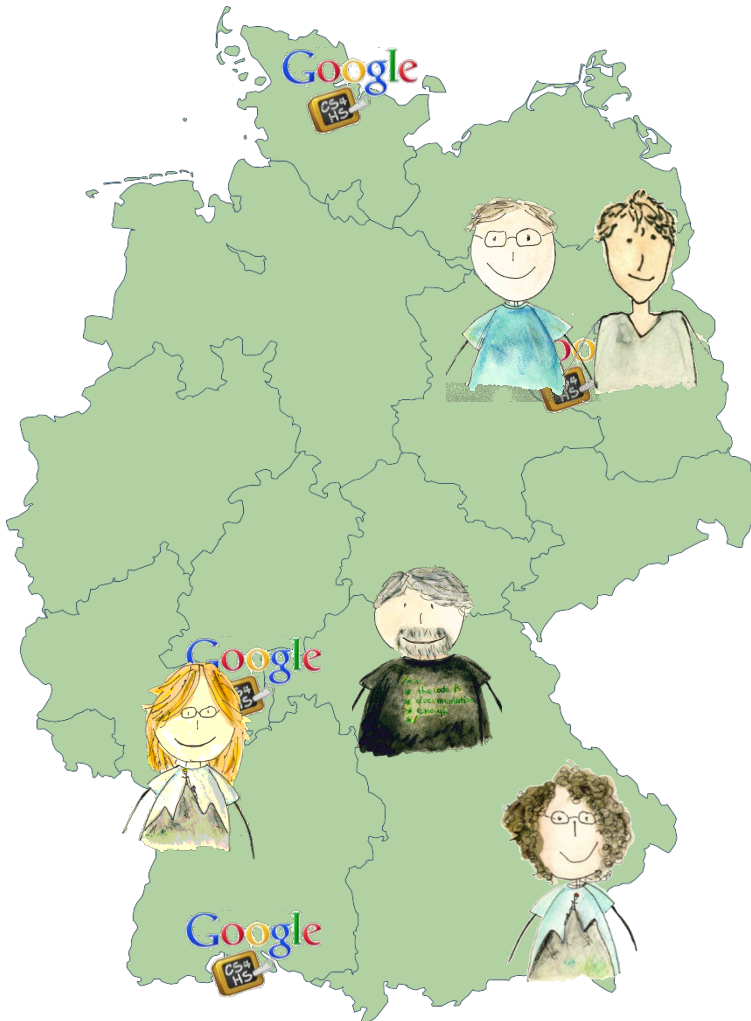


# Design-Based Research (DBR)





# Research-led implementation and further development with design-based research



Jens Gallenbacher (Hrsg.): INFOS 2015 – Informatik allgemeinbildend begreifen  
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2015 83

## Ein Bild vom Wesen der Softwareentwicklung: Erfahrungen aus zwei agilen Projekten

Leonore Dietrich<sup>1</sup>, Andreas Gramm<sup>2</sup>, Petra Kastl<sup>3</sup> und Ralf Romeike<sup>3</sup>

Abstr  
unters  
an die  
dass d  
vier O  
Reflex  
einer  
gestalt  
zeitige  
Keyw

1

In die  
schie  
Hoch  
dem  
Scrata  
proze  
stell  
ker/in  
Proze  
sensc  
nem I  
Mom  
Anfwi  
ckel  
Ideen  
beson  
ausge

<sup>1</sup> Univ  
<sup>2</sup> Gym  
<sup>3</sup> Friedr  
petra.

Die Urs  
Bei Proj  
durch n  
Softwar  
Agile M  
allen Ph

<sup>1</sup>QWare  
LMU M

<sup>1</sup>Friedrich  
petra.kas

Jens Gallenbacher (Hrsg.): INFOS 2015 – Informatik allgemeinbildend begreifen  
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2015 63

## Agile Softwareentwicklung – Erfahrungsbericht eines Oberstufenprojekts im Wahlpflichtunterricht

Peter Br

Jens Gallenbacher (Hrsg.): INFOS 2015 – Informatik allgemeinbildend begreifen  
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2015 191

## Agile Softwareentwicklung im Informatikunterricht – Ein Best-Practice-Beispiel am Spiel „Pengu“

Petra K.

Jens Gallenbacher (Hrsg.): INFOS 2015 – Informatik allgemeinbildend begreifen  
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2015 191

Abstrac  
Tasks, T  
umgesetz  
für das L  
Reduktio  
bewusst  
anspruch  
Vergleich  
Vorjahre  
positive t

Keywor  
Arbeiten

1

Eines  
Wasserf  
Implem  
B. in Fo  
hat es ir  
haben in  
bürokrat  
sowie ei  
nächster  
von Ver  
Unterneh

Die Urs  
Bei Proj  
durch n  
Softwar  
Agile M  
allen Ph

<sup>1</sup>QWare  
LMU M

<sup>1</sup>Friedrich  
petra.kas

Keywor

1

Eine we  
thoden  
auch di  
nachvol  
Method  
die Proj  
offenba  
versteh  
lungsop  
starr ve  
mengest  
eXtrem

Im Folg  
siert un  
sich dat  
Abb. 1)  
gen an  
User St  
noch w  
schätzt  
mehrere

<sup>1</sup>Friedrich  
petra.kas

Jens Gallenbacher (Hrsg.): INFOS 2015 – Informatik allgemeinbildend begreifen  
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2015 191

## Agile Softwareentwicklung im Informatikunterricht – Ein Best-Practice-Beispiel am Spiel „Pengu“

Petra K.

Jens Gallenbacher (Hrsg.): INFOS 2015 – Informatik allgemeinbildend begreifen  
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2015 191

## Agiler Informatikunterricht als Anfangsunterricht

Lennard Kerber<sup>1</sup>, Petra Kastl<sup>2</sup> und Ralf Romeike<sup>2</sup>

Jens Gallenbacher (Hrsg.): INFOS 2015 – Informatik allgemeinbildend begreifen,  
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2015 219

## Ganzjähriger Projektunterricht mit agilem Framework

Ulrich Kiesmüller<sup>1</sup>, Petra Kastl<sup>2</sup> und Ralf Romeike<sup>3</sup>

Abstract: A  
lungsprojek  
Schule sind  
agiler Meth  
skriptierten Pr  
SchülerInnen  
bausteine je  
Methoden u  
beitsprozess.  
Unterrichtss  
gen. Es wen  
-giskripteten  
ben.

Keywor:

1

Die Verwe  
lich zu [Kc  
der Softwa  
sich sehr p  
[Ko14]. Au  
Rahmen de  
scher der I  
Modell für  
chung steh  
fachliche, r  
entwickeln  
ben, Anfän  
sing und ur  
ten, um ein

Abstract: In diesem Beitrag werden zwei jeweils achtmonatige Unterrichtsprojekte zweier 10. Klassen eines bayerischen Gymnasiums vorgestellt. Über die gesamte Zeit entwickelten Gruppen von je fünf bis neun Schülerinnen und Schülern mit der Programmiersprache Java ihr eigenes Softwareprojekt und erarbeiteten sich dabei informatische Konzepte der objektorientierten Programmierung und Modellierung. Zur Unterstützung wurden geeignete agile Praktiken ausgewählt und jeweils zeitverzögert durch weitere ergänzt. Die vorgenommene Anpassung des agilen Modells an den Kontext, die praktische Umsetzung und Beobachtungen werden im vorliegenden Beitrag beschrieben. Sie werden kontrastiert zu den Erfahrungen aus den Vorjahren, in denen nach dem Wasserfallmodell vorgegangen wurde. Abschließend werden wesentliche Erkenntnisse und Erfahrungen, die in die Weiterentwicklung des agilen Modells fließen, zusammengestellt.

Keywords: Einsatz agiler Methoden der Softwareentwicklung im Informatikunterricht, Projektunterricht

## 1 Objektorientierung und Softwareentwicklung im Unterricht

Grundlagen der objektorientierten Modellierung und Programmierung sind für die naturwissenschaftlich-technologische Ausbildungsrichtung an bayerischen Gymnasien im Lehrplan der 10. Jahrgangsstufe [IS03] verankert. Als Abschluss ist dort ein kleines Softwareprojekt vorgesehen, um den Lernenden zu vermitteln, dass man umfangreiche Aufgaben nur mit sorgfältig geplanter Teamarbeit, strukturiertem Vorgehen und basierend auf fachlichem Wissen lösen kann. Hierbei geben der bayerische Lehrplan und die gängigen

# Research-led implementation and further development with design-based research



## Process:

- a total of three cycles evaluated
- approx. 400 pupils
- different contexts:
  - compulsory courses, elective courses, optional courses
  - 8th grade to high school

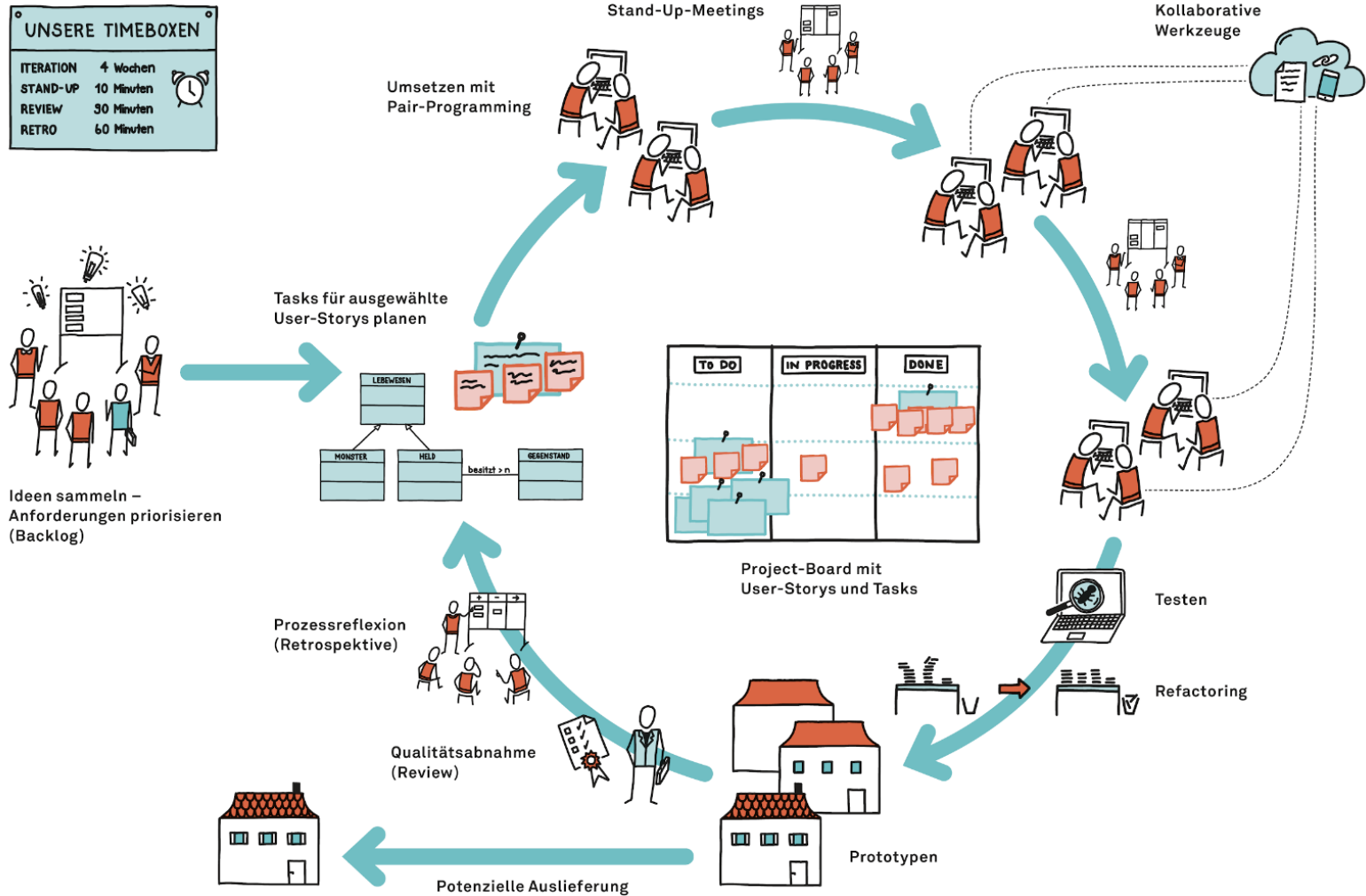
## Data Collection:

- Guided interviews, exemplary project documentation and results

## Strengths of the approach:

- cooperation with teachers at eye level
- fruitful and sustainable design of teacher training
- teachers continued as multipliers

# Development of an agile framework for project-based learning with design-based research



# From question answerer to coach and observer



“ ***My role as a teacher changed from "question answerer" and "fault finder" to 50% coach and 50% observer.***

*I was able to observe very well the technical learning progress and the positive development of social and organizational skills in the students. There was no longer any talk of waiting too long for support. Although I hardly ever had to help, the learners stated in the feedback that they felt well looked after.*

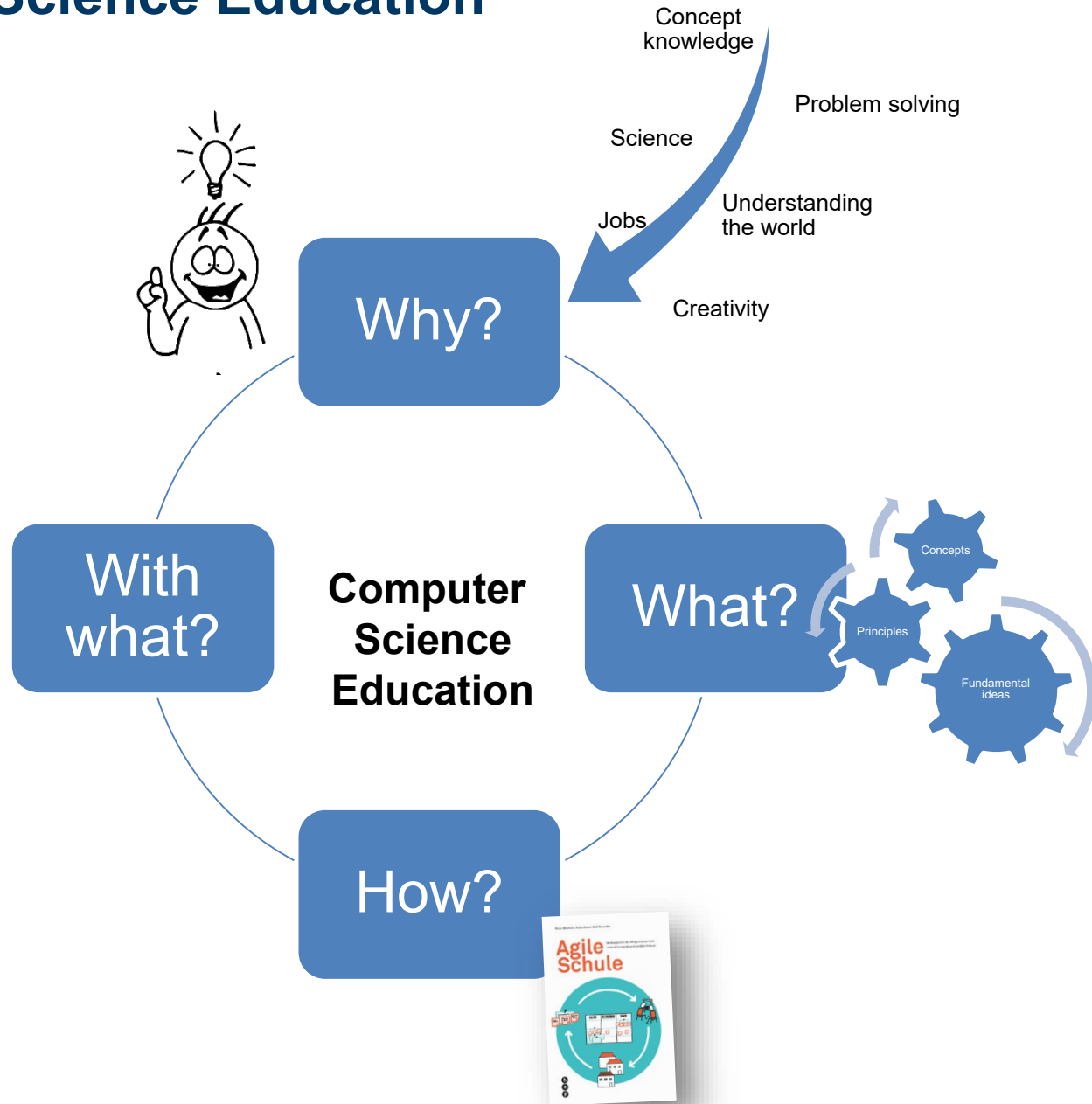
# Independent, goal-oriented way of working



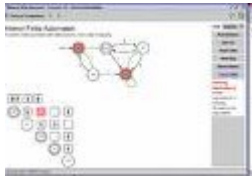
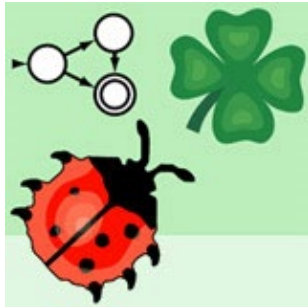
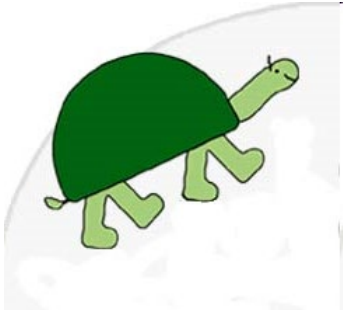
“ I was pleasantly surprised when a colleague asked me what I did with my students.

**“When I give your students an assignment,” she reported, “your students start working, while mine all come forward and ask questions first.”** Apparently, the project experience led to a sustained, more independent, goal-oriented way of working.

# Computer Science Education



# With what?



Scratch v402

key-catcher (german version) von nadja

lives: 50, key: 0

Scripts: **Wenn angeklickt** (green flag), setze Größe auf 40%, gehe zu x: -214 y: -152, setze lives auf 50, setze key auf 0, wechsele zu Kostüm costume1, wiederhole fortlaufend: falls Taste Pfeil nach links gedrückt? dann wechsele zu Kostüm costume3, ändere x um 5, falls Taste Pfeil nach rechts gedrückt? dann wechsele zu Kostüm costume1, ändere x um 5, falls Taste Pfeil nach oben gedrückt? dann ändere y um 5, wenn angeklickt, wiederhole fortlaufend: falls nicht wird Sprite2 berührt? und nicht wird Sprite9 berührt? und nicht wird Sprite11 berührt? dann ändere y um 2, Wenn angeklickt, wiederhole fortlaufend: falls lives = 0 dann

Figuren: Sprite1 (cat), Sprite2 (bat), Sprite3 (key), Sprite4 (sun), Sprite5 (dragon), Sprite6 (dog), Sprite7 (sheep), Sprite8 (bar), Sprite9 (bar), Sprite10 (bar), Sprite11 (parrot), Sprite12 (elephant)



# Smerge: A version control system for collaborative working with Snap!

The image displays the Smerge website and the Snap IDE interface. The Smerge website, located at <https://www.smerge.org>, features a logo of a stylized robot head and the text "smerge Version control for Snap!". Below the logo is a diagram illustrating the workflow: "initial post" leads to "created spaceship", which then branches into "move functionality" and "shoot missiles".

The Snap IDE interface, located at <https://snap.berkeley.edu/snapsource/snap.html>, shows a "blank\_project" with a "Post to smerge..." button. The IDE also displays a script editor with the following code blocks:

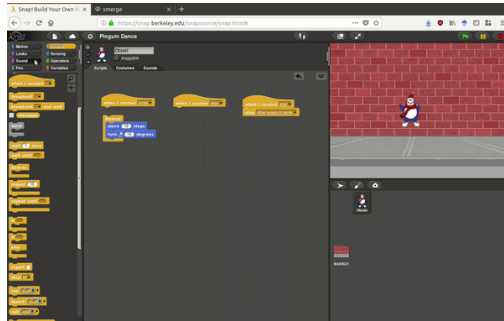
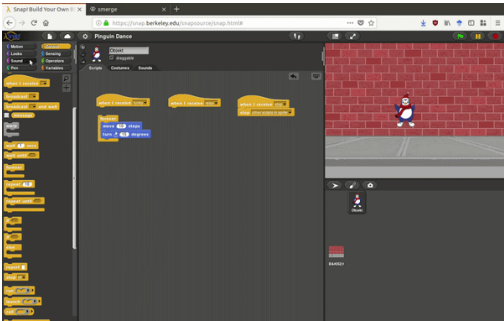
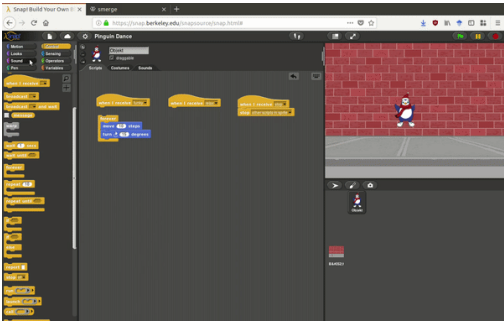
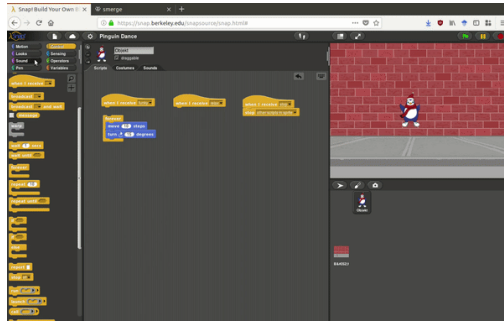
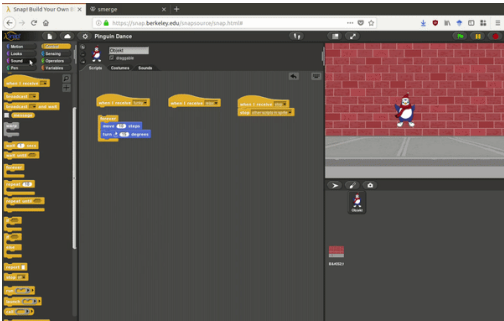
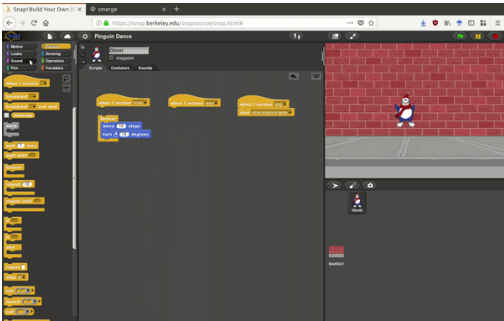
```
when clicked
  forever
    if key space pressed?
      shoot
  from post: shoot missiles

when clicked
  forever
    if key left arrow pressed?
      turn 5 degrees
    if key right arrow pressed?
      turn 45 degrees
    if key up arrow pressed?
      move 1 steps
  from post: added move functionality
```



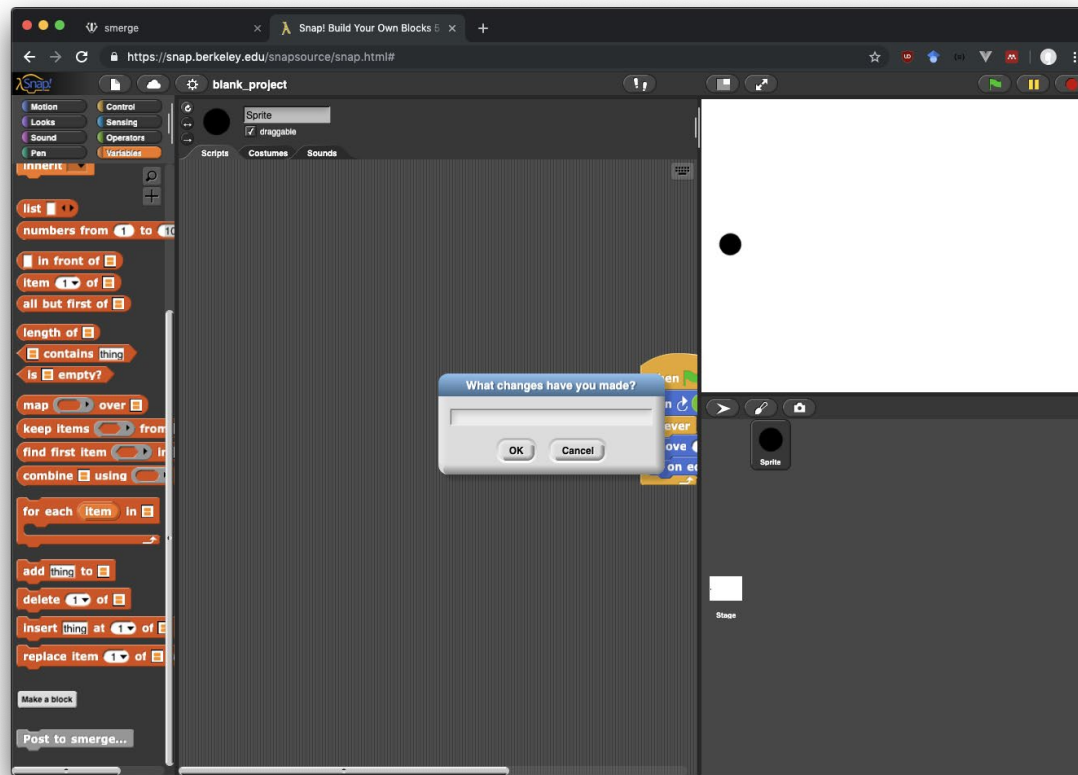


# Smerge: A version control system for collaborative working with Snap!



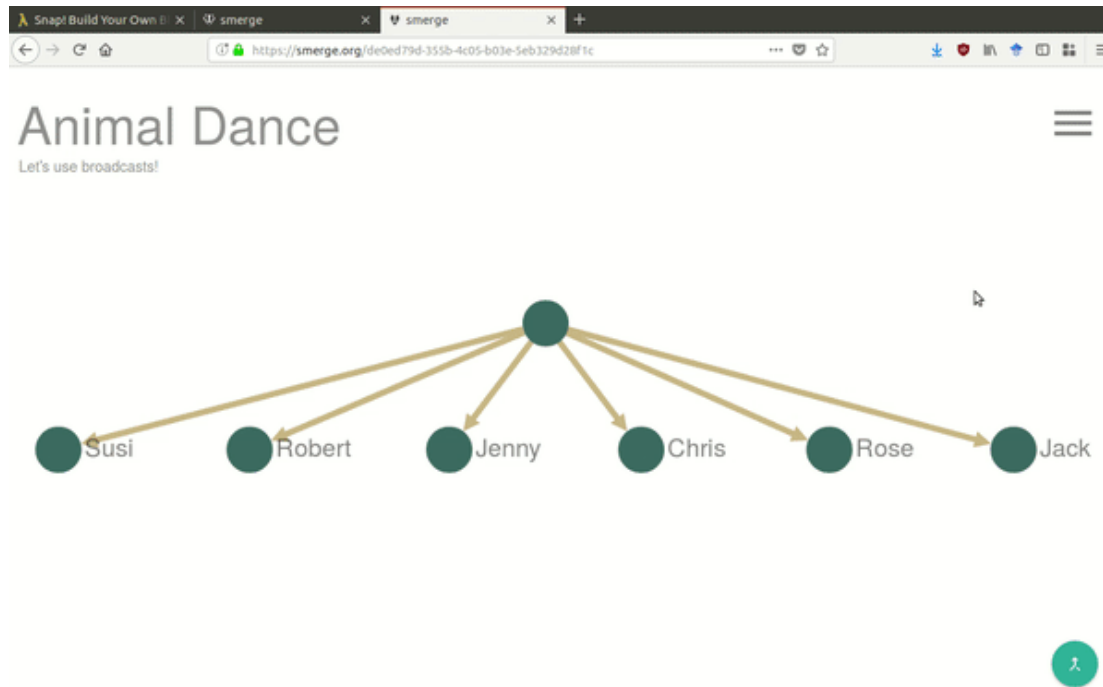
Work collaboratively...

# Smerge: A version control system for collaborative working with Snap!



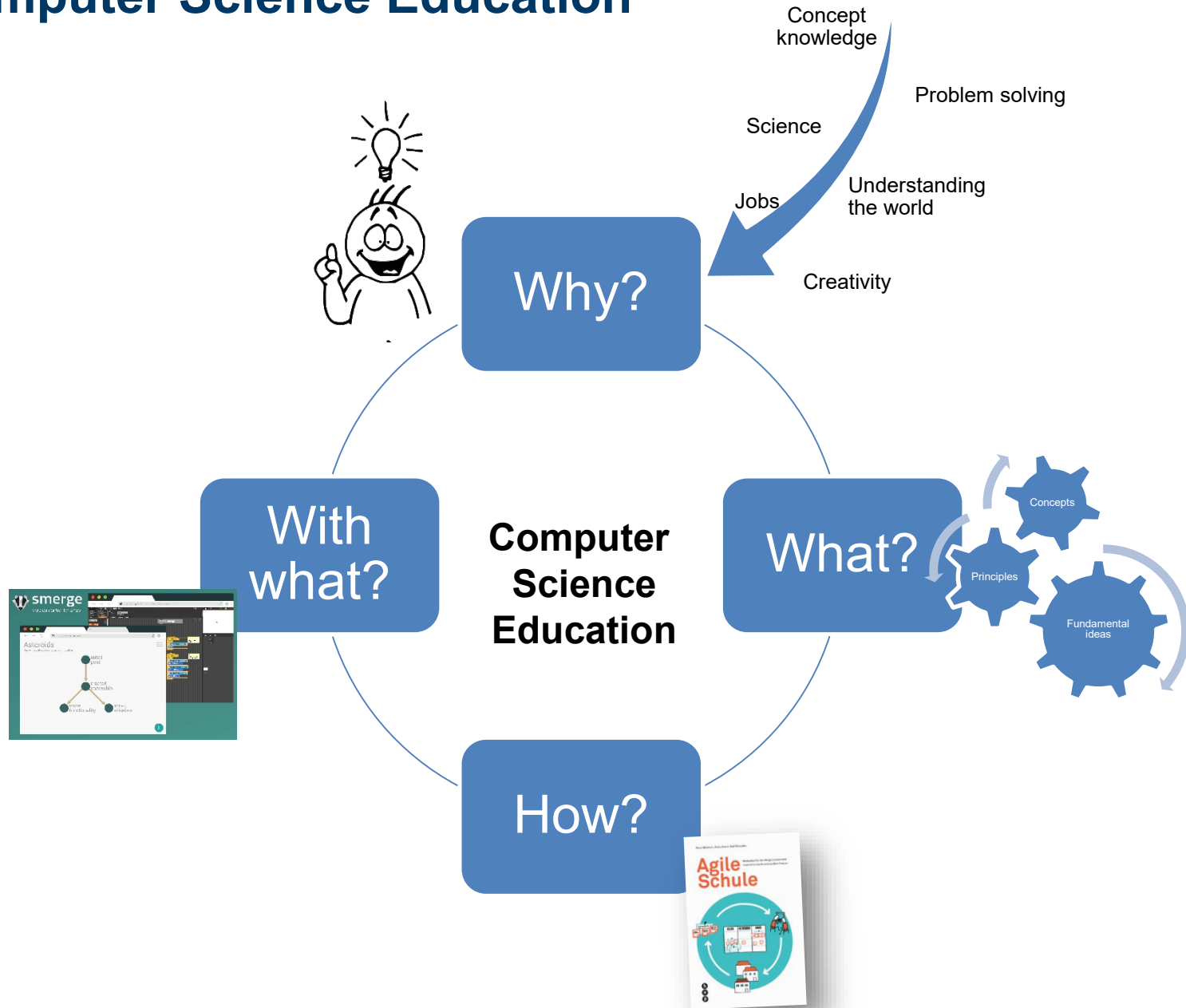
...post...

# Smerge: A version control system for collaborative working with Snap!

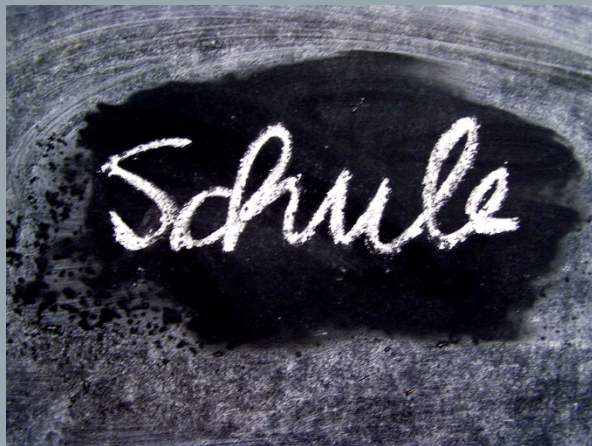


...(s)merge!

# Computer Science Education



# The Role of Computer Science Education for Understanding and Shaping the Digital Society



Prof. Dr. Ralf Romeike  
Computing Education Research Group Berlin  
Freie Universität Berlin



Computing Education

Computer science explained!