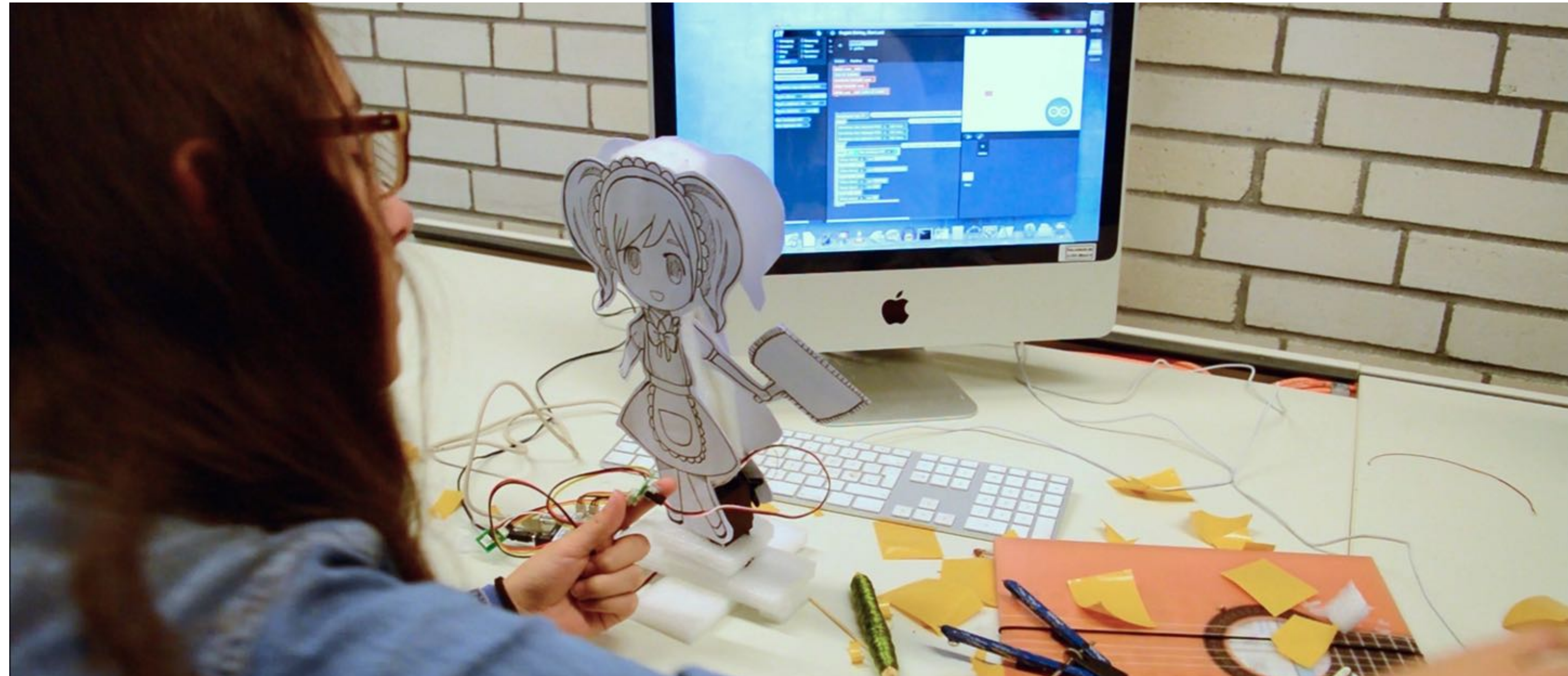




Forschung und Praxis: Physical Computing im Informatikunterricht

Prof. Dr. Mareen Przybylla,
Stiftungsprofessur Informatikdidaktik S1

Online-Vortrag an der Universität des Saarlandes am 20.01.2021

Ausgangslage: Phänomene der vernetzten «Digitalen Welt»

- interaktive und eingebettete Informatiksysteme dominieren unseren Alltag in vielen Bereichen
- zahlreiche Anwendungsgebiete, z. B. Robotik, Heimautomatisierung, Verkehr und Transport, Wearables
- neue Anforderungen an Schulen, die das Ziel verfolgen, Lernende dazu zu befähigen, die Welt in der sie leben zu verstehen und mitzugestalten



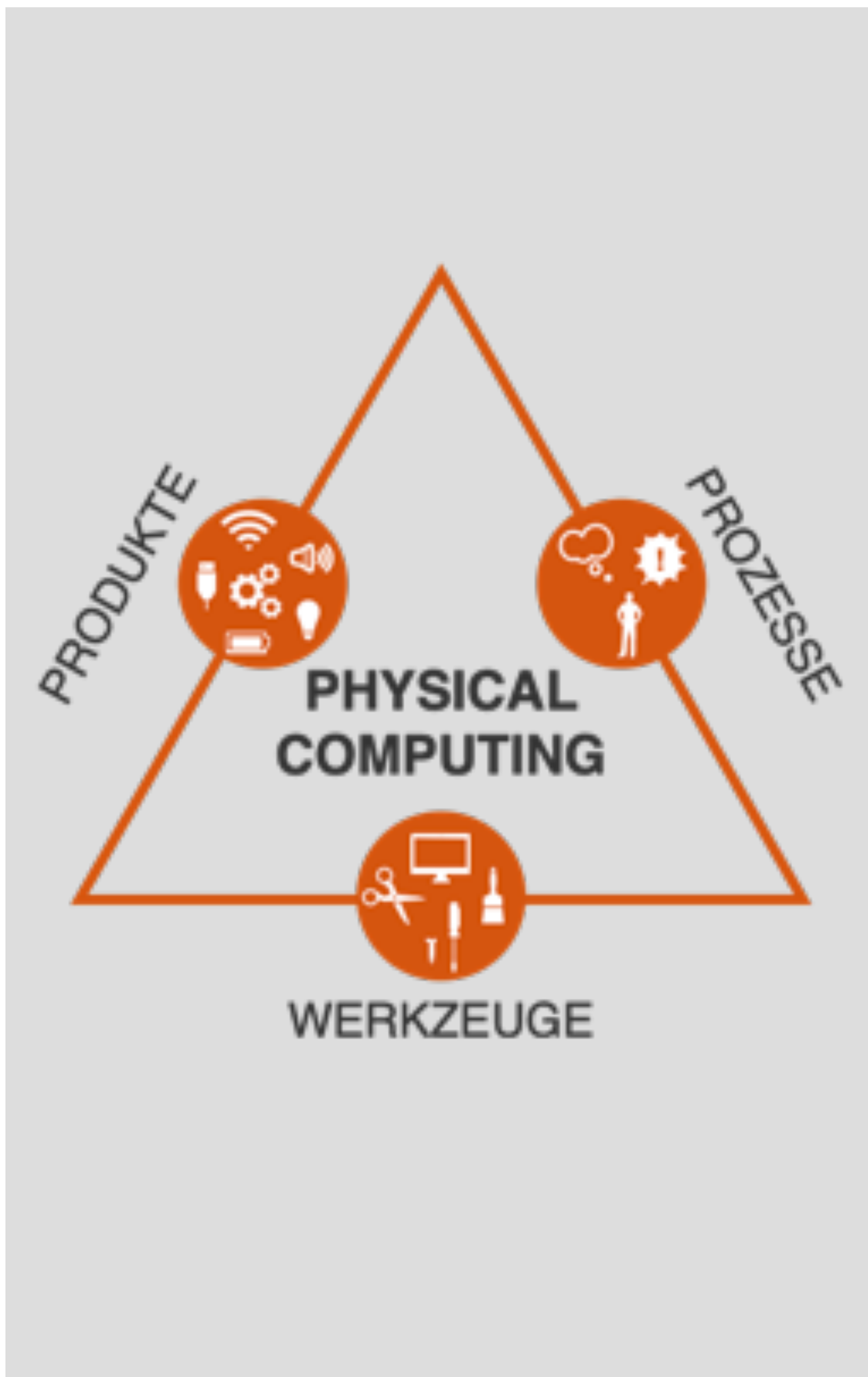
<http://www.iotphils.com/wp-content/uploads/2014/07/Smart-Cities.png>

Was ist Physical Computing?

- kreative Gestaltung und Entwicklung interaktiver, physischer Objekte und Systeme
 - programmierte, greifbare Artefakte interagieren über Sensoren und Aktoren mit ihrer Umwelt
 - Verhalten wird durch Programm gesteuert, das beispielsweise auf einem Mikrocontroller läuft
- Lernende schlüpfen in die Rolle von Erfindern und wenden Methoden und Konzepte der Gestaltung eingebetteter Systeme in kreativen und konstruktionistischen Lernumgebungen an



Was ist Physical Computing?



- programmierte, greifbare, interaktive Artefakte, die
 - Hard- und Softwarekomponenten vereinen
 - Sensoren und Aktoren als Ein- bzw. Ausgaben verwenden
 - kontinuierlich laufen und fortwährend mit ihrer Umgebung interagieren
 - vernetzt werden können



- kreative Methoden aus den Bereichen Kunst und Design
- zielgerichtetes Tinkern
- Prototypenherstellung in iterativen Prozessen
- strukturierte Projektplanung, die Ideen fokussiert

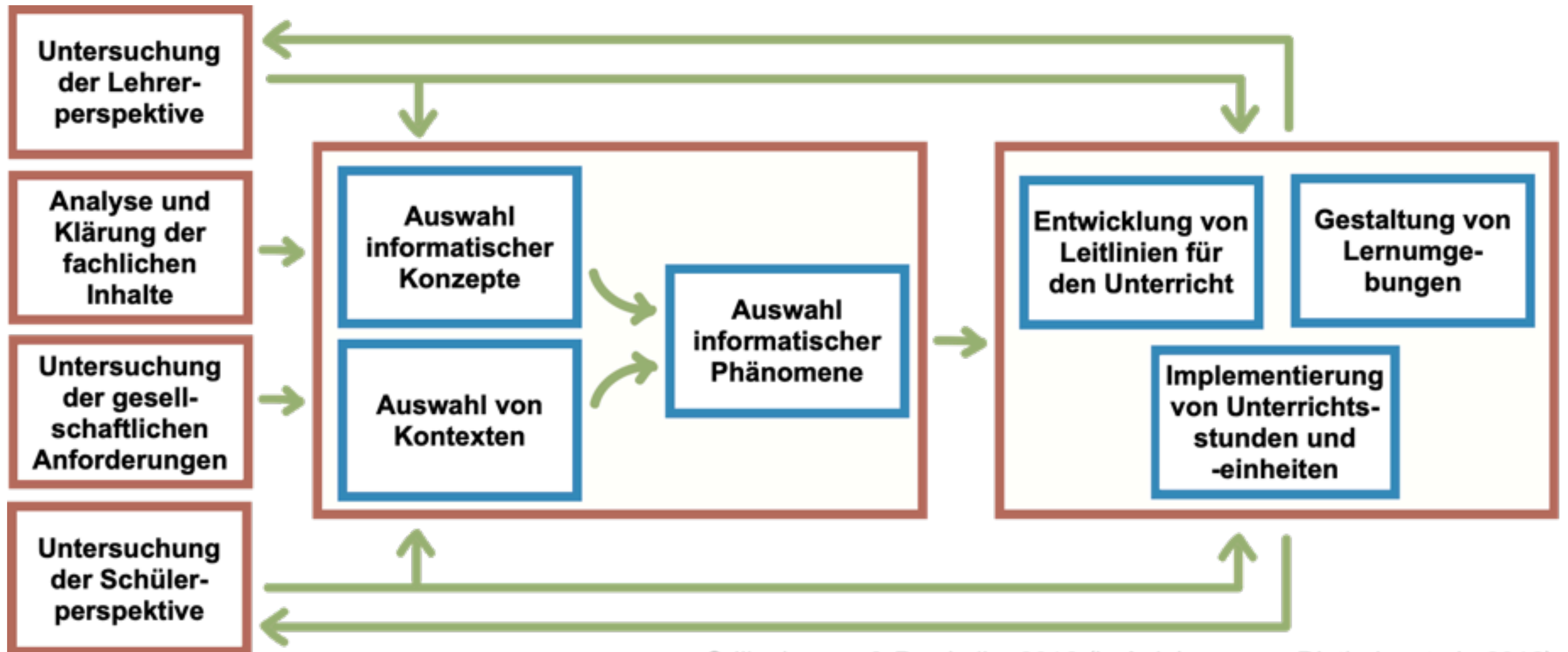


- Hardware: z. B. programmierbare Bausteine, Mikrocontrollerboards, Mini-Computer
- Programmierumgebung: z. B. blockbasiert, Flussdiagramm, textbasiert
- Kunst- und Bastelmaterial: z. B. Balsaholz, Pappe, Folie, Schere, Kleber

Forschungsfragen und -ziele

- Welche Aspekte des Physical Computings sind relevant und angemessen für die schulische Informatikbildung in den Sekundarstufen?
 - Wie kann Physical Computing möglichst effektiv im Informatikunterricht verankert werden?
- ➡ Zentrale Ziele des Forschungsprojektes:
- Klärung der zugrundeliegenden *Inhalte und Methoden*
 - Entwicklung von *Leitlinien/Gestaltungsprinzipien*
 - Entwicklung geeigneter *Lernszenarien, Werkzeuge und Materialien*
 - *Empirische Untersuchung* von Physical-Computing-Projekten im Informatikunterricht

Modell der didaktischen Rekonstruktion für den Informatikunterricht



Grillenberger & Przybylla, 2016 (in Anlehnung an Diethelm et al., 2012)

Erkenntnisse aus der didaktischen Rekonstruktion für den Informatikunterricht

**Untersuchung
der Lehrer-
perspektive**

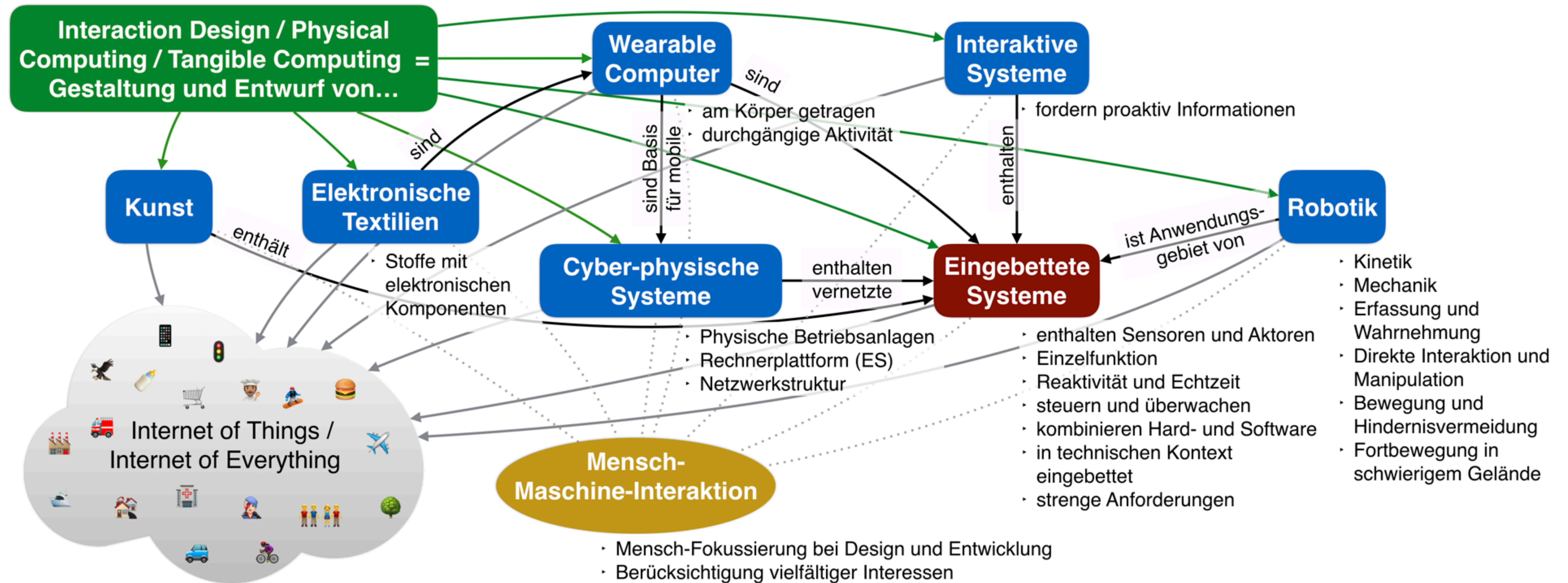
**Analyse und
Klärung der
fachlichen
Inhalte**

- Kernaspekte u. a. Kalibrierung, Sensordaten erfassen, Aktoren ansteuern, zeitkontinuierliche/diskrete Signale verarbeiten, Ereignis-/ Zeitsteuerung, Echtzeit, Zuverlässigkeit, nebenläufige Prozesse, Heterogenität eingebetteter Systeme
- kreative Methoden, Betonung von Aspekten aus Kunst und Design Thinking

**Untersuchung
der gesell-
schaftlichen
Anforderungen**

**Untersuchung
der Schüler-
perspektive**

Erkenntnisse aus der didaktischen Rekonstruktion für den Informatikunterricht



Erkenntnisse aus der didaktischen Rekonstruktion für den Informatikunterricht

Untersuchung der Lehrer- perspektive

Analyse und Klärung der fachlichen Inhalte

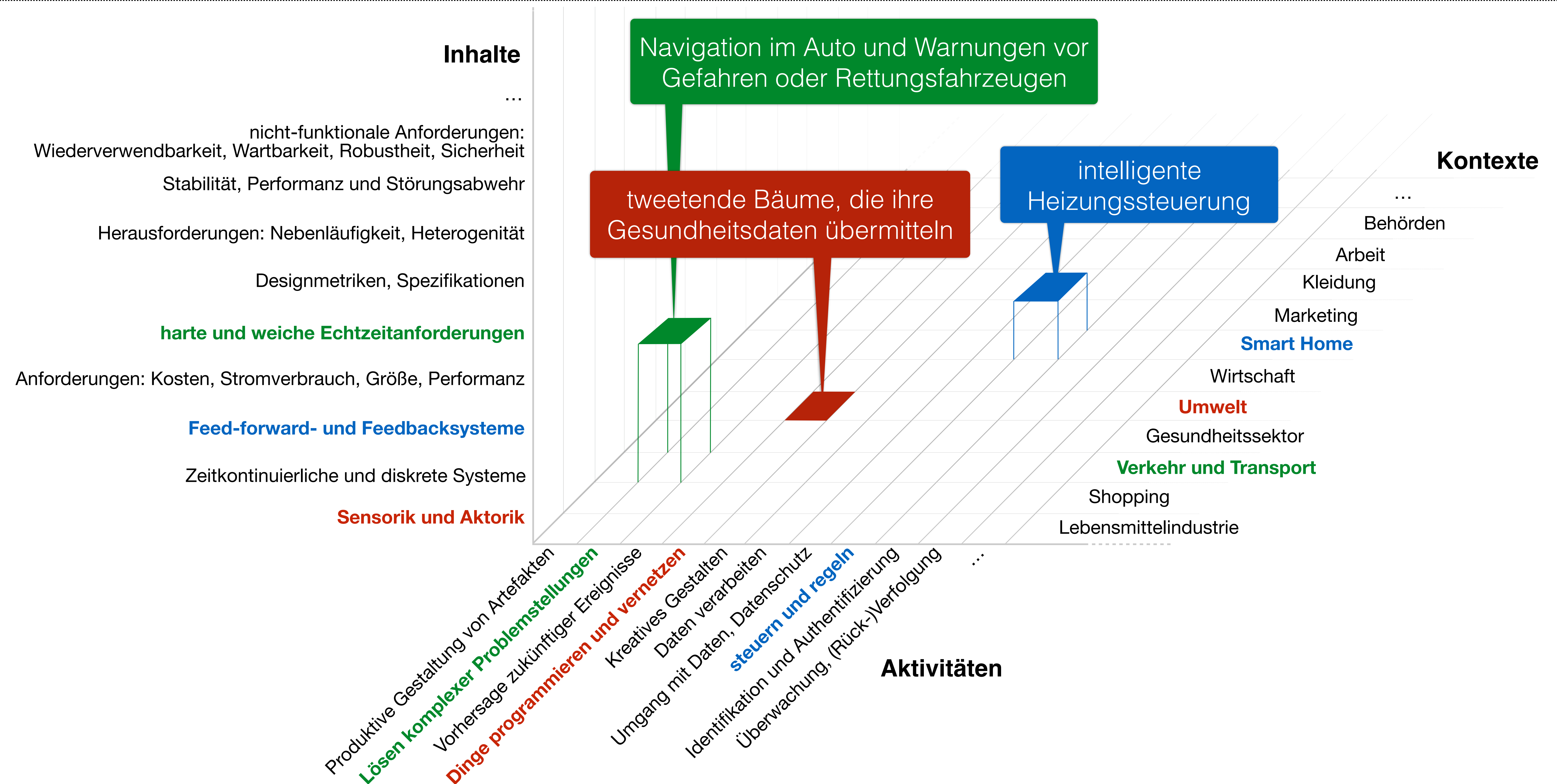
- Kernaspekte u. a. Kalibrierung, Sensordaten erfassen, Aktoren ansteuern, zeitkontinuierliche/diskrete Signale verarbeiten, Ereignis-/ Zeitsteuerung, Echtzeit, Zuverlässigkeit, nebenläufige Prozesse, Heterogenität eingebetteter Systeme
- kreative Methoden, Betonung von Aspekten aus Kunst und Design Thinking

Untersuchung der gesell- schaftlichen Anforderungen

- jeder sollte ein grundlegendes Verständnis darüber erlangen, wie Daten mit Hardware erfasst und verarbeitet werden, wie unterschiedlichste Dinge gesteuert werden können
- etwa 200 verschiedene konkrete Kontexte, Aktivitäten und Wissensbereiche/Inhalte

Untersuchung der Schüler- perspektive

Synthese aus Kontexten, Aktivitäten und Wissensbereichen/Inhalten: Phänomene als Ankerpunkte für den Unterricht



Erkenntnisse aus der didaktischen Rekonstruktion für den Informatikunterricht

Untersuchung der Lehrer- perspektive

- Interesse vor allem aus didaktischen Gründen, z. B. Motivation, Greifbarkeit
- Bedenken hinsichtlich Zeit, Gleichgewicht zwischen Basteln, Tinkern, Informatikinhalten
- Bedeutung zuverlässiger Werkzeuge, verwendbarer Unterrichtsmaterialien, Beispiele

Analyse und Klärung der fachlichen Inhalte

- Kernaspekte u. a. Kalibrierung, Sensordaten erfassen, Aktoren ansteuern, zeitkontinuierliche/diskrete Signale verarbeiten, Ereignis-/ Zeitsteuerung, Echtzeit, Zuverlässigkeit, nebenläufige Prozesse, Heterogenität eingebetteter Systemen
- kreative Methoden, Betonung von Aspekten aus Kunst und Design Thinking

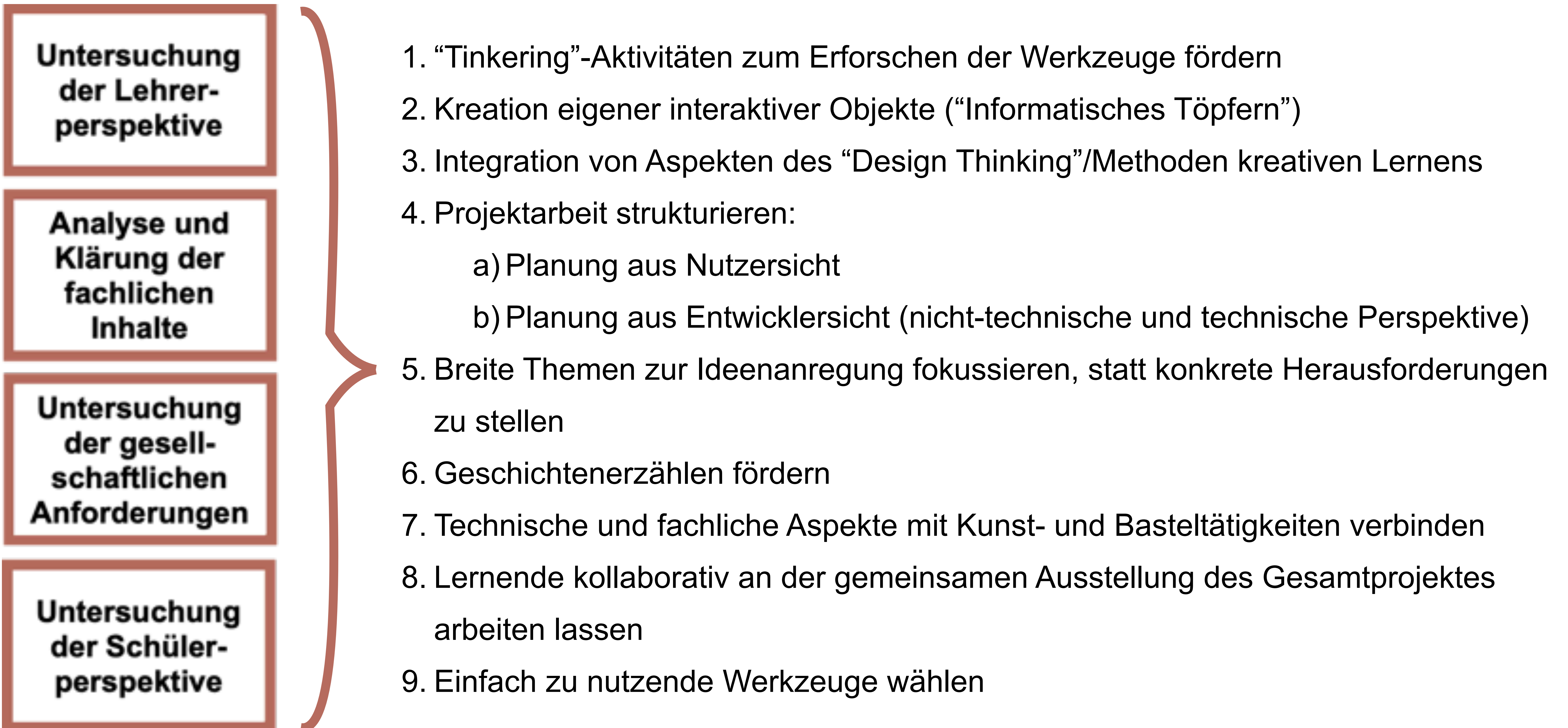
Untersuchung der gesell- schaftlichen Anforderungen

- jeder sollte ein grundlegendes Verständnis darüber erlangen, wie Daten mit Hardware erfasst und verarbeitet werden, wie unterschiedlichste Dinge gesteuert werden können
- etwa 200 verschiedene konkrete Kontexte, Aktivitäten und Wissensbereiche/Inhalte

Untersuchung der Schüler- perspektive

- eingebettete Systeme sind nicht im Fokus, eher vages Verständnis
- geringe Selbstwirksamkeit bei der Programmierung von Robotern trotz Programmiererfahrung
- sehr unterschiedliche Interessen, z. B. je nach Geschlecht

Erkenntnisse aus der didaktischen Rekonstruktion für den Informatikunterricht



Anwendung in der Praxis

Unterrichtsbeispiel My Interactive Garden

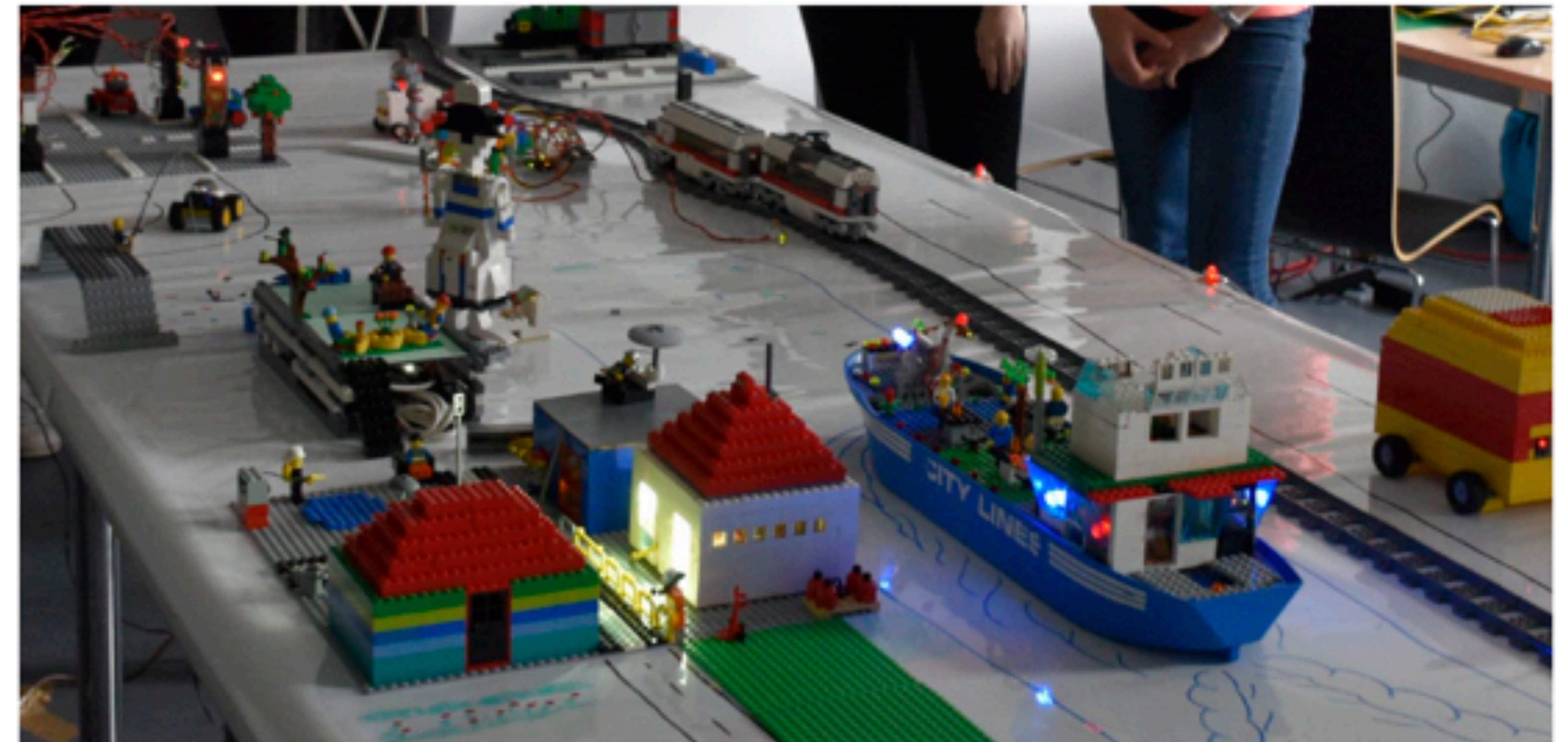
- Ausstellung eines interaktiven Gartens mit beliebigen Elementen, z. B.
 - Briefkasten, der meldet wenn er voll ist
 - Markisen auf der Terrasse, die bei starkem Lichteinfall ausfahren
 - Entenfütteranlage am Teich
 - automatische Gartenbeleuchtung
 - tanzende Blumen uvm.
- MyIG Toolbox (Arduino + Shield + Sensoren/Aktoren)



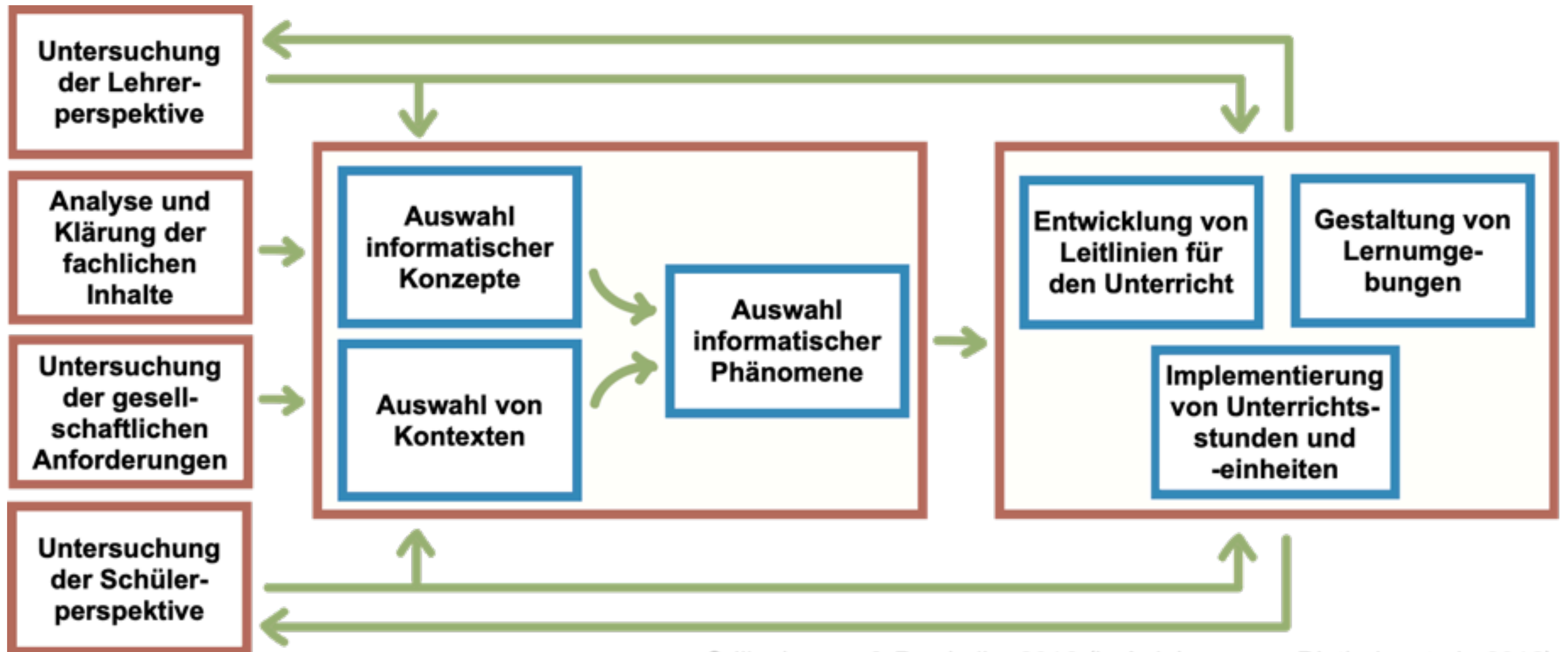
Anwendung in der Praxis

Unterrichtsbeispiel LEGO Smart City

- Projekt-Szenario "Smart City"
- eine interaktive Stadt aus LEGO-Steinen bauen und erweitern, die viele eingebettete Systeme enthält:
 - Umweltdaten erfassen, z. B. Wettereinflüsse, Verkehrsaufkommen, Müllstand
 - die Umwelt beeinflussen, z. B. Markisen einfahren, Ampelsteuerung anpassen, Müllabholung regulieren
- LEGO-Steine, WLAN-fähige Mikrocontroller (batteriebetrieben), Modulare Sensoren und Aktoren



Modell der didaktischen Rekonstruktion für den Informatikunterricht



Grillenberger & Przybylla, 2016 (in Anlehnung an Diethelm et al., 2012)

Umsetzung, Überarbeitung und Dissemination

- *Exploration:*
Pilotstudie zur Machbarkeit in AG (9. Klasse),
Evaluation des Baukastenprototyps, Akzeptanz
des informatischen Töpferns (nur Jungs)
- *Testen und Überarbeitung:*
Evaluation und Weiterentwicklung des
Lernszenarios, der Materialien und Werkzeuge
im regulären Unterricht (10. Klasse);
Überarbeitung der Leitlinien zur
Unterrichtsgestaltung
- *Verbreitung:*
Lehrkräftefortbildungen,
Evaluation der Leitlinien und verschiedener
Adaptierungen von MyIG sowie weiterer
Lernszenarien

Jahr	Phase	MyIG	allgemein
2013	Exploration	C0 me	
2014	Testen und Überarbeitung	C1 me to	
2015		C2 me to	
2016	Verbreitung: Evaluation von Umsetzungen in verschiedenen Umgebungen		C3 t1
			C4 t2
			C5 t3
		C6 t4	C7 t3
		C8 t5	C9 t6
			C10 t7
			C11 t7
2017		C12 t4	
		C13 t7	
		C14 t8	

Fallstudie: Physical Computing im Informatikunterricht



Workshop



Unterricht



Interview

Vergleich verschiedener Ansätze von Lehrpersonen zur Realisierung von Physical-Computing-Projekten im Unterricht:

- Wie organisieren die Lehrpersonen den Prozess des Physical Computings im Unterricht?
- Wie kann der Design-Ansatz erfolgreich integriert werden?
- Wie wird die Arbeit der Lernenden begutachtet, um das Erreichen der Lernergebnisse zu bewerten?



Fallstudie: Physical Computing im Informatikunterricht

Umsetzung	Stufe	Schulart	Zeitraum	Gruppengröße	Werkzeug (HW)	Werkzeug (SW)
A	10	Gym	zwei 90-Min.-Blöcke	2	Arduino + Grove Starter Kit	Arduino-IDE
B	12	GS	acht Unterrichtsstunden (45 Min.)	3-4	MyIG Toolbox	Arduino-IDE
C	13	GS	15 Unterrichtsstunden (45 Min.)	3-4	MyIG Toolbox	Arduino-IDE
D	9	Gym	vier 90-Min.-Blöcke + zwei Projektstage	2-3	Arduino + Tinkerkit	Snap4Arduino
E	9	Gym	vier 90-Min.-Blöcke + zwei Projektstage	4-5	Arduino + Tinkerkit	Snap4Arduino
F _a , F _b	7	Gym	acht 90-Min.-Blöcke	2	Makey Makey	Scratch
G	10	ISS	18 Unterrichtsstunden (45 Min.)	1-2	MyIG Toolbox	Arduino-IDE

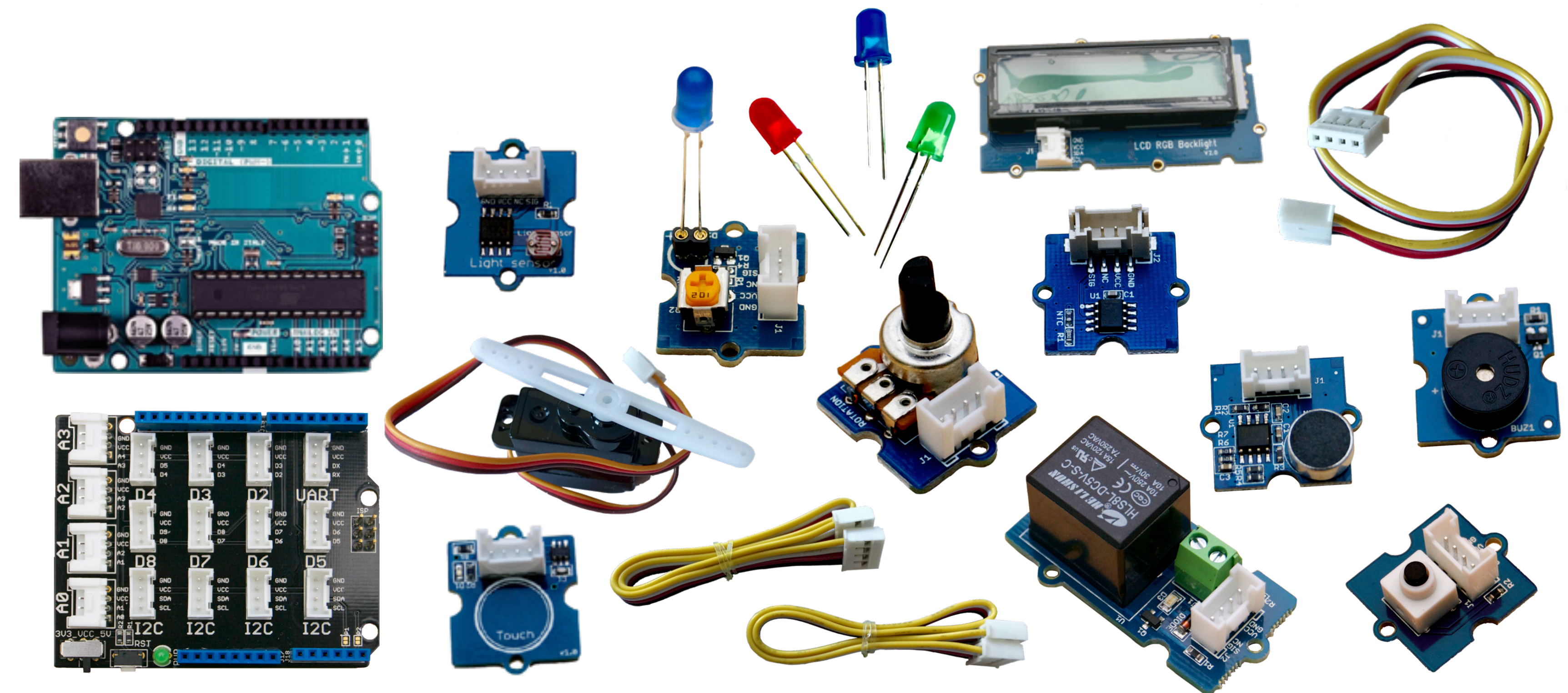
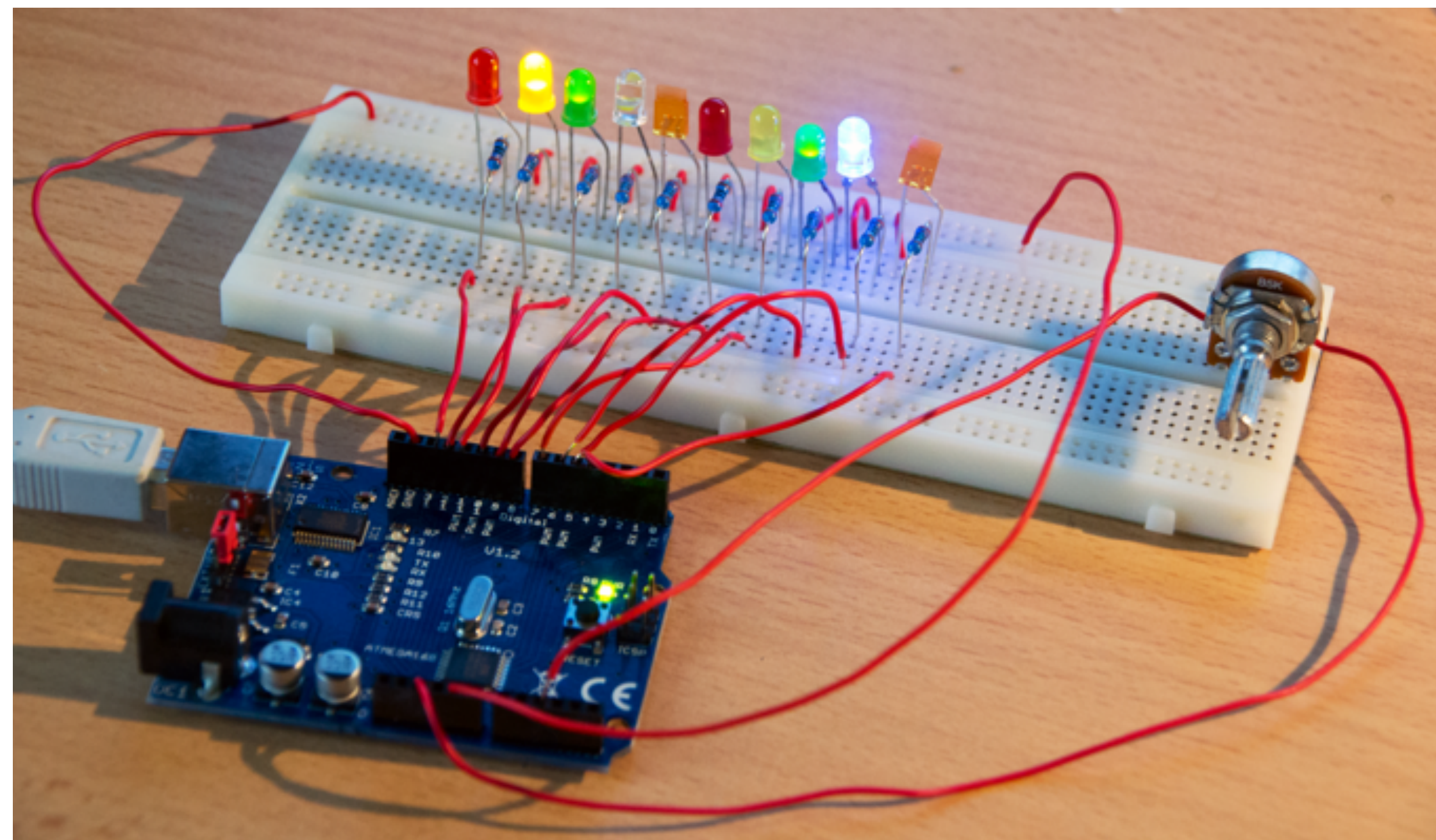
Überblick über die verschiedenen Umsetzungen.

Schularten: Gym=Gymnasium, GS=Gemeinschaftsschule, ISS=Integrierte Sekundarschule.

Fallstudie: Physical Computing im Informatikunterricht

Tools (Hardware)

- allgemeiner Konsens, vorgefertigte Sensor- und Aktormodule gegenüber Steckbrettern und elektronischen Bauteilen zu bevorzugen



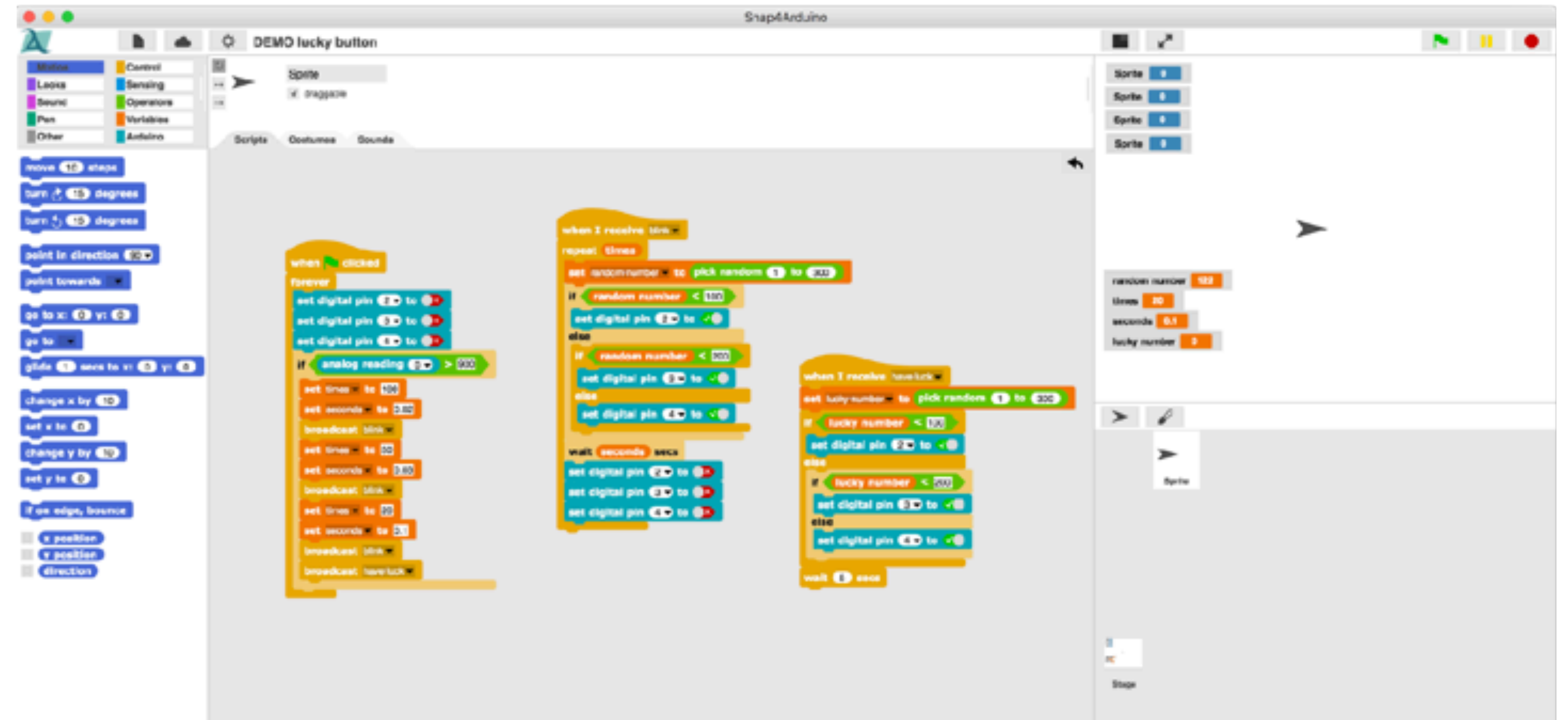
Fallstudie: Physical Computing im Informatikunterricht

Tools (Software)

- text-basierte Arduino-IDE, block-basiertes Snap4Arduino



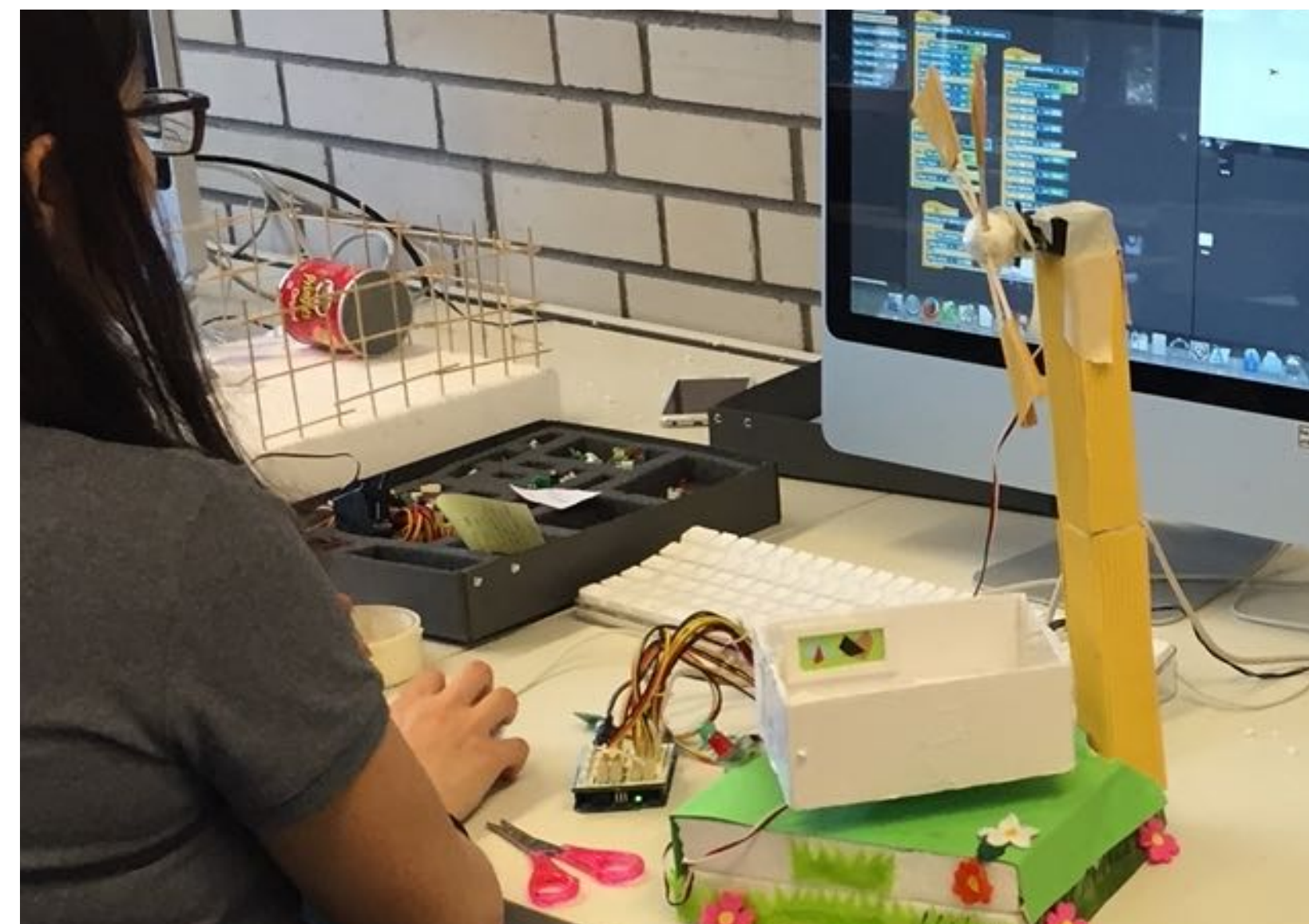
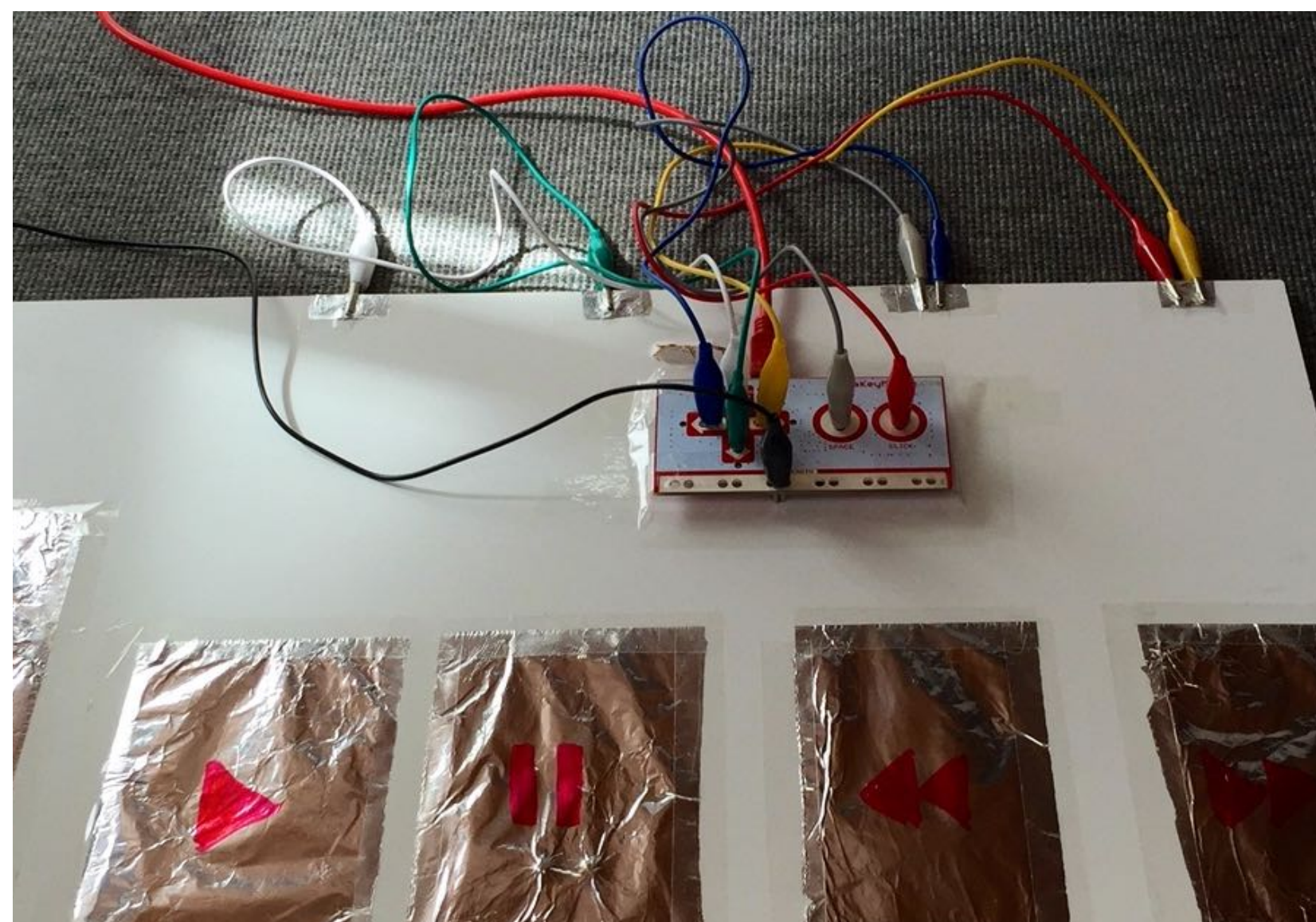
```
1 // remove comment if servos are used:
2 #include <Servo.h>
3
4 // remove comment and replace # by pin number of servo; repeat for each servo used
5 servo myservo1;
6 servo myservo2;
7 servo myservo3;
8
9 // remove comment Time library is used:
10 // #include Time.h
11
12 String dir;
13
14 void setup()
15 {
16 // remove comment if serial connection needed:
17 // Serial.begin(9600);
18
19 String type? = "servo";
20 if (type? == "digital input")
21 {pinMode(7, INPUT);}
22 else if (type? == "digital output")
23 {pinMode(7, OUTPUT);}
24 else if (type? == "PWM")
25 {pinMode(7, OUTPUT);}
26 else
```



Fallstudie: Physical Computing im Informatikunterricht

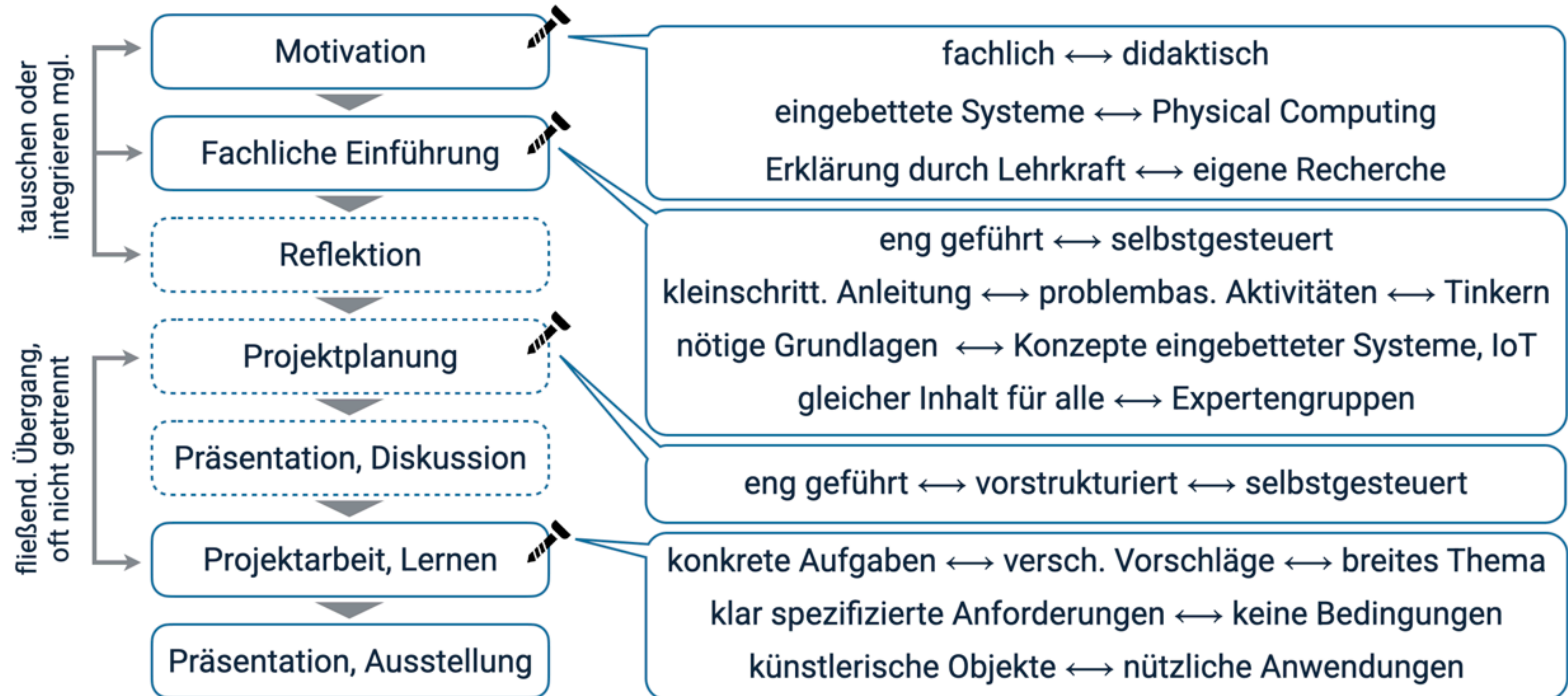
Settings

- häufig Projekte am Ende des Schuljahres
- meist: Eignung der Werkzeuge erproben, grundlegende Einführung in Mikrocontrollerprogrammierung, Sensoren und Aktoren
- „Basteln“ wird als wichtig und nicht hinderlich empfunden
- Einschätzung und Bewertung der Schülerarbeiten wird als schwierig wahrgenommen



Fallstudie: Physical Computing im Informatikunterricht

Typischer Unterrichtsverlauf



Auswirkungen von Physical Computing auf den Informatikunterricht

Prä-Post-Interventionsstudie mit zwei Fragebögen

- Vergleiche zwischen direkt vorangegangener Unterrichtseinheit und Physical-Computing-Unterricht:
 - intrinsische Motivation: Interesse/Vergnügen, wahrgenommene Kompetenz, wahrgenommene Wahlfreiheit, Druck/Anspannung
 - Wahrnehmung des Umfangs und Schwierigkeitsgrades der Lerninhalte und des persönlichen Wissenszuwachses
 - Selbstwirksamkeitsempfinden in der Informatik und im Physical Computing
- Kombination mit qualitativen Methoden, um mögliche identifizierte Effekte zu ergründen

Didaktik der Informatik

Universität

Fragebogen zur Wahrnehmung des Informatikunterrichts

4.3 Inwiefern stimmst Du den folgenden Aussagen zur **letzten Unterrichtseinheit** im Informatikunterricht (Physical Computing) zu?

	Stimmt gar nicht	Stimmt wenig	Stimmt teils teils	Stimmt ziemlich	Stimmt völlig
Der Unterricht hat mir Spaß gemacht.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich fand den Unterricht sehr interessant.	☐	☐	☐	☐	☐
Der Unterricht war unterhaltsam.	☐	☐	☐	☐	☐
Mit meiner Leistung im Unterricht bin ich zufrieden.	☐	☐	☐	☐	☐
Bei der Tätigkeit im Unterricht stellte ich mich geschickt an.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich glaube, ich war bei der Tätigkeit im Unterricht ziemlich gut.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich konnte die Tätigkeit im Unterricht selbst steuern.	☐	☐	☐	☐	☐
Bei der Tätigkeit im Unterricht konnte ich wählen, wie ich es mache.	☐	☐	☐	☐	☐
Bei der Tätigkeit im Unterricht konnte ich so vorgehen, wie ich es wollte.	☐	☐	☐	☐	☐
Bei der Tätigkeit im Unterricht fühlte ich mich unter Druck.	☐	☐	☐	☐	☐
Bei der Tätigkeit im Unterricht fühlte ich mich angespannt.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich hatte Bedenken, ob ich die Tätigkeit im Unterricht gut hinbekomme.	☐	☐	☐	☐	☐

4.4 Wie schätzt Du den vorgestellten Lernstoff der **letzten Unterrichtseinheit** im Informatikunterricht (Physical Computing) ein?

Der Schwierigkeitsgrad war ...	hoch	☐	angemessen	☐	niedrig	☐
Der Stoffumfang war ...	viel	☐	angemessen	☐	wenig	☐
Ich habe im Unterricht gelernt ...	viel	☐	angemessen	☐	wenig	☐

phsz

23

Auswirkungen von Physical Computing auf den Informatikunterricht

Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM)

Interesse/Vergnügen

- (1) Der Unterricht hat mir Spaß gemacht.
- (2) Ich fand den Unterricht sehr interessant.
- (3) Der Unterricht war unterhaltsam.

Wahrgenommene Kompetenz

- (4) Mit meiner Leistung im Unterricht bin ich zufrieden.
- (5) Bei der Tätigkeit im Unterricht stellte ich mich geschickt an.
- (6) Ich glaube, ich war bei der Tätigkeit im Unterricht ziemlich gut.

Wahrgenommene Wahlfreiheit

- (7) Ich konnte die Tätigkeit im Unterricht selbst steuern.
- (8) Bei der Tätigkeit im Unterricht konnte ich wählen, wie ich es mache.
- (9) Bei der Tätigkeit im Unterricht konnte ich so vorgehen, wie ich es wollte.

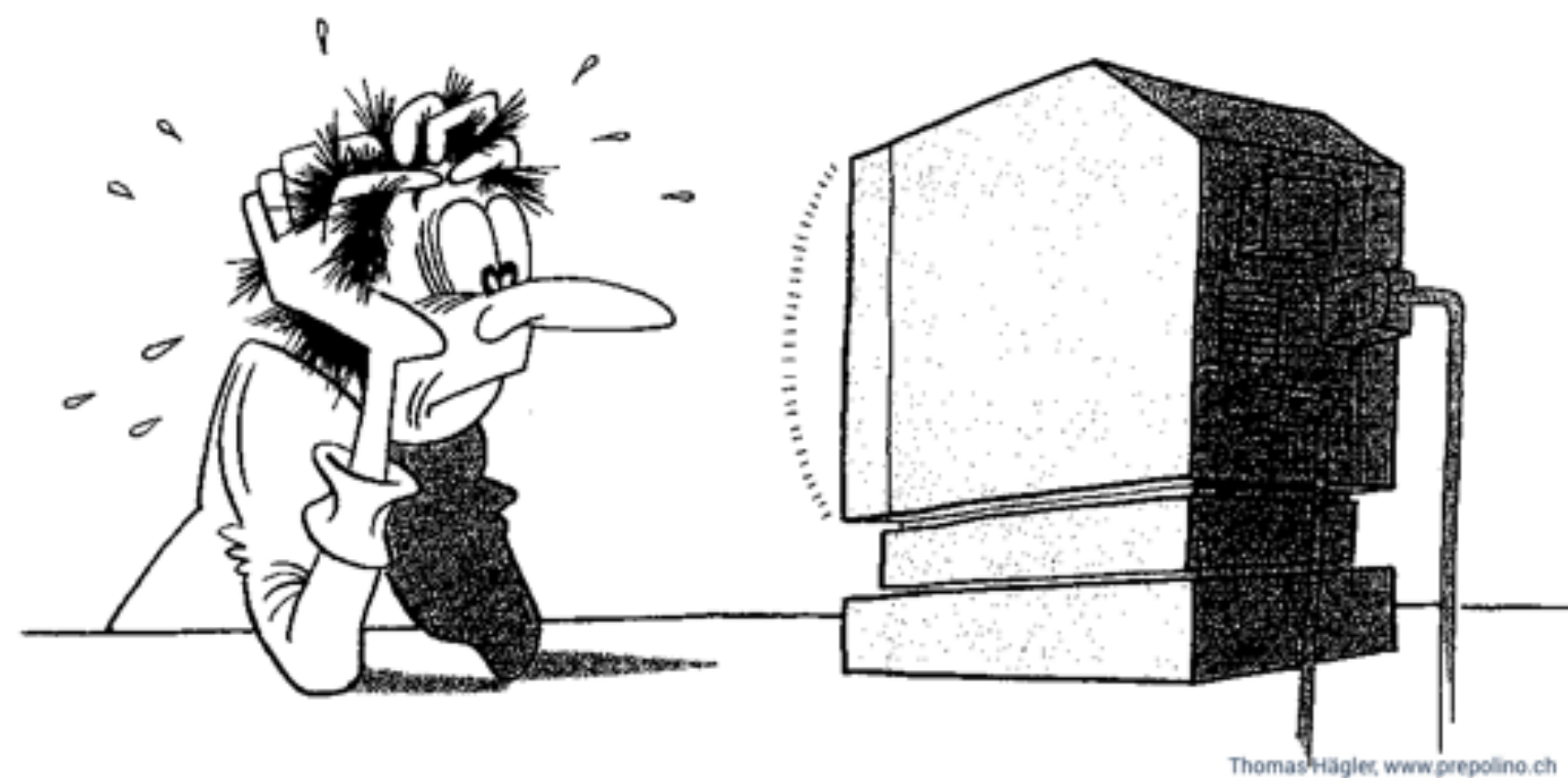
Druck/Anspannung

- (10) Bei der Tätigkeit im Unterricht fühlte ich mich unter Druck.
- (11) Bei der Tätigkeit im Unterricht fühlte ich mich angespannt.
- (12) Ich hatte Bedenken, ob ich die Tätigkeit im Unterricht gut hinbekomme.

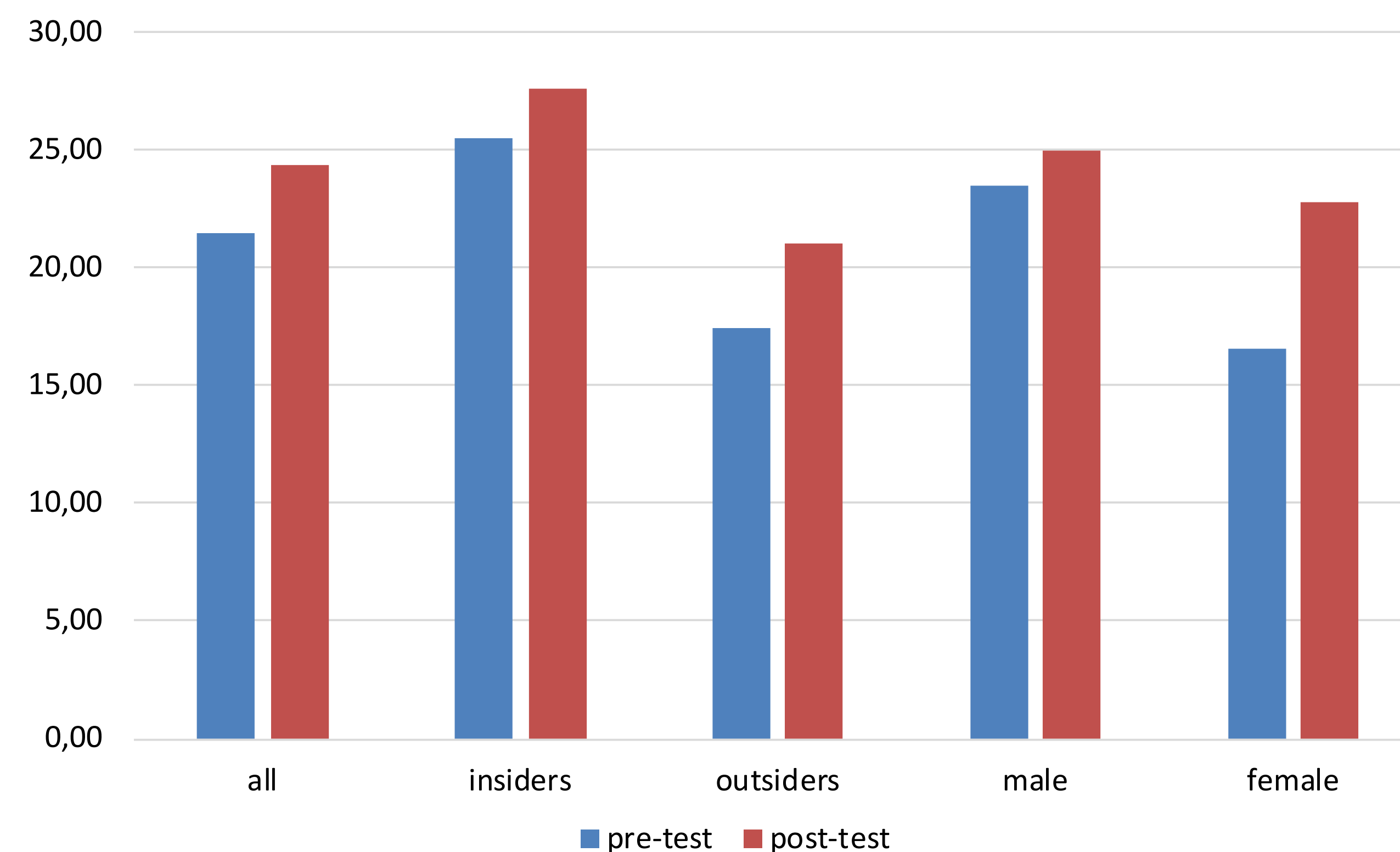
Auswirkungen von Physical Computing auf den Informatikunterricht

Intrinsische Motivation: Hypothesen

- (I) Physical Computing ist eine intrinsisch hoch motivierende Aktivität für Schülerinnen und Schüler.
- (II) Bezüglich intrinsischer Motivation profitieren “Outsider” stärker als “Insider” von Physical Computing.
- (III) Bezüglich intrinsischer Motivation profitieren Mädchen stärker als Jungen von Physical Computing.



“Outsider” haben Abneigungen gegen Computer und empfinden Informatikinhalte in der Schule als nutzlos, unverständlich oder nebulös.



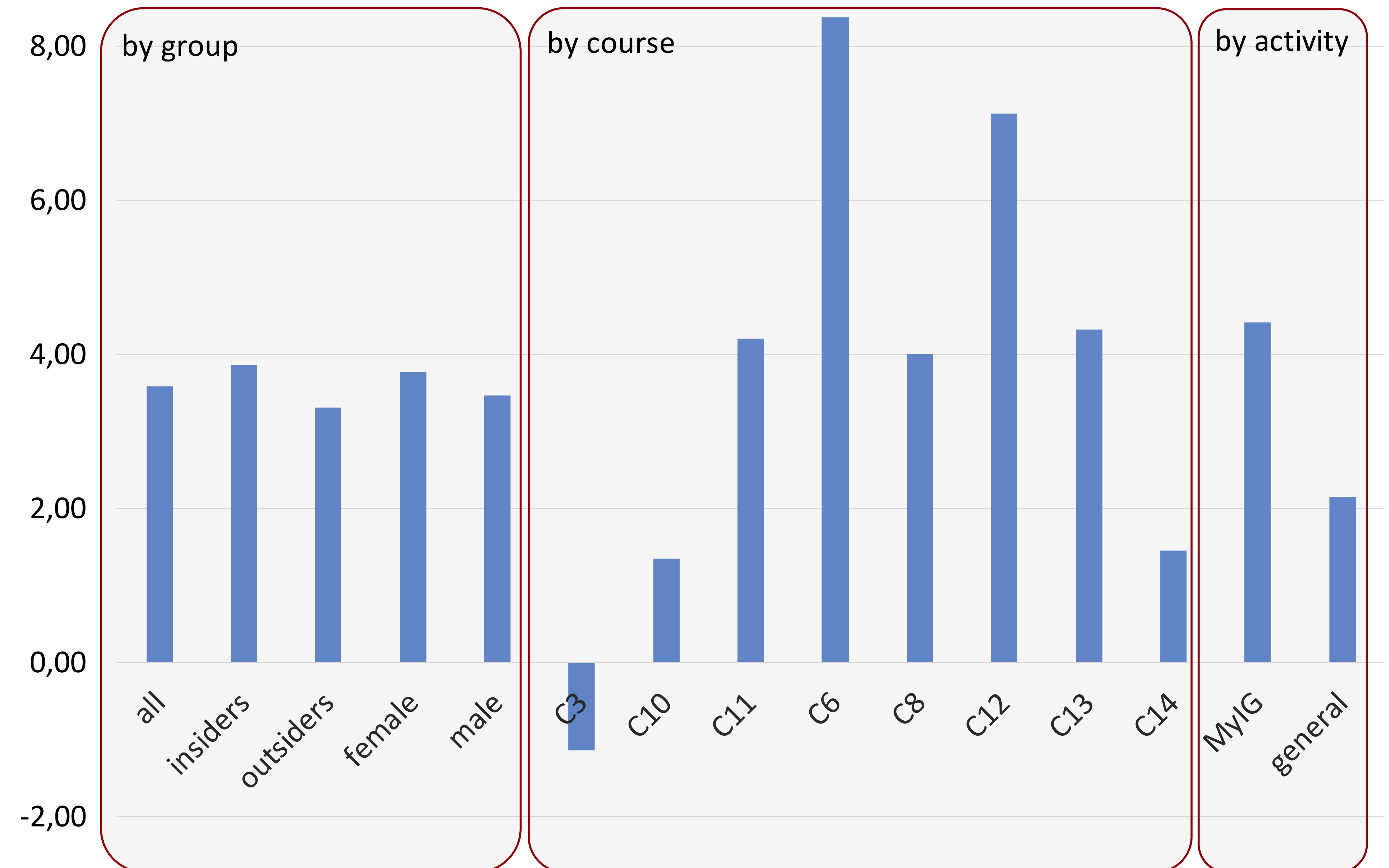
“Insider” sind computererfahren und nehmen Informatikinhalte in der Schule als nützlich wahr, um ihr Wissen zu erweitern und Probleme zu lösen.

Auswirkungen von Physical Computing auf den Informatikunterricht

Intrinsische Motivation: Ergebnisse und Interpretation

- $N_{\text{total}} = 163$ (64♀ / 99♂)
- $N_{\text{insiders}} = 63$, $N_{\text{outsiders}} = 79$
- $N_{\text{MyIG}} = 94$, $N_{\text{notMyIG}} = 69$

Grafik: Prä-Post-Vergleich der verschiedenen Stichproben in der Hauptstudie; Intervall [0, 36]



Auswirkungen von Physical Computing auf den Informatikunterricht

Intrinsische Motivation: Überprüfung der Hypothesen

(I) Physical Computing ist eine intrinsisch hoch motivierende Aktivität für Schülerinnen und Schüler.

- im Durchschnitt höhere intrinsische Motivation nach Physical-Computing-Aktivitäten, als nach anderen Unterrichtsaktivitäten in Informatik ($M_{\text{prä}} = 20.39$, $SE = 0.67$; $M_{\text{post}} = 23.94$, $SE = 0.48$)
 - Zweistichproben-t-Test mit Messwiederholung (einseitig): Prä-Post-Differenz ist hoch signifikant und zeigt starken Effekt
- ➡ Als Schlussfolgerung wird Hypothese (I) akzeptiert

Auswirkungen von Physical Computing auf den Informatikunterricht

Intrinsische Motivation: Überprüfung der Hypothesen

(I) Bezüglich intrinsischer Motivation profitieren “Outsider” stärker als “Insider” von Physical Computing.

(II) Bezüglich intrinsischer Motivation profitieren Mädchen stärker als Jungen von Physical Computing.

- Daten bestätigen die Hypothesen nicht: in beiden Untersuchungen zeigen beide Gruppen höhere Motivationswerte im Post-Test und der Abstand zwischen den Gruppen steigt sogar leicht an

➡ Hypothesen II und III werden verworfen

Auswirkungen von Physical Computing auf den Informatikunterricht

Intrinsische Motivation: weitere Ergebnisse

- MyIG-Umsetzungen zeigen im Durchschnitt mehr als doppelt so hohe Motivationswerte, wie beliebige Physical-Computing-Aktivitäten
- in Kursen mit geringem Motivationszuwachs konnten folgende Probleme identifiziert werden:
 - fehlendes Material
 - keine Struktur in der Projektplanung
 - aber auch zu eng geführt, zu detaillierte Erklärungen
- MyIG-Umsetzungen waren besser geeignet, um Mädchen anzusprechen

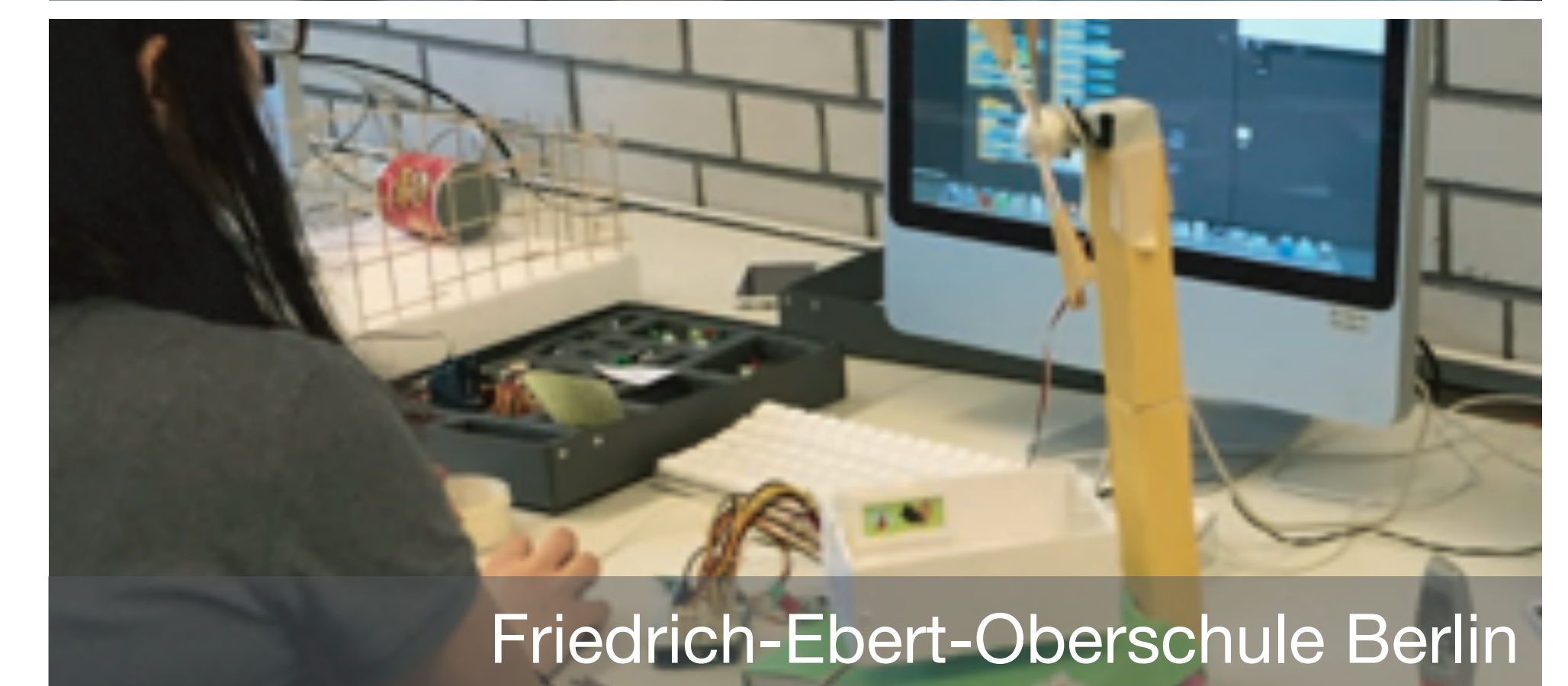
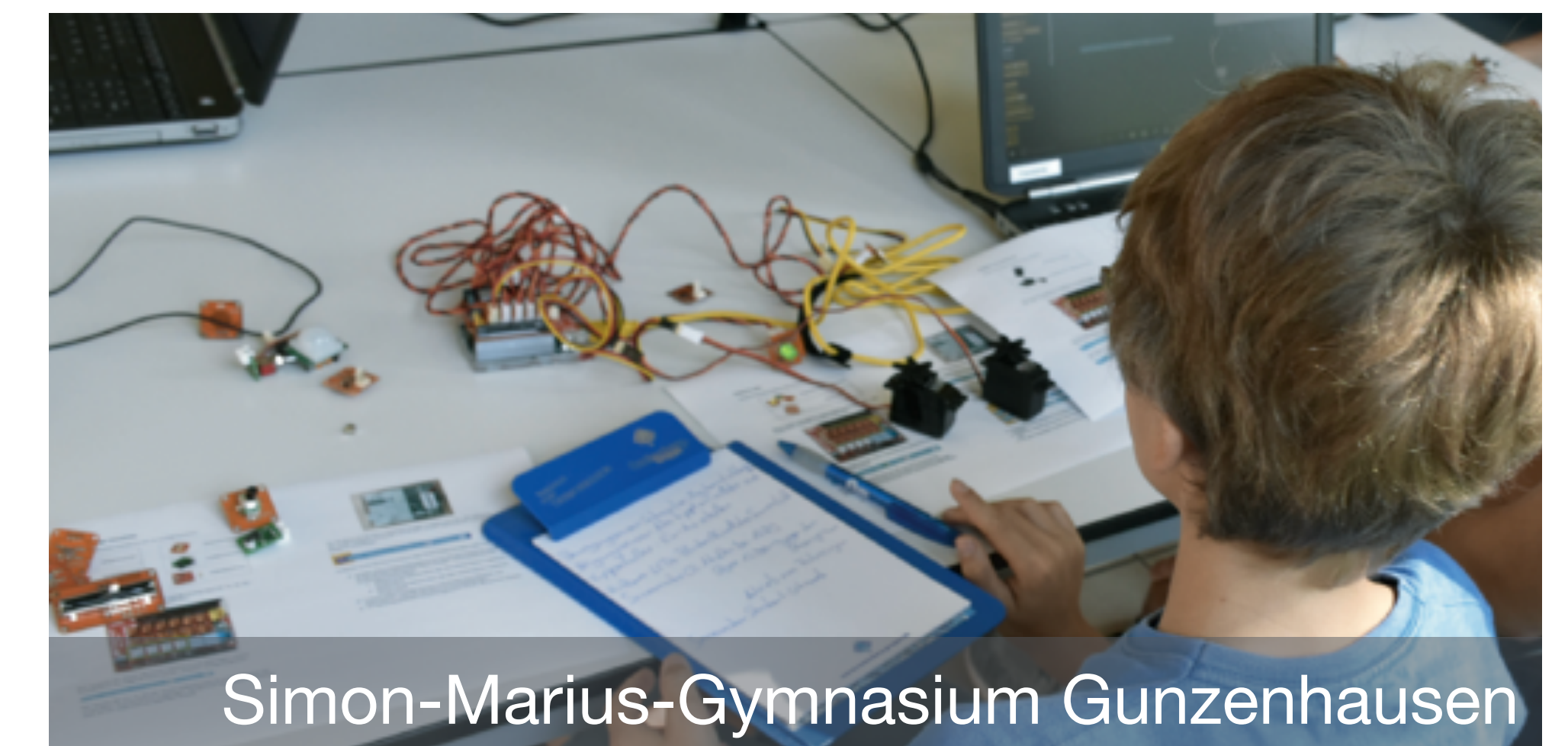
Synthese der Erkenntnisse aus den Untersuchungen

Überarbeitung der Leitlinien für Physical-Computing-Unterricht

1. *Tinkering*-Aktivitäten in dedizierte *Lernphasen* zur Aneignung von Inhalten und Fähigkeiten integrieren
2. Lernende eigene interaktive Objekte *herstellen* lassen (“Informatisches Töpfern”)
3. *interessante Themen* anbieten: Offenheit, um Ideen und Kreativität anzuregen
4. *kreative Methoden* integrieren
5. *fachliche* Aspekte mit *Kunst/Basteln* verbinden
6. *Gerüste* zur *Strukturierung* der Prozesse der Projektarbeit bereitstellen:
 - a) Planung aus *Nutzersicht*
 - b) Planung aus *Entwicklersicht* (nicht-technische und technische Perspektive)
7. Wahl *geeigneter Baukästen und Programmierumgebungen* für die Zielgruppe (low floors, wide walls, high ceilings)
8. Angebot *geeigneter Werk- und Bastelmaterialien* für die intendierte Projekte
9. Vorbereitung einer *gemeinsamen Ausstellung* aller interaktiven Objekte
10. Präsentation der Ergebnisse vor *Publikum*

Zusammenfassung und Ergebnisse

- *fachliche Grundlagen und methodische Ansätze* von Physical Computing wurden elaboriert und für den Schulunterricht aufbereitet
- *praktisch nutzbare Beispiele* für den Informatikunterricht wurden entwickelt, inkl. Arbeitsmaterialien für die Lernenden, Anleitungen für Lehrkräfte, einem Baukasten für den Unterricht und Leitlinien zur Unterrichtsplanung
- etwa 280 Lehrkräfte wurden in *Lehrerfortbildungen* basierend auf einem wiederverwendbaren Konzept für konstruktivistische Fortbildungsmaßnahme geschult
- konkrete Unterrichtsszenarien wurden basierend auf empirischen Daten *evaluiert*



Fazit und Ausblick

- Physical Computing bringt neue, relevante Inhalte in den Informatikunterricht - bisher aber eher oberflächlich behandelt
 - Werkzeuge sind nützlich, um (auch) Themen zu unterrichten, die bereits in den Curricula etabliert sind
 - Mangel an Zeit für eine tiefergehende Betrachtung der neuen Themen
 - Situation ändert sich, wenn Physical Computing als Thema Einzug in Curricula und Lehrpläne erhält
- aktuelle Forschung in dem Bereich:
 - Entwicklung eines übersichtlichen Kompetenzmodells
 - stärkere Strukturierung zentraler inhaltlicher Aspekte und Schlüsselkonzepte
 - Erarbeitung inhaltsspezifischer Lernziele und Kompetenzen auf unterschiedlichen Niveaustufen
 - Entwicklung geeigneter Instrumente zur Beurteilung und Bewertung
 - (Weiter-)Entwicklung von Werkzeugen (ergänzende Bibliotheken, Vernetzte Projekte, Drahtlose Kommunikation)
 - Haltungen und Einstellungen von Lehrpersonen zu verschiedenen Punkten der Lehramtsausbildung



Links und Kontakt

<https://www.phsz.ch/mareen-przybylla/>

<https://www.phsz.ch/forschung/medien-und-schule/informatikdidaktik-s1/>

mareen.przybylla@phsz.ch
