



Developing data awareness:

Understanding and navigating the data-driven world

Lukas Höper and **Carsten Schulte**

Computing Education, Paderborn University, Germany

Raspberry Pi Foundation Computing Education Research Seminar, 11 March 2025





01

Introduction

02

Data Awareness

03

Exemplary
teaching unit for
middle schools

04

Outlook and
discussion on the
role of
explanatory
models



Why data awareness? Background and Motivation

Koubek/Kurz (2007) (in a theory paper) present five problems that teachers face in the classroom in relation to

'Informatics, People and Society' (IPS)

The competency area "**IPS**" explores the interrelationships and interactions between technology, individuals, and society. It explores how computation influences and is influenced by social, ethical, and cultural factors.



Why data awareness? Background and Motivation

Koubek/Kurz (2007) (in a theory paper) present five problems that teachers face in the classroom in relation to

'Informatics, People and Society' (IPS):

1. lack of methodological knowledge
2. lack of subject knowledge
3. lack of teaching material on IPS content
4. lack of integrations to other topics in informatics lessons
5. perception of IPS as the responsibility of other subjects



Why data awareness? Background and Motivation

Koubek/Kurz (2007), local empirical study in Master thesis by Marcus Baurichter (2025, n=34 teachers)

Teaching Issues regarding 'Informatics, People and Society' (IPS):

1. (some) lack of methodological knowledge
2. ~~lack of~~ subject knowledge
3. (some) lack of teaching material on IPS content
4. lack of integrations to other topics in informatics lessons
5. perception of IPS as the responsibility of ~~other subjects~~ informatics
6. Still: IPS is the first to be dropped when facing time constraints.
7. What and how to assess?



Why data awareness? Background and Motivation

Koubek/Kurz (2007), local empirical study in Master thesis by Marcus Baurichter (2025, n=34 teachers)

Teaching Issues regarding 'Informatics, People and Society' (IPS):

1. (some) lack of methodological knowledge
2. ~~lack of~~ subject knowledge
3. (some) lack of teaching material on IPS content
4. lack of integrations to other topics in informatics lessons
5. perception of IPS as the responsibility of ~~other subjects~~ informatics
6. Still: IPS is the first to be dropped when facing time constraints.
7. What and how to assess?





01

Introduction

02

Data Awareness

03

Exemplary
teaching unit for
middle schools

04

Outlook and
discussion on the
role of
explanatory
models



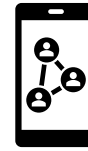
We use various digital systems in everyday life



Search Results from
a Search Engine



Recommendations
in Streaming Services



News Feeds in Social
Media Applications

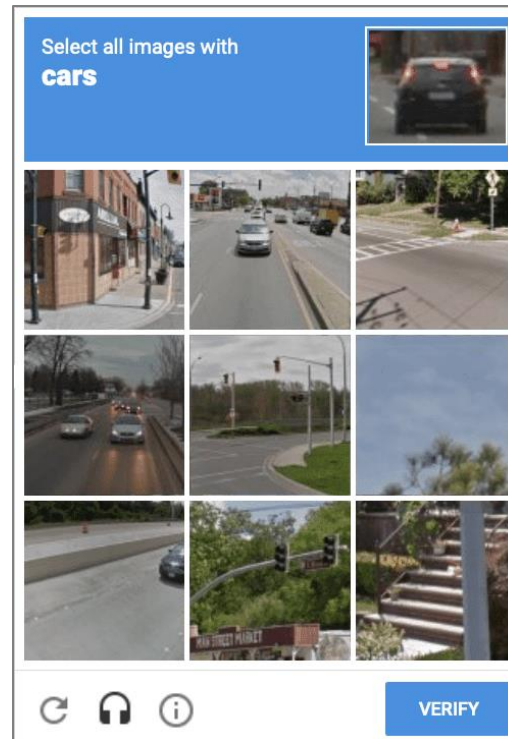


Answers from Digital
Assistants and Chatbots

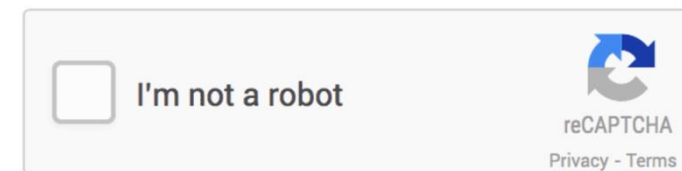
Data play an essential role in these technologies!



Example: What do you see here as a user?



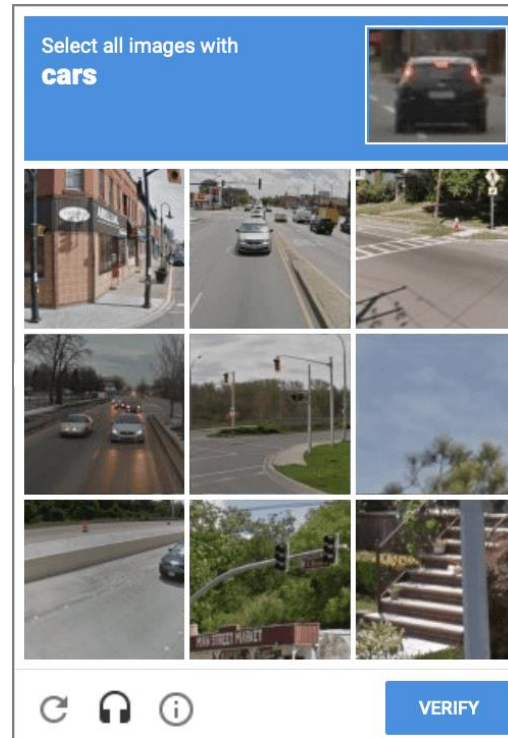
*„Google reCAPTCHA Image Challenge“ from
Google (CC BY 4.0 via [Google Cloud](#))*



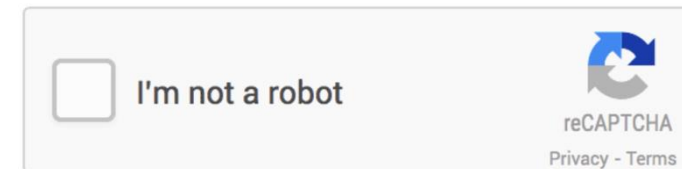
*„Google reCAPTCHA v2 Example“ from [Google](#)
(CC BY 4.0 via [Google for Developers](#))*



Example: What do you see here as a ~~user~~ data-aware person?



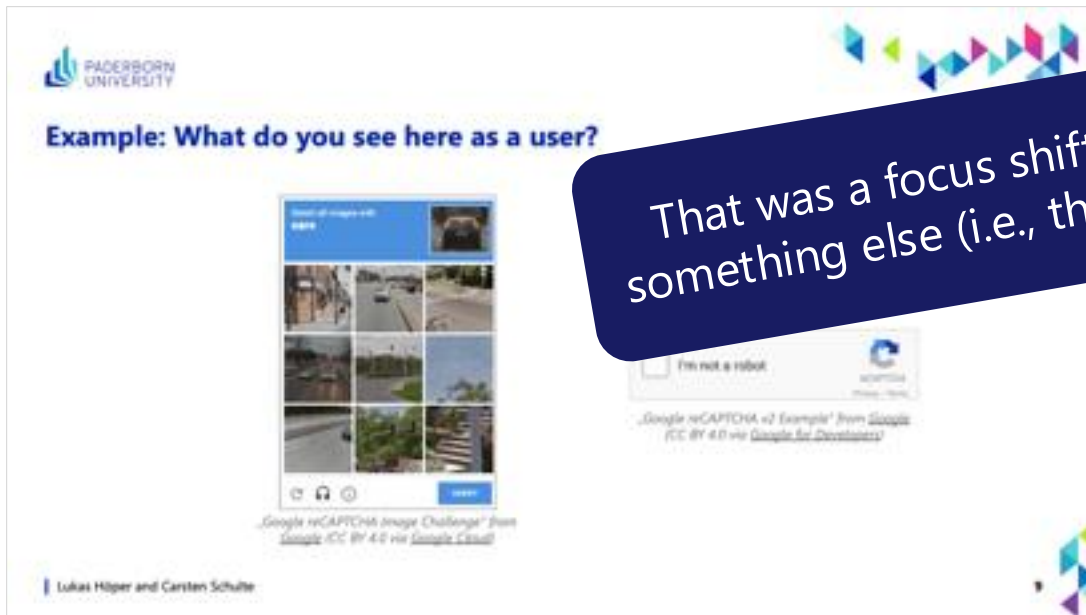
„Google reCAPTCHA Image Challenge“ from
[Google](#) (CC BY 4.0 via [Google Cloud](#))



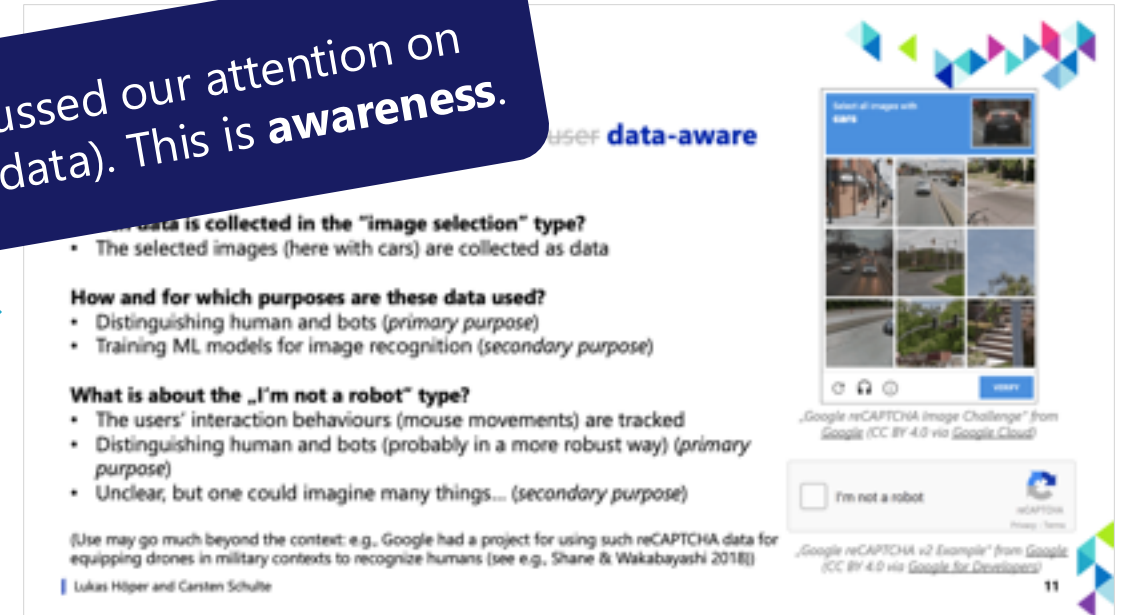
„Google reCAPTCHA v2 Example“ from [Google](#)
(CC BY 4.0 via [Google for Developers](#))



What did we do here?



That was a focus shift. We focussed our attention on something else (i.e., the role of data). This is **awareness**.



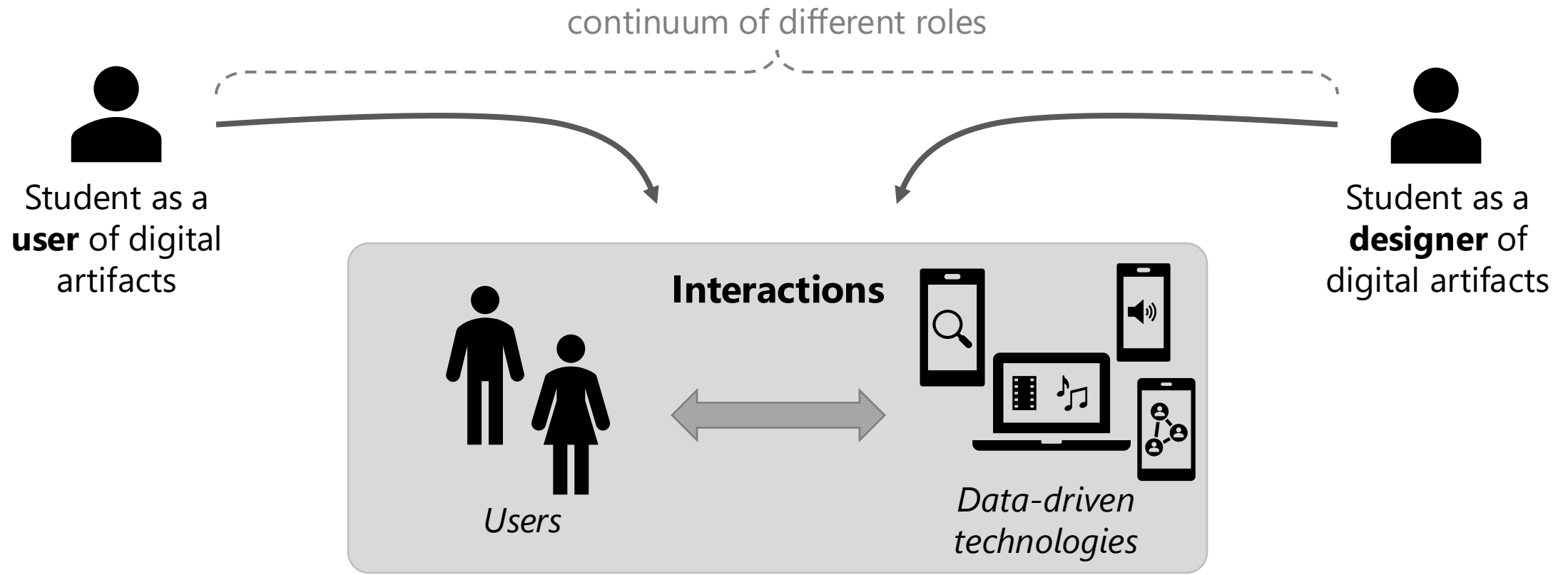
Description from the **perspective of using these digital technologies**. Probably the most common perspective in everyday situations.

Description with **focus on the role of data** in these digital technologies (**data-aware perspective**).



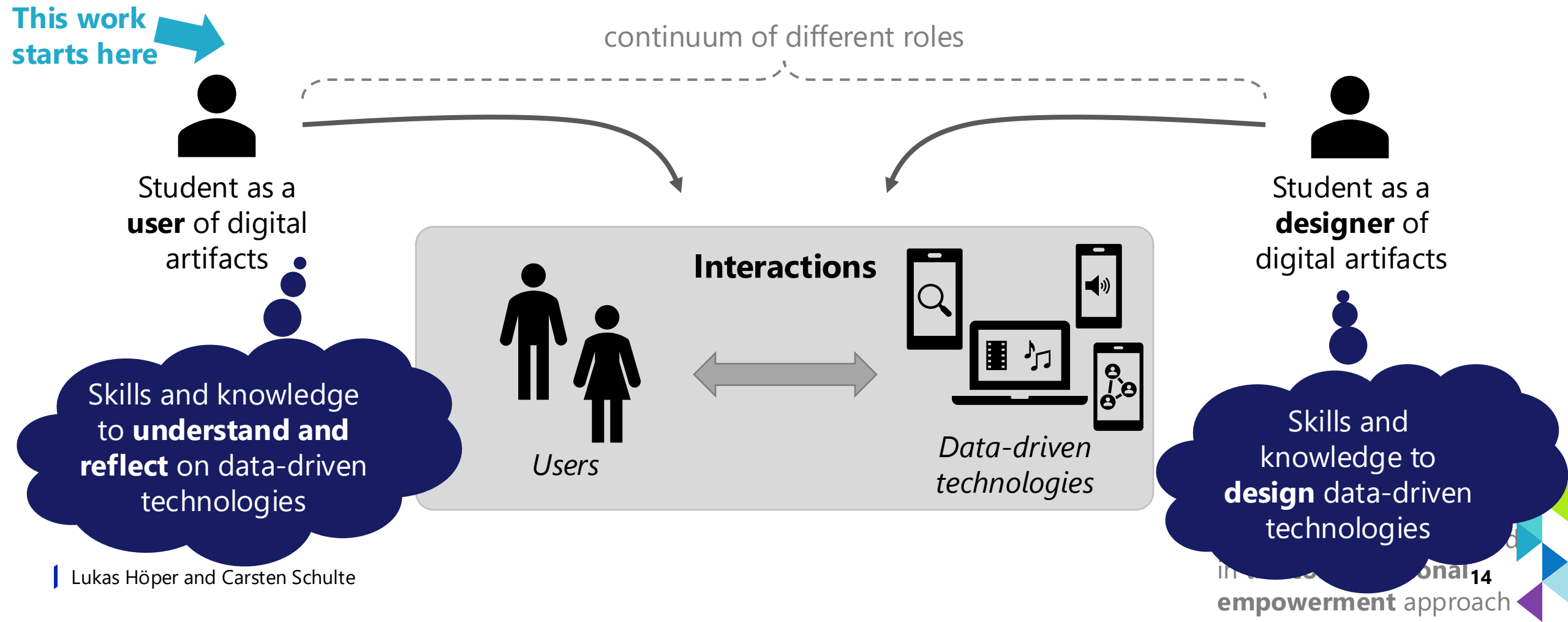


Different roles in interactions with data-driven technologies





Supporting students in becoming more informed and empowered





Students may be hindered from using the concepts learned in class

Are students curious to understand the role of data in data-driven technologies they use in everyday life?

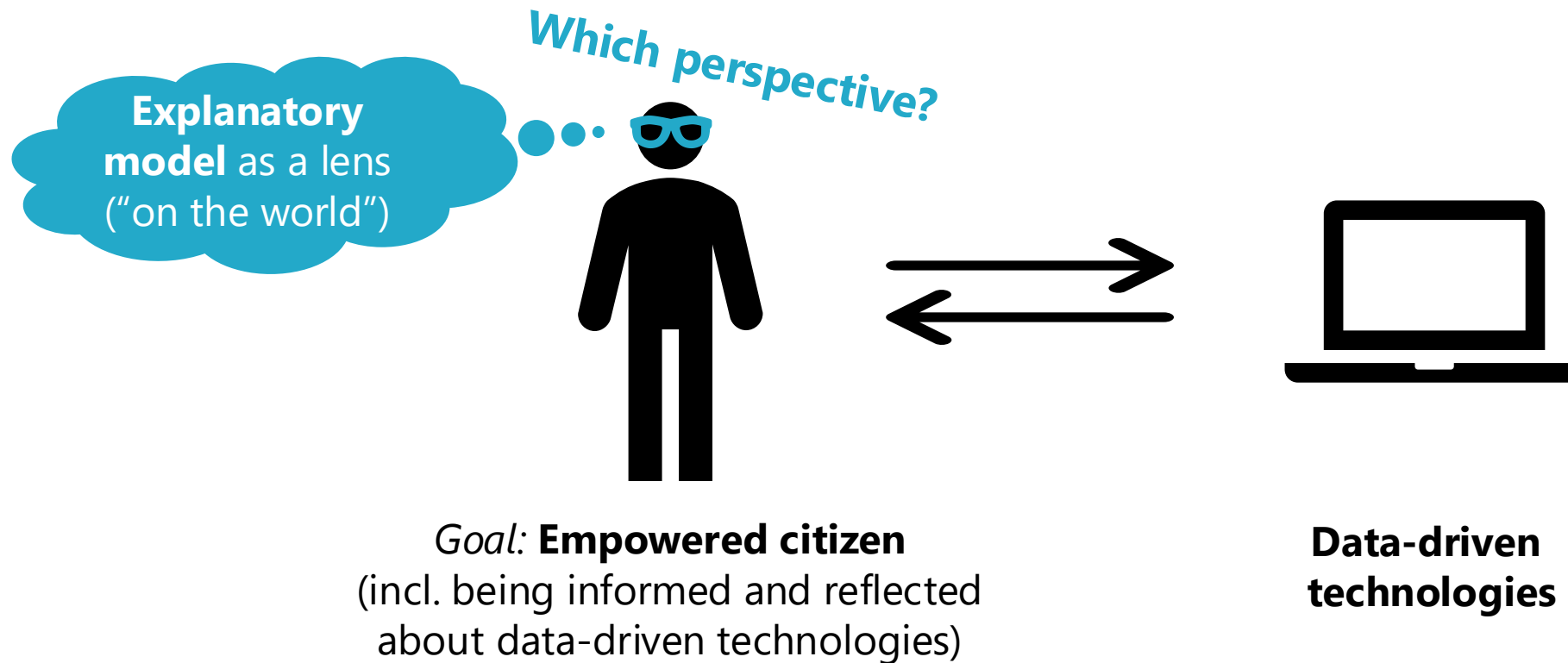
- We surveyed school students
- Results indicate moderate motivation and intention to engage with the inner workings (focused on the role of data)
- Many students want rather just using these technologies instead of taking a CS-informed perspective in daily interactions with data-driven technologies

This raises the question:

Even if students learn about data and ML concepts, does it help them in everyday situations?

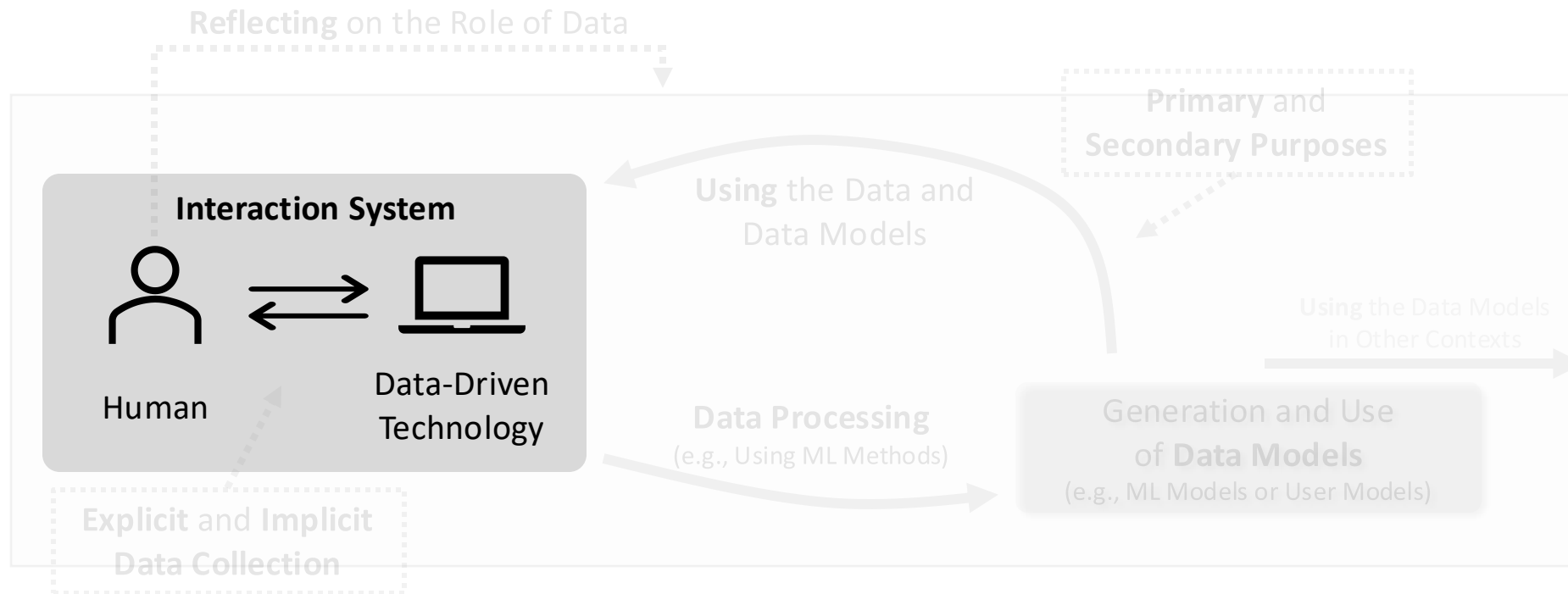


Developing Data Awareness



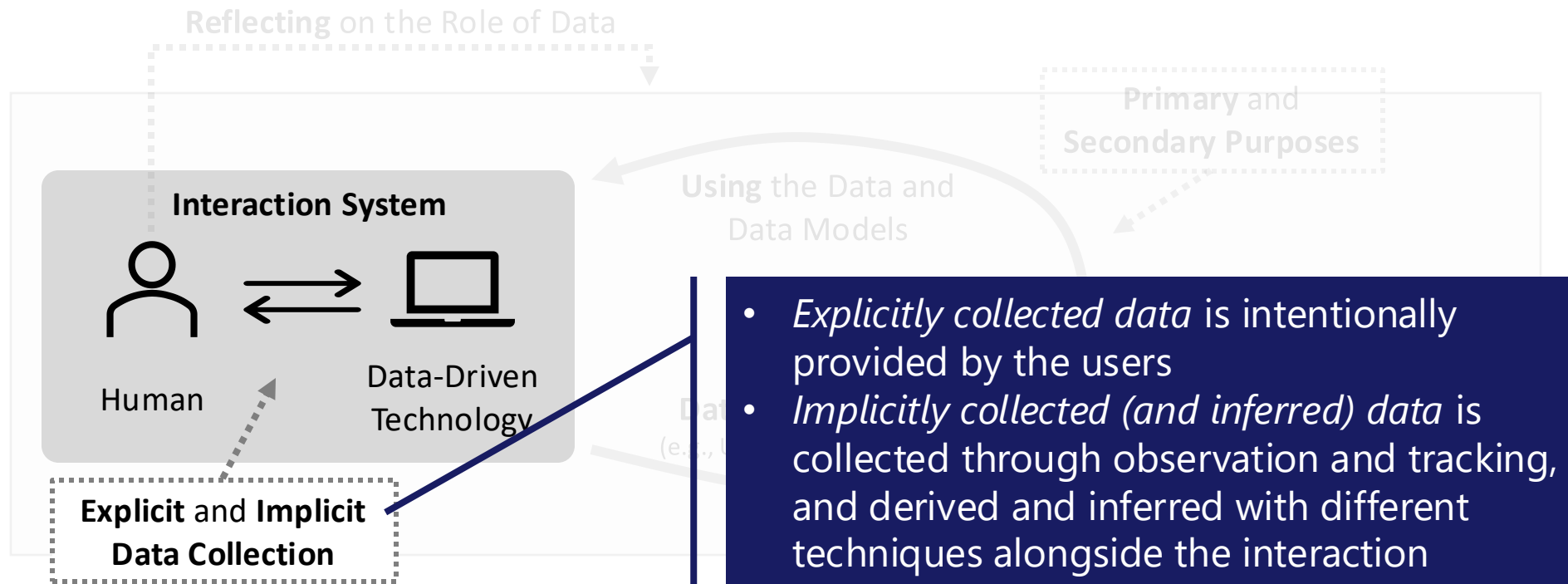


Explanatory model about the role of data in data-driven technologies (one possible lens) (e.g., Höper et al., 2024)



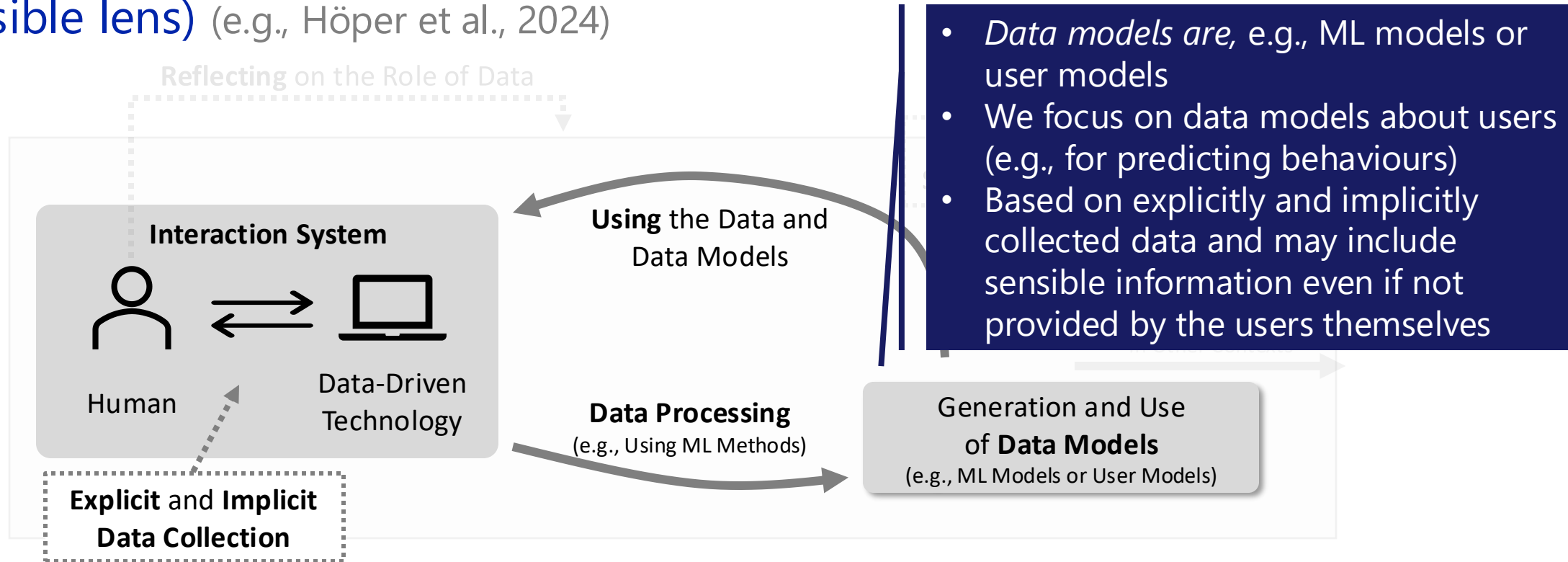


Explanatory model about the role of data in data-driven technologies (one possible lens) (e.g., Höper et al., 2024)





Explanatory model about the role of data in data-driven technologies (one possible lens) (e.g., Höper et al., 2024)





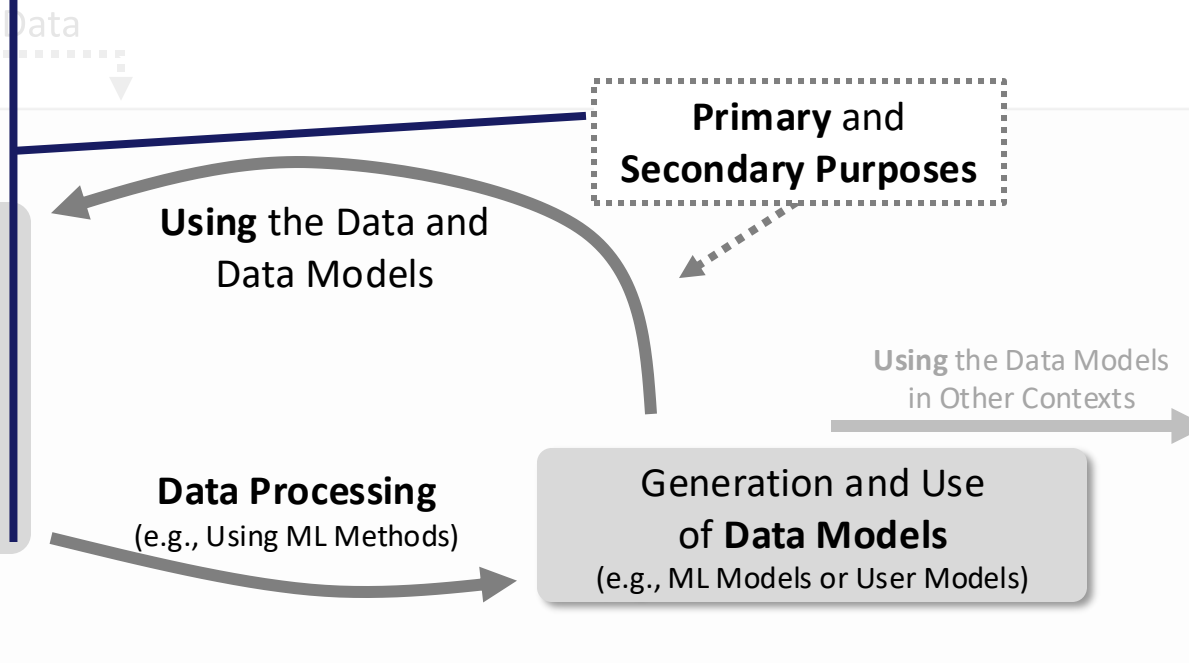
Explanatory model about the role of data in data-driven technologies

(one possible lens) (e.g., Höper et al., 2024)

Underlying for the data-driven practices:

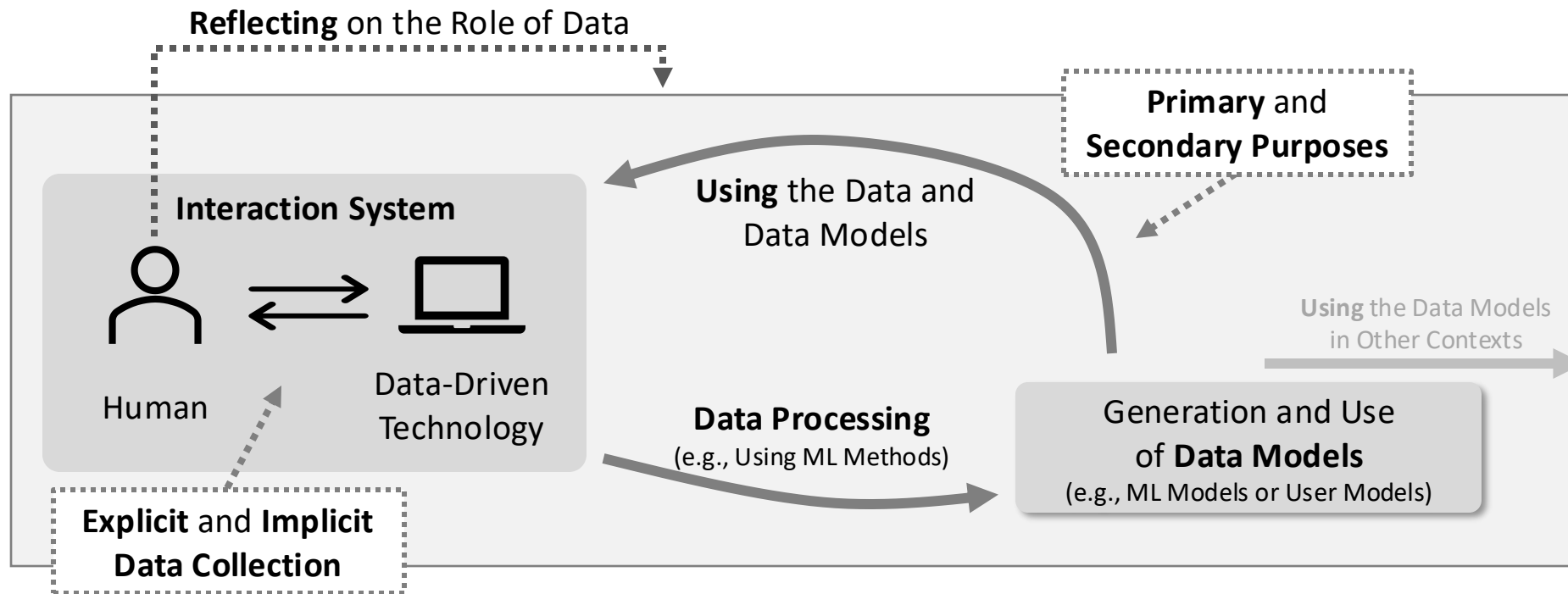
- *Primary purposes*: providing different features and generate outputs during interactions
- *Secondary purposes*: additional intentions beyond the immediate output generation (e.g., targeted advertising, influencing users' behaviours)

Explicit and Implicit
Data Collection





Explanatory model about the role of data in data-driven technologies (one possible lens) (e.g., Höper et al., 2024)





01

Introduction

02

Data Awareness

03

Exemplary
teaching unit for
middle schools

04

Outlook and
discussion on the
role of
explanatory
models





Examples for teaching data awareness in secondary (or middle) schools

- Developed two data awareness teaching units as part of a **design-based research project**
- **Target group:** students aged 12 to 16 (grades 6 to 10)
- **Shared approach:**
 - Students subsequently learn the aspects of the explanatory models (using a context-based learning approach)
 - Students then apply the explanatory model to other examples of data-driven technologies from their everyday lives (“analytical lens”)

Teaching Unit 1: Location data when using the mobile phone

(e.g., data collected and processed when using the cellular network or social media)

Teaching Unit 2: Recommendation systems in the context of streaming services

(e.g., data about users and their behaviour is used for recommendations)



Example for a teaching unit about recommender systems

Part 1: Introduction to recommendation systems and first ideas for the data collection



Part 2: Reconstructing internal workings of a recommendation system for movies



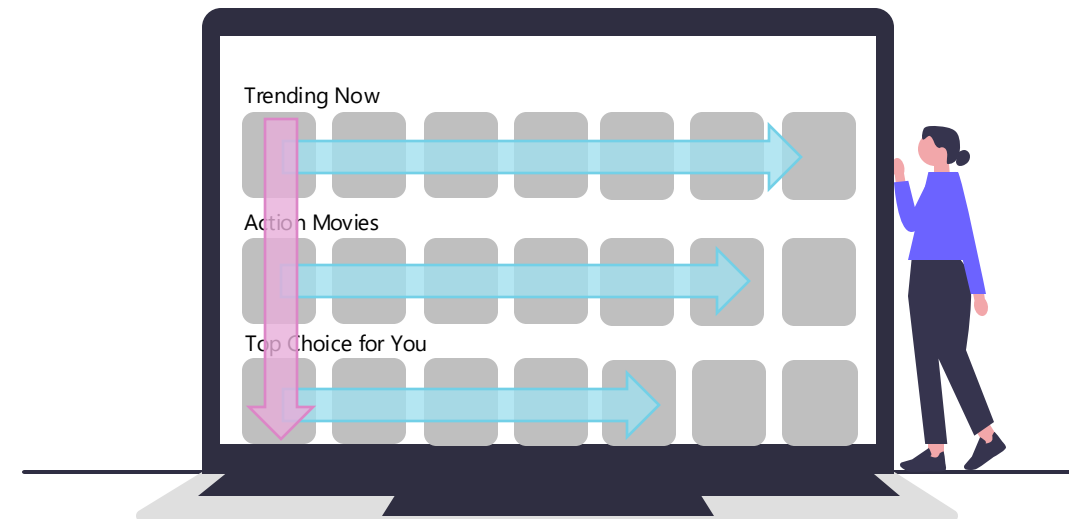
Part 3: Discussing a secondary use of data and assessing the data-driven practices



Part 4: Analysing and assessing other data-driven technologies from everyday life

Introduction and addressing personal experiences:

- What is a streaming service?
- How is such a (personalised) start page on a streaming service constructed?
- How do they come to the personal recommendations?



Example for a teaching unit about recommender systems

Part 1: Introduction to recommendation systems and first ideas for the data collection



Part 2: Reconstructing internal workings of a recommendation system for movies



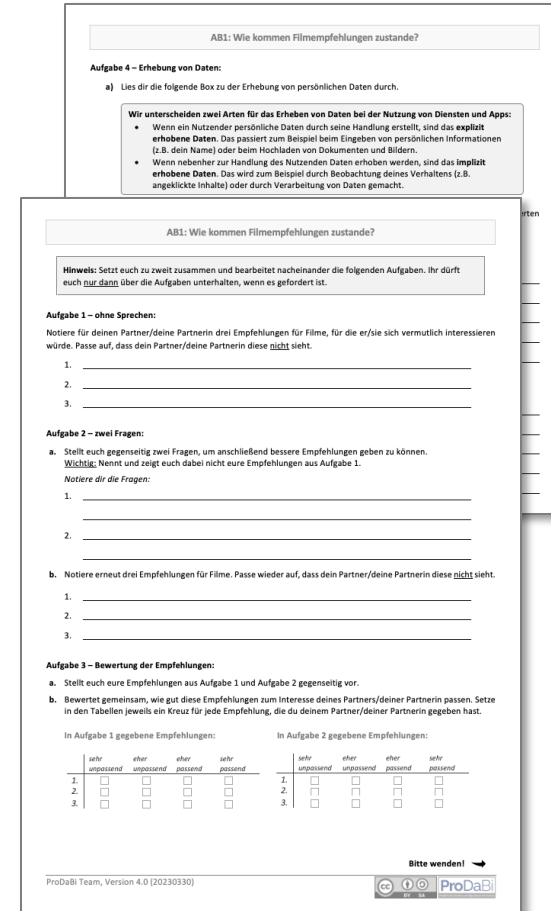
Part 3: Discussing a secondary use of data and assessing the data-driven practices



Part 4: Analysing and assessing other data-driven technologies from everyday life

Activity for making movie recommendations:

- Working in pairs of two students
- Structured in five steps using a worksheet
- Two important rules for the activity:
 - They should work with someone they know as little as possible.
 - They are only allowed to talk to each other if the task allows it.



AB1: Wie kommen Filmpfehlungen zustande?

Aufgabe 4 – Erhebung von Daten:

a) Lies dir die folgende Box zu der Erhebung von persönlichen Daten durch.

Wir unterscheiden zwei Arten für das Erheben von Daten bei der Nutzung von Diensten und Apps:

- Wenn ein Nutzer persönliche Daten durch seine Handlung erstellt, sind das **explizit erhobene Daten**. Das passiert zum Beispiel beim Eingeben von persönlichen Informationen (z.B. dein Name) oder beim Hochladen von Dokumenten und Bildern.
- Wenn **nebenher** zur Handlung des Nutzers Daten erhoben werden, sind das **implizit erhobene Daten**. Das wird zum Beispiel durch Beobachtung deines Verhaltens (z.B. angeklickte Inhalte) oder durch Verarbeitung von Daten gemacht.

Hinweis: Setzt euch zu zweit zusammen und bearbeitet nacheinander die folgenden Aufgaben. Ihr dürft euch nur dann über die Aufgaben unterhalten, wenn es gefordert ist.

Aufgabe 1 – ohne Sprechen:

Notiere für deinen Partner/deine Partnerin drei Empfehlungen für Filme, für die er/sie sich vermutlich interessieren würde. Passe auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

1. _____

2. _____

3. _____

Aufgabe 2 – zwei Fragen:

a. Stellt euch gegenseitig zwei Fragen, um anschließend bessere Empfehlungen geben zu können. **Wichtig:** Nennst und zeigt euch dabei nicht eure Empfehlungen aus Aufgabe 1.

Notiere dir die Fragen:

1. _____

2. _____

b. Notiere erneut drei Empfehlungen für Filme. Passe wieder auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

1. _____

2. _____

3. _____

Aufgabe 3 – Bewertung der Empfehlungen:

a. Stellt euch eure Empfehlungen aus Aufgabe 1 und Aufgabe 2 gegenseitig vor.

b. Bewertet gemeinsam, wie gut diese Empfehlungen zum Interesse deines Partners/deiner Partnerin passen. Setze in den Tabellen jeweils ein Kreuz für jede Empfehlung, die du deinem Partner/deiner Partnerin gegeben hast.

In Aufgabe 1 gegebene Empfehlungen:


	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In Aufgabe 2 gegebene Empfehlungen:

	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte wenden! →

ProDaBi Team, Version 4.0 (20230330)

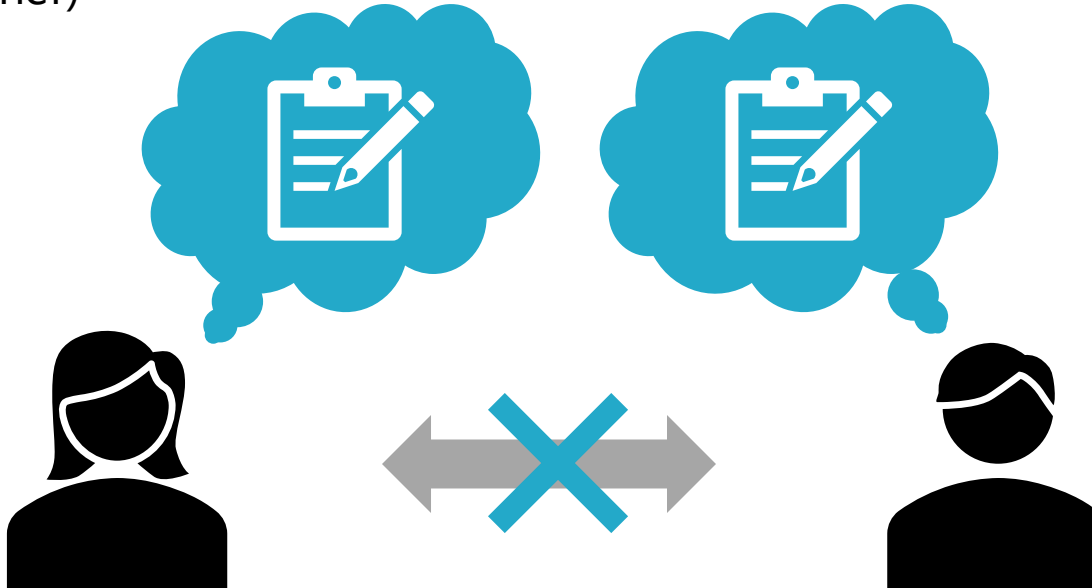




Example for a teaching unit about recommender systems

Activity for making movie recommendations (pairs of students):

Task 1: Students write down movie recommendations for the other student (without talking to each other)



AB1: Wie kommen Filmpfehlungen zustande?

Aufgabe 4 – Erhebung von Daten:

a) Lies dir die folgende Box zu der Erhebung von persönlichen Daten durch.

Wir unterscheiden zwei Arten für das Erheben von Daten bei der Nutzung von Diensten und Apps:

- Wenn ein Nutzer persönliche Daten durch seine Handlung erstellt, sind das **explizit erhobene Daten**. Das passiert zum Beispiel beim Eingeben von persönlichen Informationen (z.B. dein Name) oder beim Hochladen von Dokumenten und Bildern.
- Wenn nebenher zur Handlung des Nutzers Daten erhoben werden, sind das **implizit erhobene Daten**. Das wird zum Beispiel durch Beobachtung deines Verhaltens (z.B. angeklickte Inhalte) oder durch Verarbeitung von Daten gemacht.

Hinweis: Setzt euch zu zweit zusammen und bearbeitet nacheinander die folgenden Aufgaben. Ihr dürft euch nur dann über die Aufgaben unterhalten, wenn es gefordert ist.

Aufgabe 1 – ohne Sprechen:

Notiere für deinen Partner/deine Partnerin drei Empfehlungen für Filme, für die er/sie sich vermutlich interessieren würde. Passe auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 2 – zwei Fragen:

a. Stellt euch gegenseitig zwei Fragen, um anschließend bessere Empfehlungen geben zu können. **Wichtig:** Nennst und zeigt euch dabei nicht eure Empfehlungen aus Aufgabe 1.

Notiere dir die Fragen:

- _____
- _____

b. Notiere erneut drei Empfehlungen für Filme. Passe wieder auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 3 – Bewertung der Empfehlungen:

a. Stellt euch eure Empfehlungen aus Aufgabe 1 und Aufgabe 2 gegenseitig vor.

b. Bewertet gemeinsam, wie gut diese Empfehlungen zum Interesse deines Partners/deiner Partnerin passen. Setze in den Tabellen jeweils ein Kreuz für jede Empfehlung, die du deinem Partner/deiner Partnerin gegeben hast.

In Aufgabe 1 gegebene Empfehlungen:


	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In Aufgabe 2 gegebene Empfehlungen:

	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte wenden! →

ProDaBi Team, Version 4.0 (20230330)

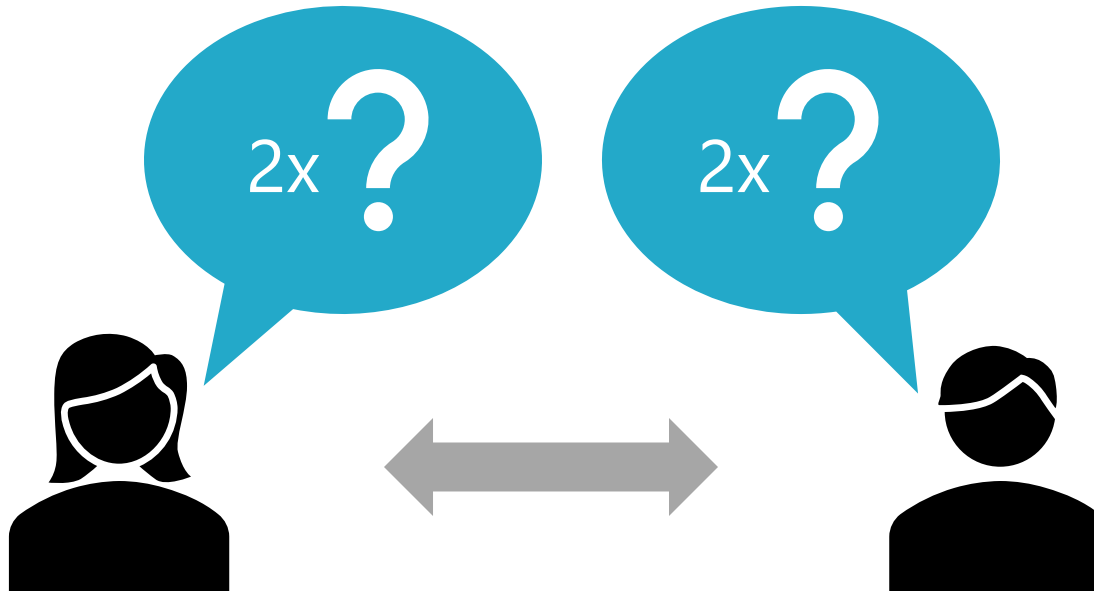





Example for a teaching unit about recommender systems

Activity for making movie recommendations (pairs of students):

Task 2: Students ask each other two questions ('collect data')



AB1: Wie kommen Filmpfehlungen zustande?

Aufgabe 4 – Erhebung von Daten:

a) Lies dir die folgende Box zu der Erhebung von persönlichen Daten durch.

Wir unterscheiden zwei Arten für das Erheben von Daten bei der Nutzung von Diensten und Apps:

- Wenn ein Nutzer persönliche Daten durch seine Handlung erstellt, sind das **explizit erhobene Daten**. Das passiert zum Beispiel beim Eingeben von persönlichen Informationen (z.B. dein Name) oder beim Hochladen von Dokumenten und Bildern.
- Wenn nebenher zur Handlung des Nutzers Daten erhoben werden, sind das **implizit erhobene Daten**. Das wird zum Beispiel durch Beobachtung deines Verhaltens (z.B. angeklickte Inhalte) oder durch Verarbeitung von Daten gemacht.

Hinweis: Setz euch zu zweit zusammen und bearbeitet nacheinander die folgenden Aufgaben. Ihr dürft euch nur dann über die Aufgaben unterhalten, wenn es gefordert ist.

Aufgabe 1 – ohne Sprechen:

Notiere für deinen Partner/deine Partnerin drei Empfehlungen für Filme, für die er/sie sich vermutlich interessieren würde. Passe auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 2 – zwei Fragen:

a. Stellt euch gegenseitig zwei Fragen, um anschließend bessere Empfehlungen geben zu können. **Wichtig:** Nenn und zeigt euch dabei nicht eure Empfehlungen aus Aufgabe 1.

Notiere dir die Fragen:

- _____
- _____

b. Notiere erneut drei Empfehlungen für Filme. Passe wieder auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 3 – Bewertung der Empfehlungen:

a. Stellt euch eure Empfehlungen aus Aufgabe 1 und Aufgabe 2 gegenseitig vor.

b. Bewertet gemeinsam, wie gut diese Empfehlungen zum Interesse deines Partners/deiner Partnerin passen. Setze in den Tabellen jeweils ein Kreuz für jede Empfehlung, die du deinem Partner/deiner Partnerin gegeben hast.

In Aufgabe 1 gegebene Empfehlungen:


	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In Aufgabe 2 gegebene Empfehlungen:

	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte wenden! →

ProDaBi Team, Version 4.0 (20230330)

 ProDaBi





Example for a teaching unit about recommender systems

Activity for making movie recommendations (pairs of students):

Task 3: Students write down movie recommendations again (without talking about that)



AB1: Wie kommen Filmpfehlungen zustande?

Aufgabe 4 – Erhebung von Daten:

a) Lies dir die folgende Box zu der Erhebung von persönlichen Daten durch.

Wir unterscheiden zwei Arten für das Erheben von Daten bei der Nutzung von Diensten und Apps:

- Wenn ein Nutzer persönliche Daten durch seine Handlung erstellt, sind das **explizit erhobene Daten**. Das passiert zum Beispiel beim Eingeben von persönlichen Informationen (z.B. dein Name) oder beim Hochladen von Dokumenten und Bildern.
- Wenn nebenher zur Handlung des Nutzers Daten erhoben werden, sind das **implizit erhobene Daten**. Das wird zum Beispiel durch Beobachtung deines Verhaltens (z.B. angeklickte Inhalte) oder durch Verarbeitung von Daten gemacht.

Hinweis: Setzt euch zu zweit zusammen und bearbeitet nacheinander die folgenden Aufgaben. Ihr dürft euch nur dann über die Aufgaben unterhalten, wenn es gefordert ist.

Aufgabe 1 – ohne Sprechen:

Notiere für deinen Partner/deine Partnerin drei Empfehlungen für Filme, für die er/sie sich vermutlich interessieren würde. Passe auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 2 – zwei Fragen:

a. Stellt euch gegenseitig zwei Fragen, um anschließend bessere Empfehlungen geben zu können. **Wichtig:** Nennst und zeigt euch dabei nicht eure Empfehlungen aus Aufgabe 1.

Notiere dir die Fragen:

- _____
- _____

b. Notiere erneut drei Empfehlungen für Filme. Passe wieder auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 3 – Bewertung der Empfehlungen:

a. Stellt euch eure Empfehlungen aus Aufgabe 1 und Aufgabe 2 gegenseitig vor.

b. Bewertet gemeinsam, wie gut diese Empfehlungen zum Interesse deines Partners/deiner Partnerin passen. Setze in den Tabellen jeweils ein Kreuz für jede Empfehlung, die du deinem Partner/deiner Partnerin gegeben hast.

In Aufgabe 1 gegebene Empfehlungen:


	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In Aufgabe 2 gegebene Empfehlungen:

	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte wenden! →

ProDaBi Team, Version 4.0 (20230330)






Example for a teaching unit about recommender systems

Activity for making movie recommendations (pairs of students):

Task 4: Students share their recommendations and evaluate them



AB1: Wie kommen Filmpfehlungen zustande?

Aufgabe 4 – Erhebung von Daten:

a) Lies dir die folgende Box zu der Erhebung von persönlichen Daten durch.

Wir unterscheiden zwei Arten für das Erheben von Daten bei der Nutzung von Diensten und Apps:

- Wenn ein Nutzer persönliche Daten durch seine Handlung erstellt, sind das **explizit erhobene Daten**. Das passiert zum Beispiel beim Eingeben von persönlichen Informationen (z.B. dein Name) oder beim Hochladen von Dokumenten und Bildern.
- Wenn nebenher zur Handlung des Nutzers Daten erhoben werden, sind das **implizit erhobene Daten**. Das wird zum Beispiel durch Beobachtung deines Verhaltens (z.B. angeklickte Inhalte) oder durch Verarbeitung von Daten gemacht.

Hinweis: Setzt euch zu zweit zusammen und bearbeitet nacheinander die folgenden Aufgaben. Ihr dürft euch nur dann über die Aufgaben unterhalten, wenn es gefordert ist.

Aufgabe 1 – ohne Sprechen:

Notiere für deinen Partner/deine Partnerin drei Empfehlungen für Filme, für die er/sie sich vermutlich interessieren würde. Passe auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 2 – zwei Fragen:

a. Stellt euch gegenseitig zwei Fragen, um anschließend bessere Empfehlungen geben zu können. **Wichtig:** Nennst und zeigt euch dabei nicht eure Empfehlungen aus Aufgabe 1.

Notiere dir die Fragen:

- _____
- _____

b. Notiere erneut drei Empfehlungen für Filme. Passe wieder auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 3 – Bewertung der Empfehlungen:

a. Stellt euch eure Empfehlungen aus Aufgabe 1 und Aufgabe 2 gegenseitig vor.

b. Bewertet gemeinsam, wie gut diese Empfehlungen zum Interesse deines Partners/deiner Partnerin passen. Setze in den Tabellen jeweils ein Kreuz für jede Empfehlung, die du deinem Partner/deiner Partnerin gegeben hast.

In Aufgabe 1 gegebene Empfehlungen:


	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In Aufgabe 2 gegebene Empfehlungen:

	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte wenden! →

ProDaBi Team, Version 4.0 (20230330)






Example for a teaching unit about recommender systems

Activity for making movie recommendations (pairs of students):

Task 5: Joint reflection: What 'data' was helpful here? What kind of data could a recommendation system collect?



-> The reflection leads to the concepts of **explicit and implicit data collection**, which are then introduced.

AB1: Wie kommen Filmpfehlungen zustande?

Aufgabe 4 – Erhebung von Daten:

a) Lies dir die folgende Box zu der Erhebung von persönlichen Daten durch.

Wir unterscheiden zwei Arten für das Erheben von Daten bei der Nutzung von Diensten und Apps:

- Wenn ein Nutzer persönliche Daten durch seine Handlung erstellt, sind das **explizit erhobene Daten**. Das passiert zum Beispiel beim Eingeben von persönlichen Informationen (z.B. dein Name) oder beim Hochladen von Dokumenten und Bildern.
- Wenn nebenher zur Handlung des Nutzers Daten erhoben werden, sind das **implizit erhobene Daten**. Das wird zum Beispiel durch Beobachtung deines Verhaltens (z.B. angeklickte Inhalte) oder durch Verarbeitung von Daten gemacht.

Hinweis: Setzt euch zu zweit zusammen und bearbeitet nacheinander die folgenden Aufgaben. Ihr dürft euch nur dann über die Aufgaben unterhalten, wenn es gefordert ist.

Aufgabe 1 – ohne Sprechen:

Notiere für deinen Partner/deine Partnerin drei Empfehlungen für Filme, für die er/sie sich vermutlich interessieren würde. Passe auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 2 – zwei Fragen:

a. Stellt euch gegenseitig zwei Fragen, um anschließend bessere Empfehlungen geben zu können. **Wichtig:** Nennst und zeigt euch dabei nicht eure Empfehlungen aus Aufgabe 1.

Notiere dir die Fragen:

- _____
- _____

b. Notiere erneut drei Empfehlungen für Filme. Passe wieder auf, dass dein Partner/deine Partnerin diese nicht sieht.

- _____
- _____
- _____

Aufgabe 3 – Bewertung der Empfehlungen:

a. Stellt euch eure Empfehlungen aus Aufgabe 1 und Aufgabe 2 gegenseitig vor.

b. Bewertet gemeinsam, wie gut diese Empfehlungen zum Interesse deines Partners/deiner Partnerin passen. Setze in den Tabellen jeweils ein Kreuz für jede Empfehlung, die du deinem Partner/deiner Partnerin gegeben hast.

In Aufgabe 1 gegebene Empfehlungen:


	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In Aufgabe 2 gegebene Empfehlungen:

	sehr unpassend	etwas unpassend	etwas passend	sehr passend
1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte wenden! →

ProDaBi Team, Version 4.0 (20230330)

 ProDaBi





Example for a teaching unit about recommender systems

Part 1: Introduction to recommendation systems and first ideas for the data collection



Part 2: Reconstructing internal workings of a recommendation system for movies



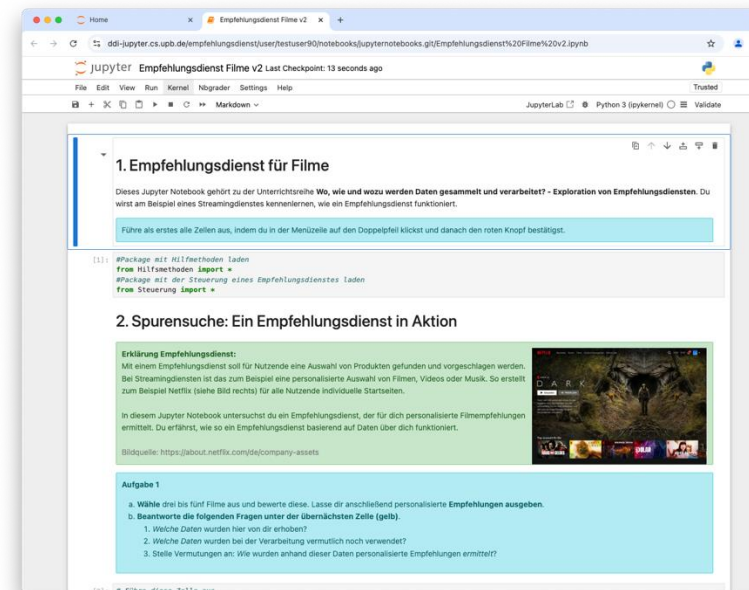
Part 3: Discussing a secondary use of data and assessing the data-driven practices



Part 4: Analysing and assessing other data-driven technologies from everyday life

How do recommendation systems work?

- Students get a prepared Jupyter Notebook as an interactive worksheet
- It includes a recommendation system that can be explored (provides a look under the hood)
- Students rate movies and get personal recommendations
- Students reconstruct the idea of data models (especially those about users) and their use for collaborative filtering with k-nearest neighbours





Example for a teaching unit about recommender systems

Part 1: Introduction to recommendation systems and first ideas for the data collection



Part 2: Reconstructing internal workings of a recommendation system for movies



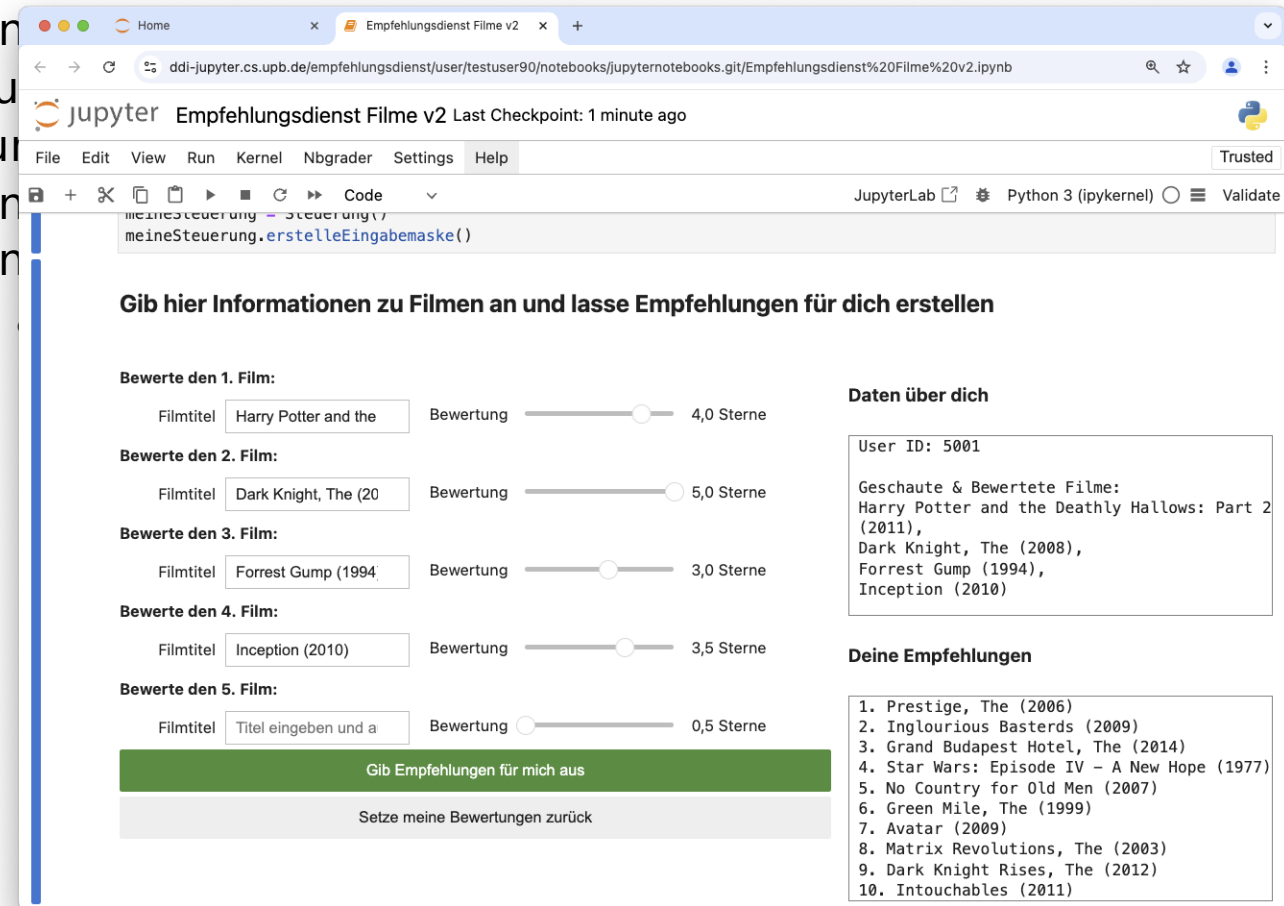
Part 3: Discussing a secondary use of data and assessing the data-driven practices



Part 4: Analysing and assessing other data-driven technologies from everyday life

How do recommendation systems work?

- Studenten
- It includes
- look up
- Studenten
- Studenten (users)



The screenshot shows a JupyterLab interface with a web application titled "Empfehlungsdienst Filme v2". The application has a form to rate movies and a list of recommendations.

Gib hier Informationen zu Filmen an und lasse Empfehlungen für dich erstellen

Bewerte den 1. Film:

Filmtitel: Bewertung: 4,0 Sterne

Bewerte den 2. Film:

Filmtitel: Bewertung: 5,0 Sterne

Bewerte den 3. Film:

Filmtitel: Bewertung: 3,0 Sterne

Bewerte den 4. Film:

Filmtitel: Bewertung: 3,5 Sterne

Bewerte den 5. Film:

Filmtitel: Bewertung: 0,5 Sterne

Daten über dich

User ID: 5001

Geschaute & Bewertete Filme:
Harry Potter and the Deathly Hallows: Part 2 (2011),
Dark Knight, The (2008),
Forrest Gump (1994),
Inception (2010)

Deine Empfehlungen

1. Prestige, The (2006)
2. Inglourious Basterds (2009)
3. Grand Budapest Hotel, The (2014)
4. Star Wars: Episode IV – A New Hope (1977)
5. No Country for Old Men (2007)
6. Green Mile, The (1999)
7. Avatar (2009)
8. Matrix Revolutions, The (2003)
9. Dark Knight Rises, The (2012)
10. Intouchables (2011)



Example for a teaching unit about recommender systems

Part 1: Introduction to recommendation systems and first ideas for the data collection



Part 2: Reconstructing internal workings of a recommendation system for movies



Part 3: Discussing a secondary use of data and assessing the data-driven practices



Part 4: Analysing and assessing other data-driven technologies from everyday life

How do recommendation systems work?

- ...
- Students reconstruct the idea of data models (especially those about users) and their use for collaborative filtering with k-nearest neighbours

	Movie A	Movie B	Movie C
User 1	5	3	4
User 2	3	4	
User 3	1	5	4
User 4	4	2	5
User 5	4	0	Pred.: 4.5

Ratings for movies: 0 (bad) to 5 (great)

Step 1: Identify similar users to user 5 (this is the k)

Step 2: Predict the rating of user 5 for movie C (e.g., as a mean)

Step 3: Decide whether movie C should be recommended on the start page



Example for a teaching unit about recommender systems

Part 1: Introduction to recommendation systems and first ideas for the data collection



Part 2: Reconstructing internal workings of a recommendation system for movies



Part 3: Discussing a secondary use of data and assessing the data-driven practices



Part 4: Analysing and assessing other data-driven technologies from everyday life

Following the discussion of the primary purpose in the first parts, the students discuss an exemplary secondary purpose:

- Plenary discussion of a fictional secondary use: personalised paywall for movies that can be purchased in addition to a subscription based on the predictions of the future behaviour
- In the discussion various topics about individual and societal issues are included (e.g., filter bubbles, behaviour engineering, information asymmetry or responsible development of data-driven technologies)
- Students assess such data-driven practices in a nuanced perspective

During this part, the concepts of primary and secondary purposes are introduced and are used for assessing data-driven practices.



Example for a teaching unit about recommender systems

Part 1: Introduction to recommendation systems and first ideas for the data collection



Part 2: Reconstructing internal workings of a recommendation system for movies



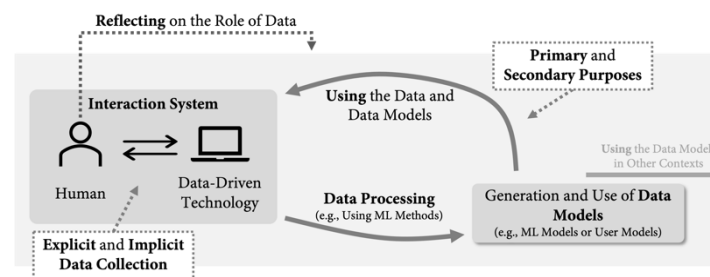
Part 3: Discussing a secondary use of data and assessing the data-driven practices



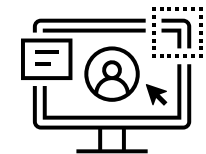
Part 4: Analysing and assessing other data-driven technologies from everyday life

Using the explanatory model as an „analytical lens“:

- Students choose other examples from their everyday life that implement recommendation systems
- Students analyse these examples using the explanatory model (e.g., explore the different aspects in the exemplary data-driven digital artifacts) and assess the data practices
- Students present their results in class and discuss about their role in these situations (e.g., reflecting on their behavior and discussing possible ways of actions to become more empowered)



using in...



Everyday situations with data-driven technologies





01

Introduction

02

Data Awareness

03

Exemplary
teaching unit for
middle schools

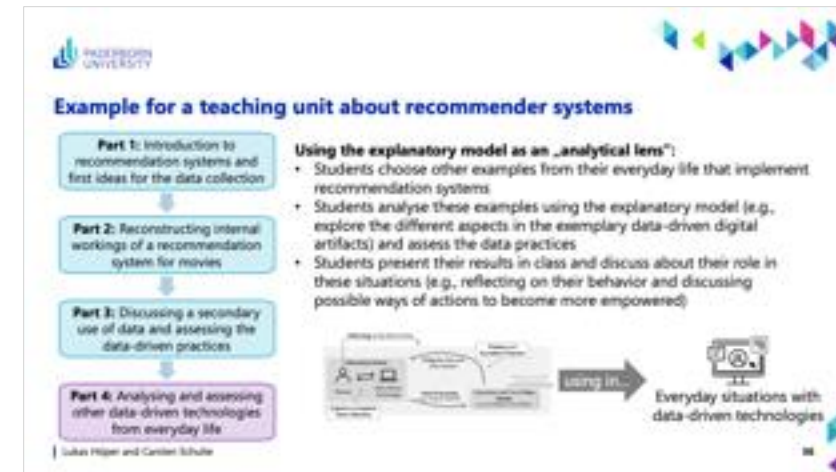
04

Outlook and
discussion on the
role of
explanatory
models



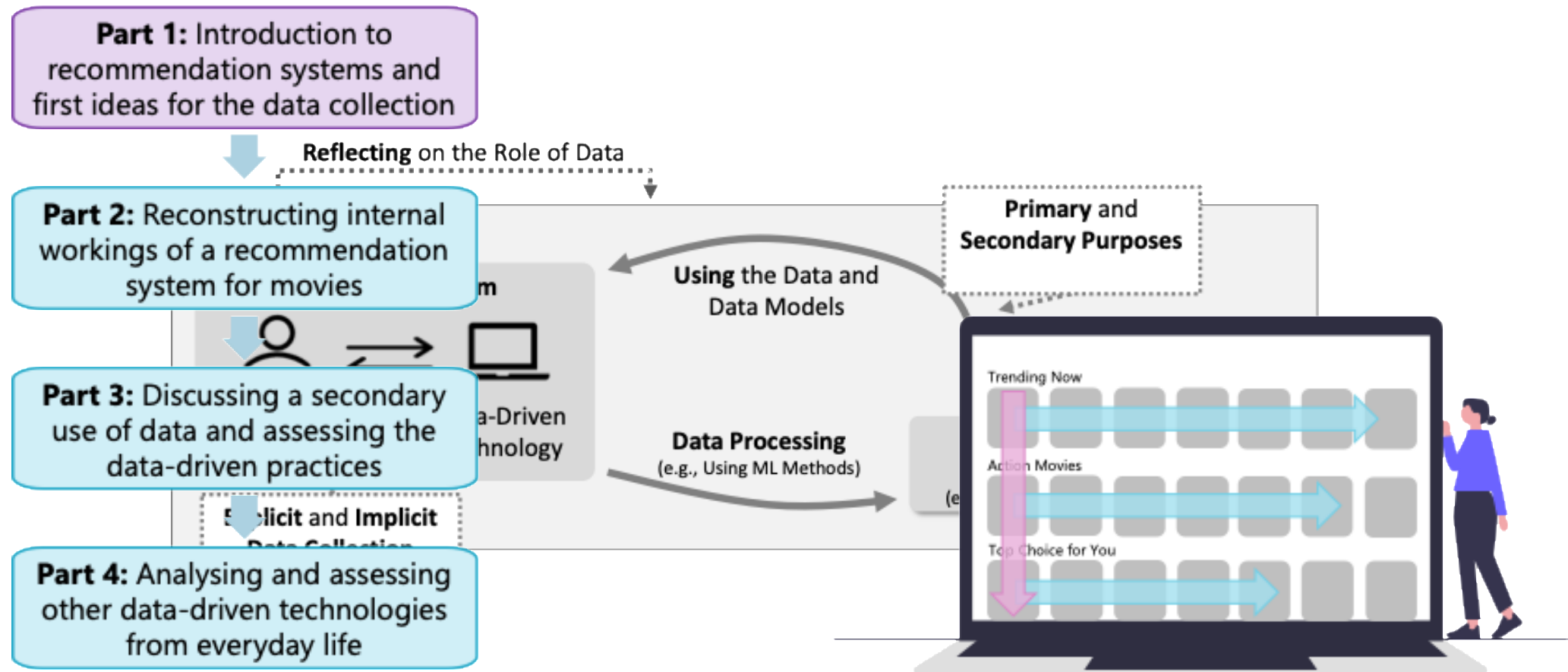
Teaching with Explanatory Models

- Data Awareness with location data
 - Raspberry pi research seminar: Exploring the data-driven world: Teaching AI and ML from a data-centric perspective (5 October 2021)
 - Prodabi-website:
<https://www.prodabi.de/en/materialien/datenbewusstsein/>
- Teaching data awareness with explanatory model, thus
 - explicit and Implicit data
 - primary and Secondary purpose
 - data models
 - ...become teaching content.
 - (instead of being 'only' a tool for designing teaching)

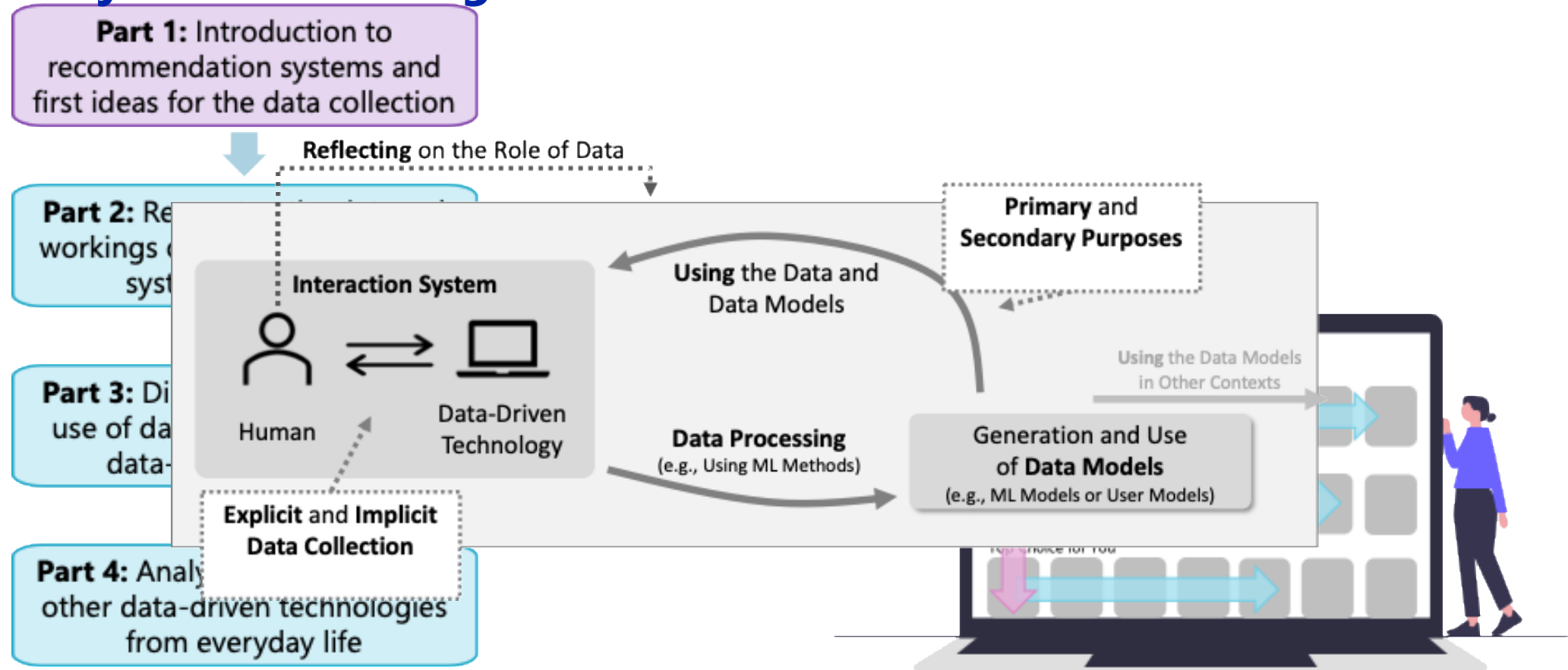


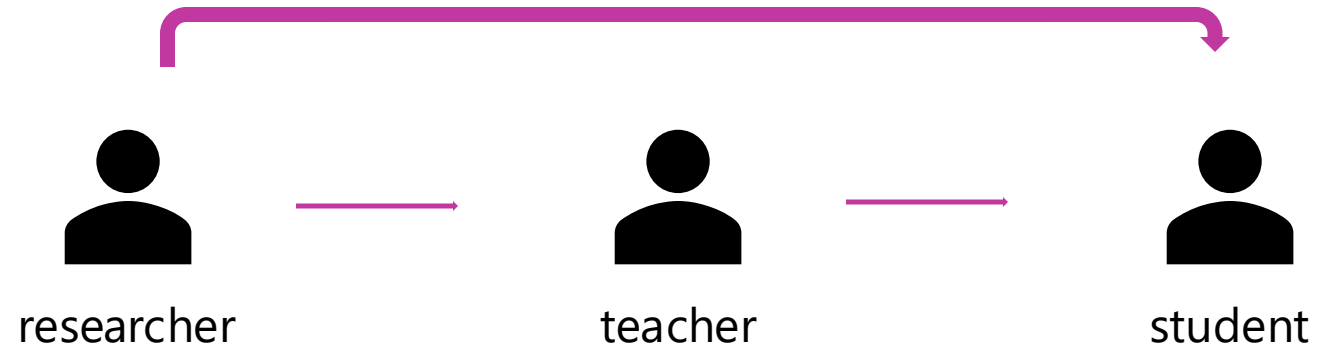


Explanatory Model in background: Local teachers decide



Explanatory Model in foreground: Researchers decide







Is the Explanatory model 'correct'? Is it the right one?

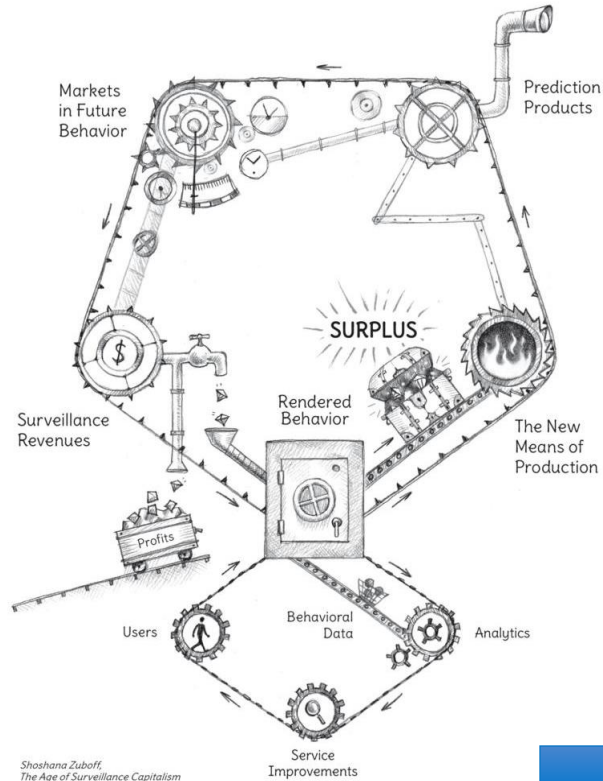
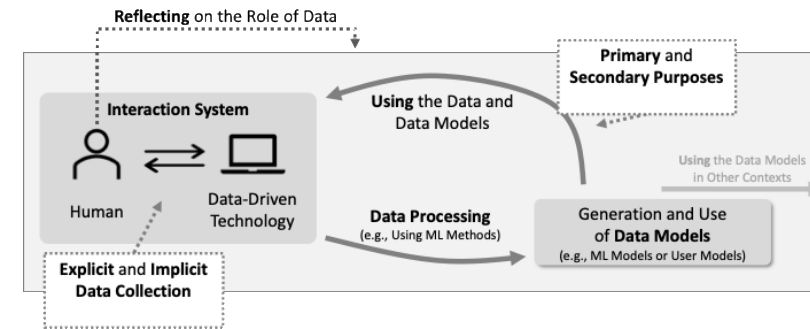


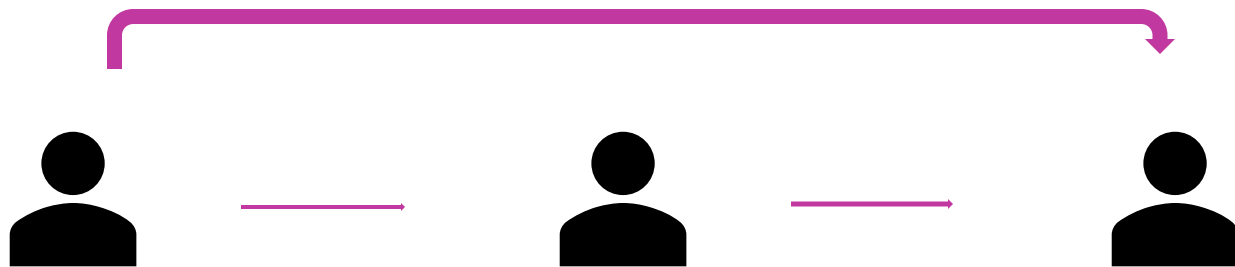
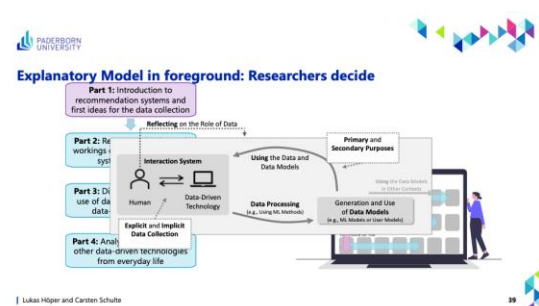
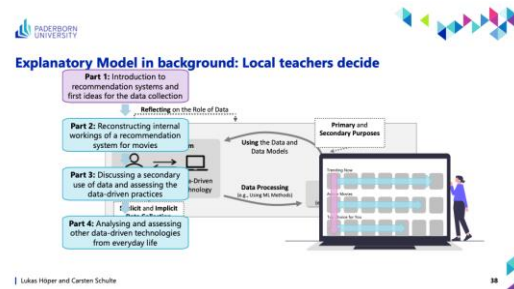
Figure 2: The Discovery of Behavioral Surplus



Hiding & Highlighting



Need for Explanatory Models



New Perspectives on the Future of Computing Education: Teaching and Learning Explanatory Models

Lukas Höper
Computer Science, Paderborn University
Germany
lukas.hoepfer@uni-paderborn.de

Carsten Schulte
Computer Science, Paderborn University
Germany
carsten.schulte@uni-paderborn.de

Abstract

This paper introduces the explanatory model approach to address challenges in computing education arising from rapid technological developments and paradigm shifts, particularly regarding artificial intelligence and machine learning. Traditional approaches in computing education aim to teach basic concepts derived from the computer science discipline as they are in order to support students' understanding of these concepts and digital technologies that implement these concepts. This approach is challenged in topics like machine learning, where the ground truth of the inner workings and the behaviors of these technologies is not so clear, making rethinking approaches in computing education necessary. The explanatory model approach suggests that students learn models about computational concepts and digital artifacts that help them understand, explain, and reason about digital technologies. While drawing on the notion of models in science and science education, this approach emphasizes learning and using explanatory models as a focal point in computing classes. Doing so may help students make use of these models as tools and enable them to reflect on and critique different models in various contexts. Additionally, this paper discusses how making explanatory models explicit in research can enrich computing education research and our discourses and describes avenues for researching explanatory models as different perspectives on computational concepts.

CCS Concepts

• Social and professional topics → Computing education; K-12 education; Model curricula.

Keywords

K-12, computing education, explanatory models, artificial intelligence, computational concepts

ACM Reference Format:

Lukas Höper and Carsten Schulte. 2024. New Perspectives on the Future of Computing Education: Teaching and Learning Explanatory Models. In *24th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli Calling '24)*, November 12–17, 2024, Koli, Finland. ACM, New York, NY, USA, 8 pages. <https://doi.org/10.1145/3699538.3699558>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution International 4.0 License.

Koli Calling '24, November 12–17, 2024, Koli, Finland.
© 2024 Copyright held by the owner/author(s).
ACM ISBN 979-4-407-1026-1/24.
<https://doi.org/10.1145/3699538.3699558>

1 Introduction

In this paper, we present and discuss the approach of *explanatory models* that serve as tools for educational diagnostics, teaching, and as an area of research in computing education. To introduce this idea, we use an example of a workshop concept for teacher education and professional development recently published [3]. In this workshop, participants were given several tasks and materials to engage in discussions about the question of what constitutes an algorithm. The authors observed that over the past decade, participants could only partially identify the elements of an algorithm agreed upon in computer science (CS). They noted being surprised that almost all student groups overlooked a specific perspective (i.e. that algorithms target a particular implementation device). The participants use different conceptions or notions of an algorithm and can, for example, intensely discuss the analogy of cooking recipes for algorithms. So, despite a consensus on the meaning of algorithm and given that this concept can be explained in terms of its ground truth, people often hold divergent perspectives and conceptions. The explanatory model approach proposed in this paper provides a theoretical framework as a foundation for describing different perspectives on such computational concepts or digital technologies.

From a computing education perspective, interventions about such topics (e.g., algorithms) often focus on the ultimate goal of teaching students the correct understanding of the computational concepts in line with the common understanding within the CS discipline. Traditional contents in computing classes are defined with the ground truth of the respective concepts. However, analogies and similar ideas are sometimes used when understanding the concepts is challenging. For example, in the context of programming, the idea of notional machines was introduced as a pedagogical vehicle to support students in understanding programs and their behavior during execution [see 17, 48]. Thus, analogies or notional machines are intended to scaffold and support students in developing a complete and correct understanding of the computational concepts as the intended learning outcomes. However, nowadays, computing education involves topics where this ground truth is not so clear; think, for example, about artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) and what a correct understanding of large language models could be: it is discussed, for example, whether there are 'sparks of intelligence' [7] or whether they are rather like 'stochastic parrots' [5] (for detailed discussions, see 6, 31). Such cases raise the question of whether a correct, ground truth understanding is achievable in computing education (at least in schools). With the approach presented here, we suggest taking *explanatory models* as explicit content and learning them as an end goal in itself instead of only as a scaffold during the learning process until the complete



Thanks for the attention!



The teaching units are (or will be) published on
www.prodabi.de (both in German and English)

If you have any questions, please contact us: lukas.hoeper@uni-paderborn.de