

Datenanalyse und -visualisierung

mit der Programmiersprache R

Datenanalyse und -visualisierung

mit der Programmiersprache R

Pekka Sagner M.Sc.

-  sagner@iwkoeln.de
-  iwkoeln.de/.../pekka-sagner
-  [@pekkasagner](https://twitter.com/pekkasagner)

Wintersemester 2022-23

Kursinhalte und Organisatorisches

Dozent: Pekka Sagner M.Sc.

- Economist im Institut der deutschen Wirtschaft
- Kompetenzfeld Finanzmärkte und Immobilienmärkte

- **Kontaktdaten:**

 sagner@iwkoeln.de

 iwkoeln.de/.../pekka-sagner

 [@pekkasagner](https://twitter.com/pekkasagner)



- **Forschungsschwerpunkte:** Wohnungsmärkte und -politik

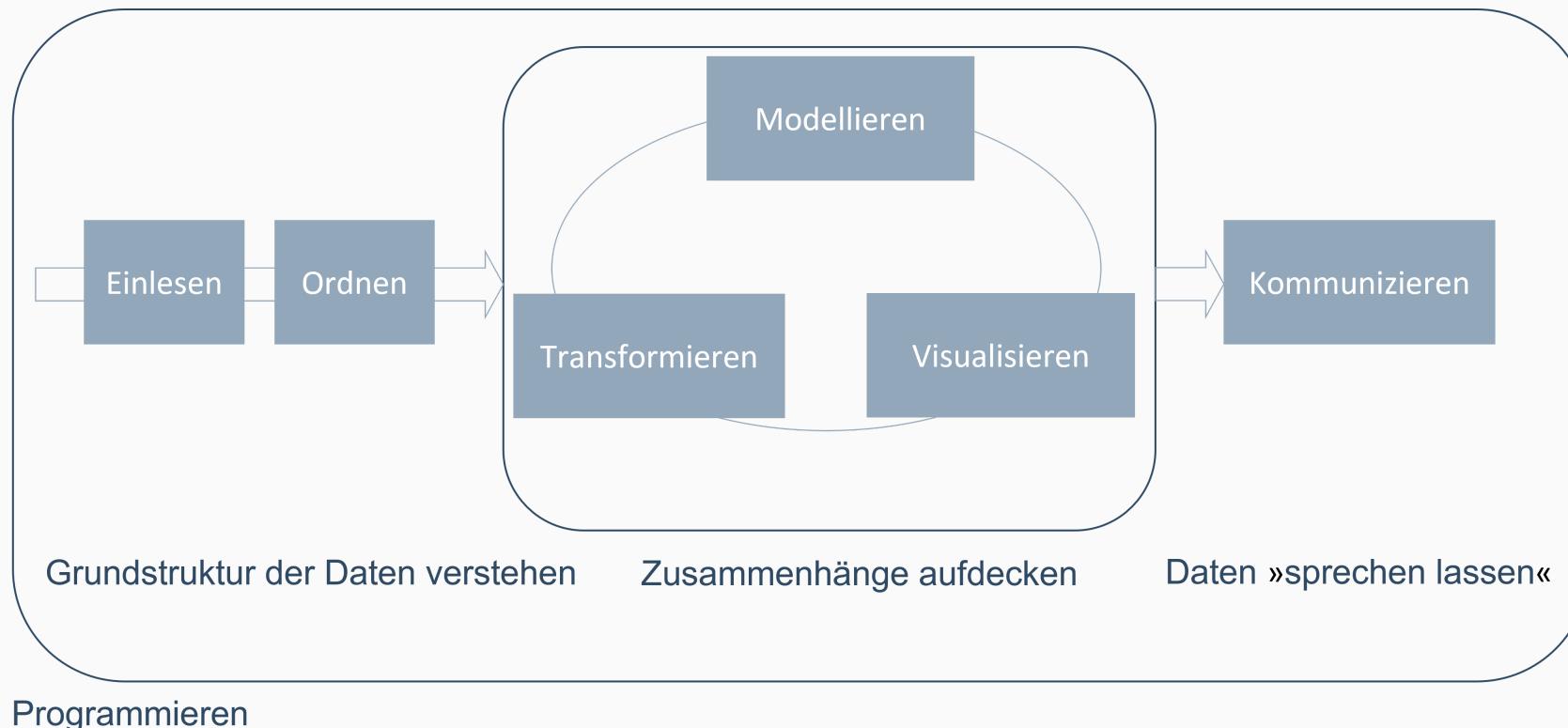
- **Stationen:**

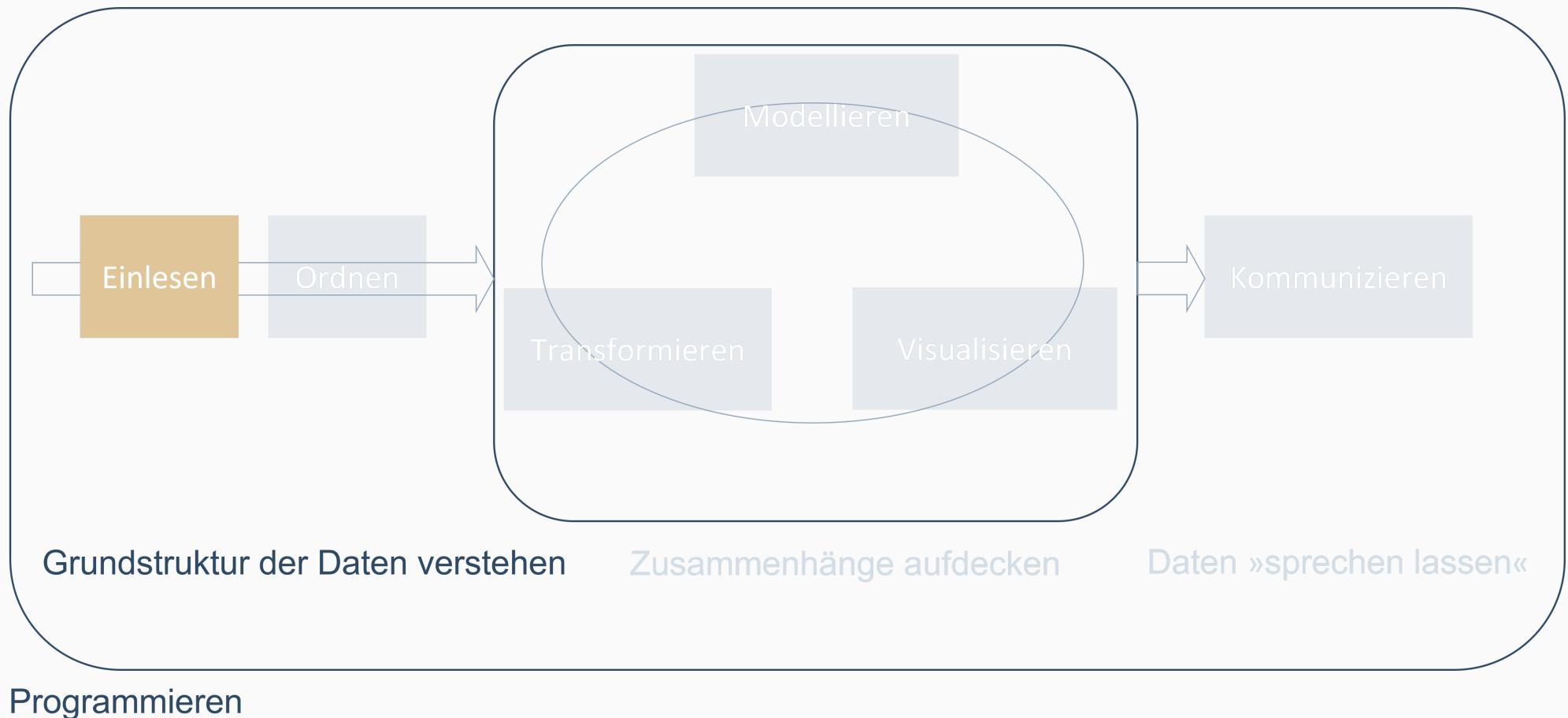
- Dozent an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, International Real Estate Business School (IREBS) und Akademie Deutscher Genossenschaften (ADG)
- Seit 2020 Promotion an der Bergischen Universität Wuppertal im Fachbereich Ökonomie des Planens und Bauens
- Seit 2018 im Kompetenzfeld Finanz- und Immobilienmärkte im Institut der deutschen Wirtschaft
- Studium Economics und Internationale Wirtschaft und Entwicklung an der Universität Bayreuth und dem Beijing Institute of Technology

Was wir im Kurs lernen

Was wir im Kurs lernen

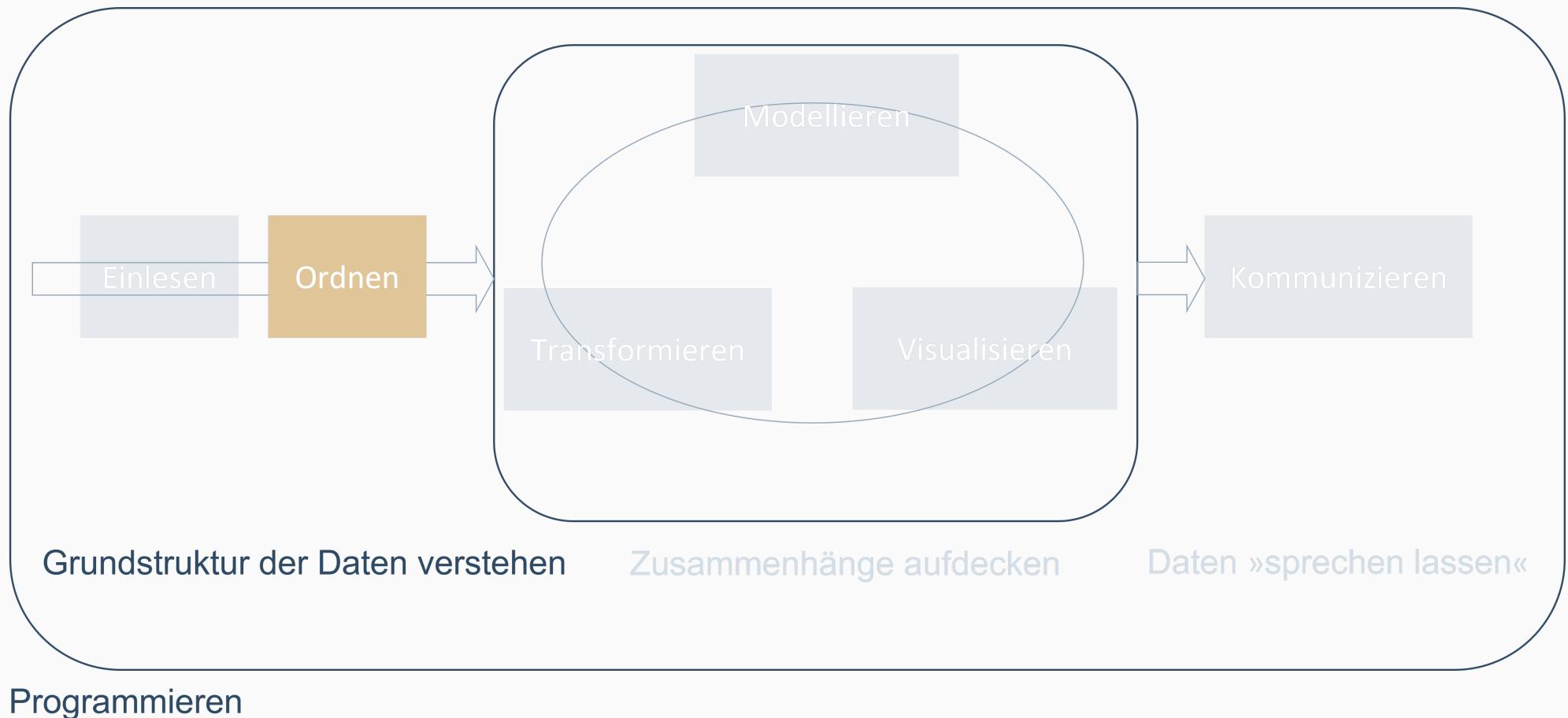
- Data Science ist ein riesiges Feld. Es ist unmöglich Experte, auf jedem Gebiet zu sein (insbesondere nach einem Semester).
- Ziel des Kurses ist es, ein solides Fundament zu schaffen, auf dem viele Aufgaben im Bereich Data Science aufbauen.
- Die Arbeit mit Daten ist im Grunde recht simpel aufgebaut:





Daten einlesen

- Typischerweise entweder aus einer Datei, Datenbank oder einer Programmierschnittstelle (API).
- Der erste Schritt ist der wichtigste: Wenn wir unsere Daten nicht in R einlesen können, können wir sie auch nicht analysieren, nicht visualisieren, nicht ...
- Leseempfehlung:
 - [The Tidyverse Cookbook, Kapitel 2 \(Golemund, 2020\)](#)
 - [R4DS, Kapitel 11 \(Wickham/Golemund, 2021\)](#)
- Weitere Ressourcen:
 - [Vortrag von Hadley Wickham \(Video\)](#) zum Einlesen verschiedener Datentypen.



Daten ordnen

- **Ordentliche Daten** sind Daten, die in einem konsistenten Format vorliegen und zur Natur der Daten passen.
- Das Konzept der **Tidy Data** ist für die Arbeit mit Daten essenziell.
- Struktur ordentlicher Daten:

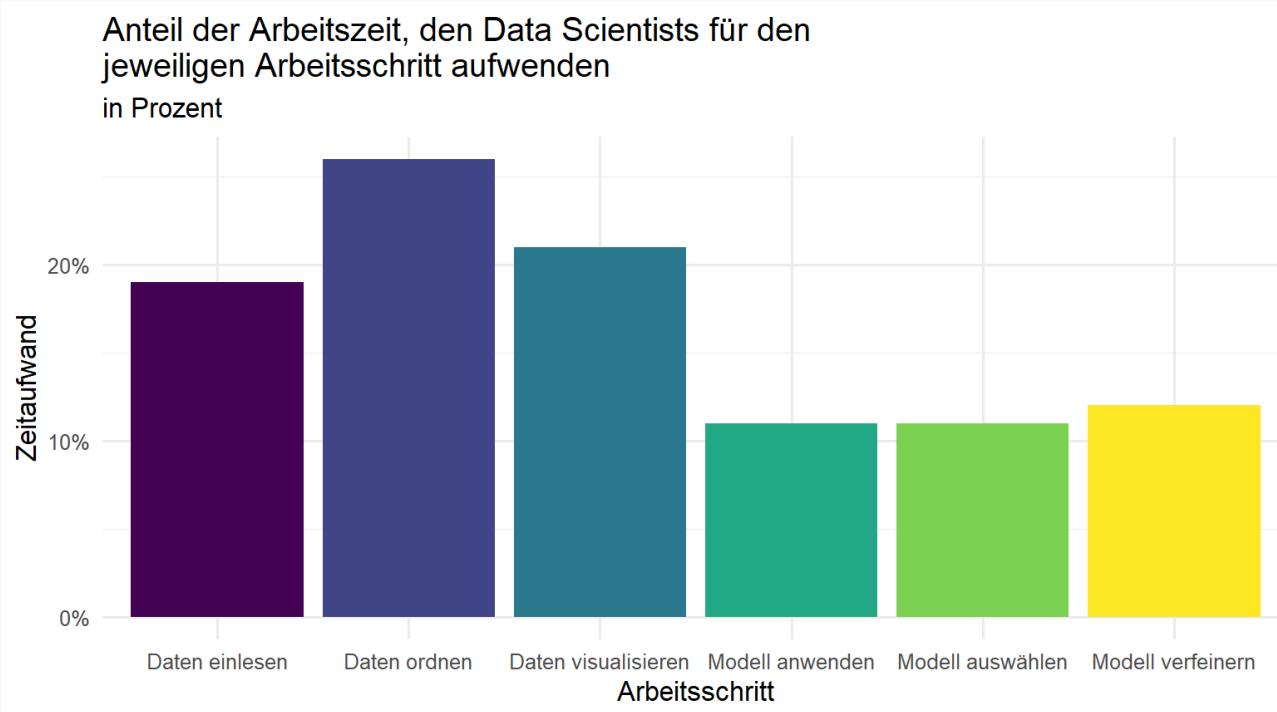


- Leseempfehlung: **Tidy Data** (Wickham, 2014)
- Die beiden ersten Schritte sind eng miteinander verknüpft:
 - Durch das richtige Einlesen der Daten kann man sich häufig viel Zeit beim Ordnen der Daten sparen.

»Garbage in, garbage out«

- Der Zeitaufwand, den die ersten Schritte bei einem Datenprojekt in Anspruch nehmen, sollte nicht unterschätzt werden:

Plot R-Code



Quelle: [Anaconda.com](#), eigene Darstellung

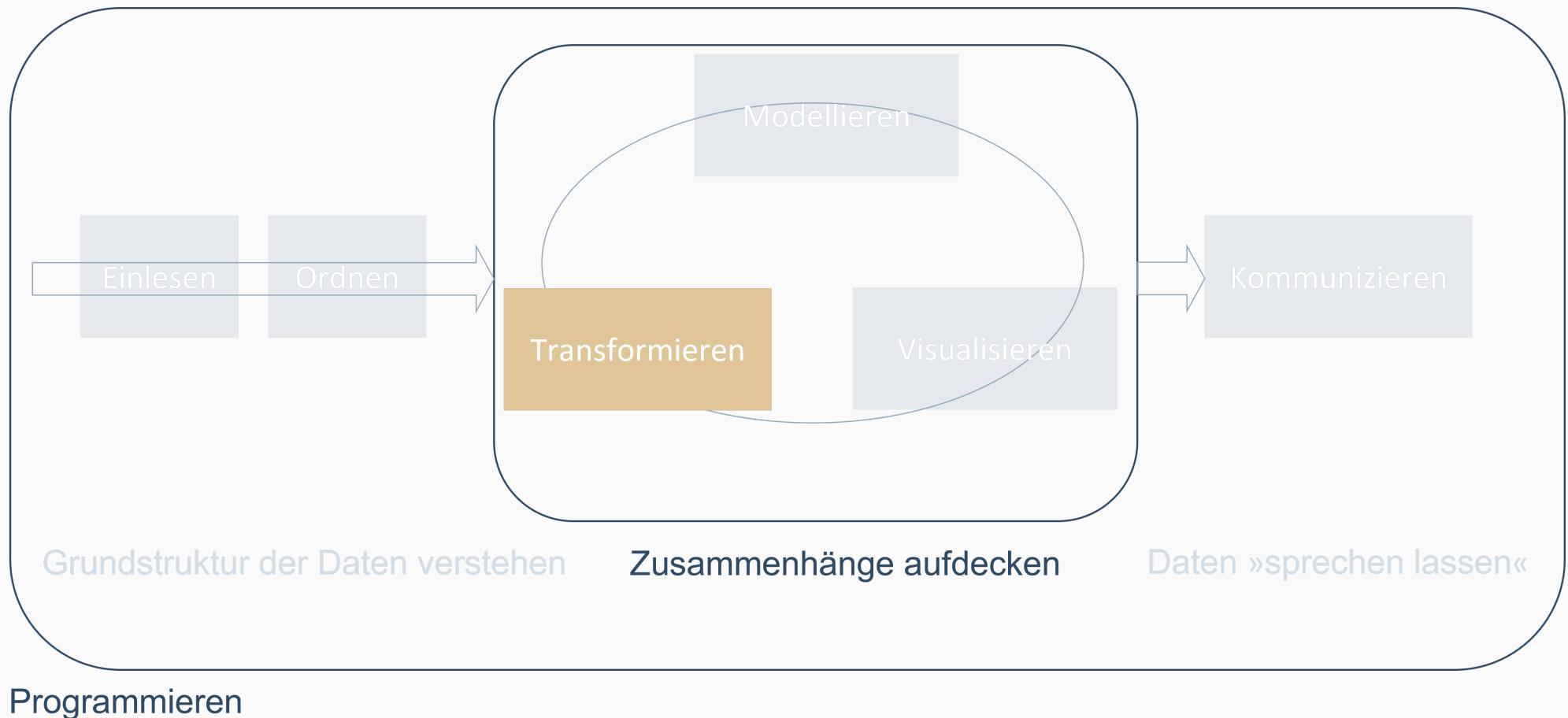
»Garbage in, garbage out«

- Der Zeitaufwand, den die ersten Schritte bei einem Datenprojekt in Anspruch nehmen, sollte nicht unterschätzt werden:

Plot R-Code

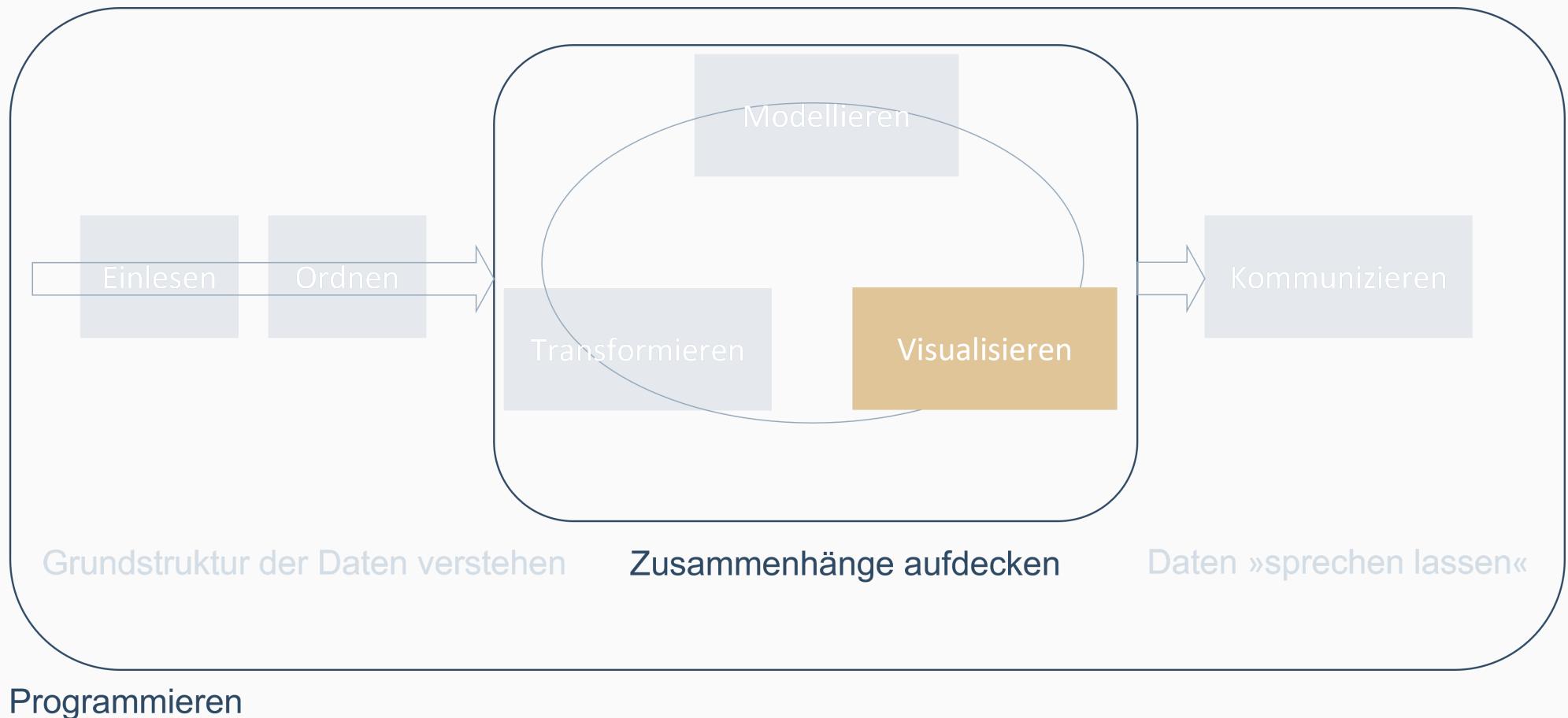
```
data <- tibble(Arbeitsschritt = c("Daten einlesen", "Daten ordnen", "Daten visualisieren",
                                  "Modell auswählen", "Modell verfeinern", "Modell anwenden"),
               Zeitaufwand = c(0.19, 0.26, 0.21, 0.11, 0.12, 0.11))

data %>%
  ggplot(aes(x = Arbeitsschritt, y = Zeitaufwand, fill = Arbeitsschritt)) +
  geom_col() +
  scale_y_continuous(labels = scales::percent_format()) +
  theme_minimal() +
  scale_fill_viridis_d() +
  theme(legend.position = "none") +
  labs(title = "Anteil der Arbeitszeit, den Data Scientists für den\\njeweiligen Arbeitsschritt aufwenden",
       subtitle = "in Prozent")
```



Daten transformieren

- In den seltensten Fällen kommen wir ohne die Transformation von Daten aus. (Ein Beispiel ist das vorangegangene Balkendiagramm.)
- In der Regel ist es unsere Aufgabe, aus Daten schlau zu werden.
- Daten können auf verschiedene Weisen transformiert werden:
 - **Fokussieren auf Beobachtungen von Interesse:** z. B. Menschen, die in einem bestimmten Land wohnen, oder Daten aus einem speziellen Jahr.
 - **Erstellen neuer Variablen aus bestehenden:** z. B. BIP pro Kopf aus dem gesamten Bruttoinlandsprodukt eines Landes geteilt durch die Anzahl der Einwohner.
 - **Berechnen zusammenfassender Statistiken:** z. B. Durchschnitte, Medianwerte oder Anteile.
- Das Ordnen und das Transformieren von Daten nennt man auch **Data Wrangling**.
- Dies ist eine Anspielung darauf, dass es ein Kampf sein kann, bis die Daten im »richtigen« Format sind.



»Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.« - Daten visualisieren I

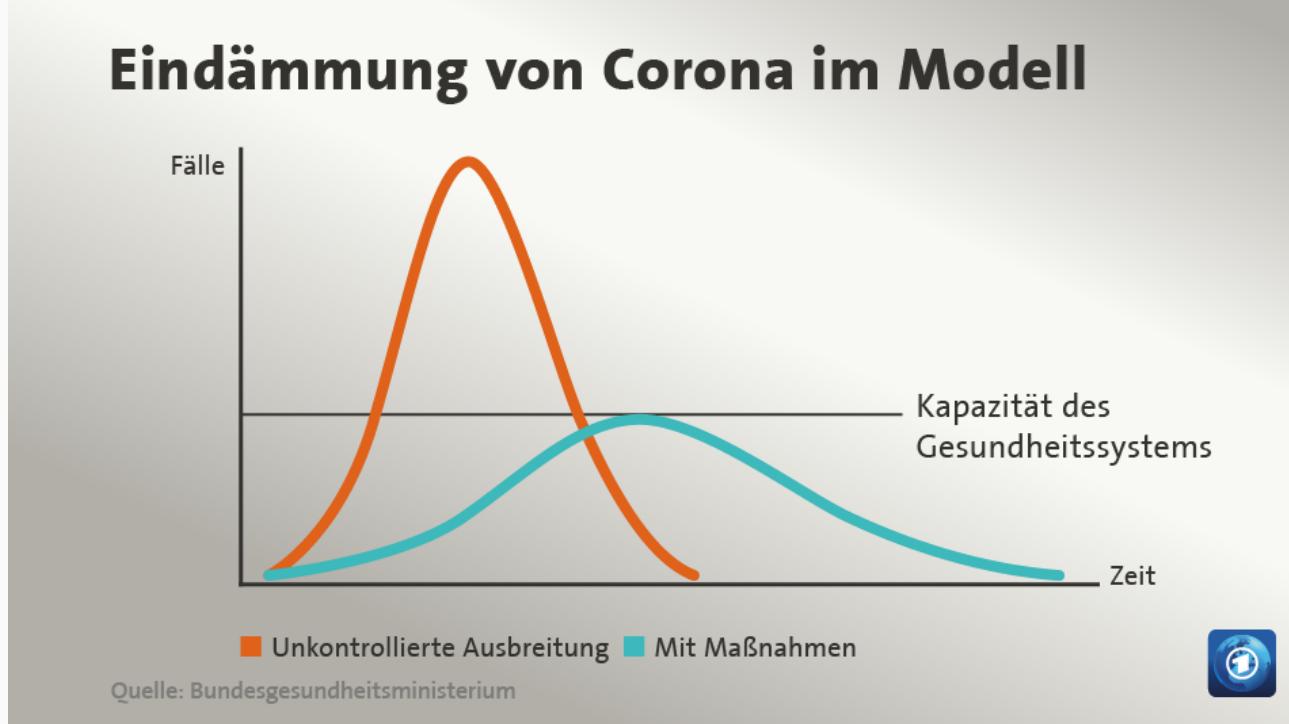
- Sind die Daten im richtigen Format, gibt es zwei wesentliche Vorgehensweisen, um daraus neues Wissen zu schaffen: **Visualisierung** und **Modellierung**. Die beiden Vorgehensweisen sind komplementär.
- Visualisierungen sind auf dem Weg zum besseren Verständnis von Daten ein unerlässliches Instrument.
- Eine gute Visualisierung zeigt möglicherweise unerwartete Dinge.
- Oft zeigen uns Abbildungen, dass **irgendetwas in den Daten nicht stimmt**.
- Sie sind deshalb ein mächtiges Instrument und sollten **immer Teil der explorativen Datenanalyse** sein.
- R ist wegen seiner guten Visualisierungsmöglichkeiten, die auf einer **Grammar of Graphics** basieren, sehr beliebt.
- Leseempfehlung:
 - R4DS, Kapitel 3 (Wickham/Grolemund, 2021)
 - A Layered Grammar of Graphics (Wickham, 2010)
 - ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis (Wickham, 2021)
 - R Graphics Coobook (Chang, 2021)

»Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.« - Daten visualisieren II

Gute Visualisierung

Schlechte Visualisierung

Alternative zur schlechten Visualisierung

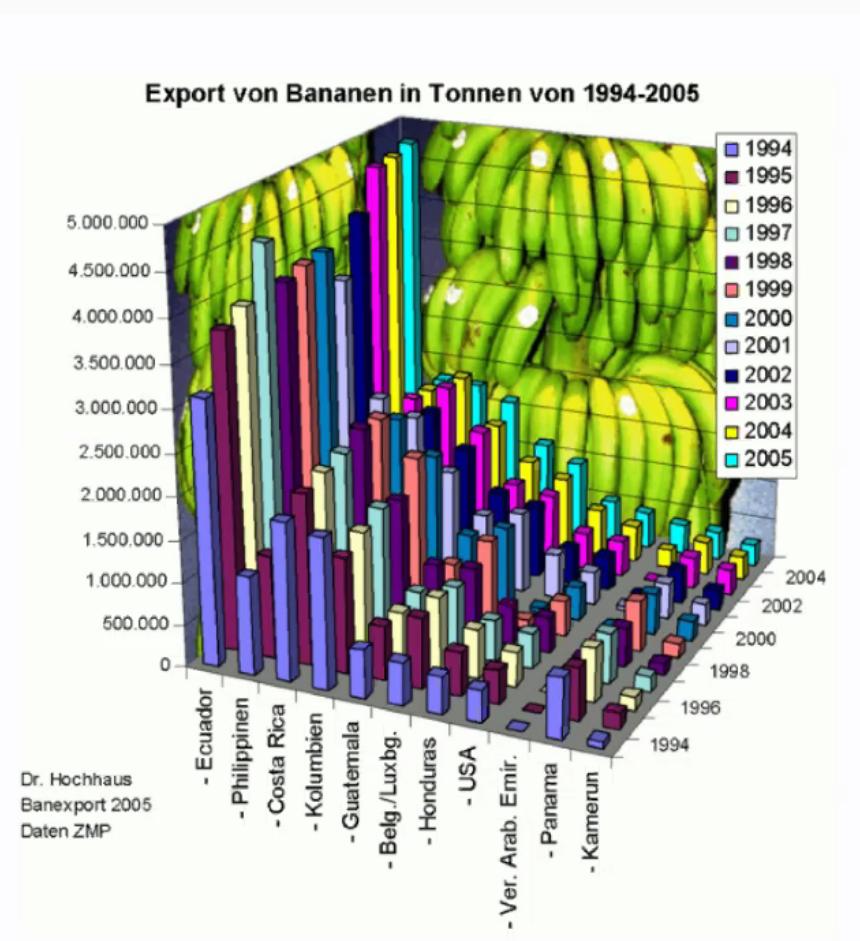


»Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.« - Daten visualisieren II

Gute Visualisierung

Schlechte Visualisierung

Alternative zur schlechten Visualisierung

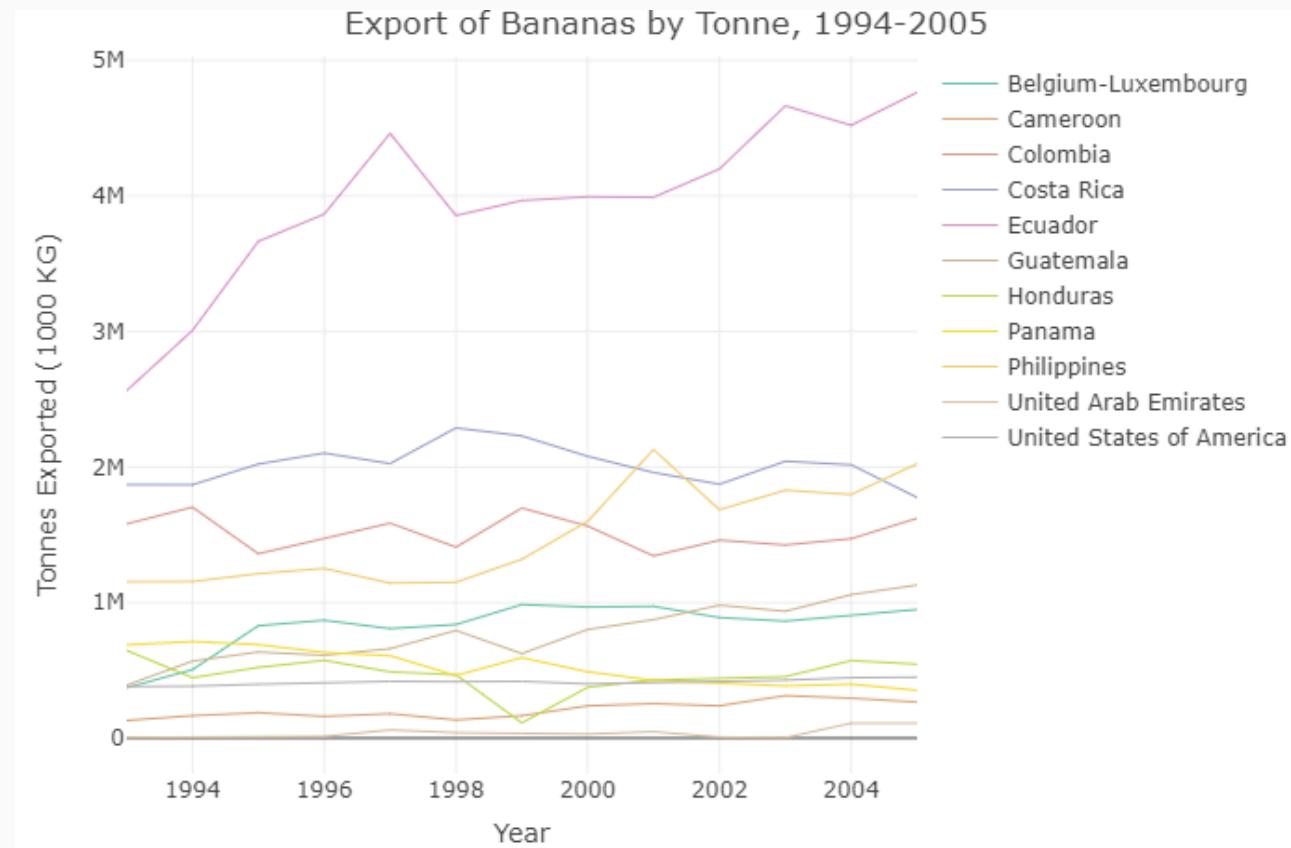


»Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.« - Daten visualisieren II

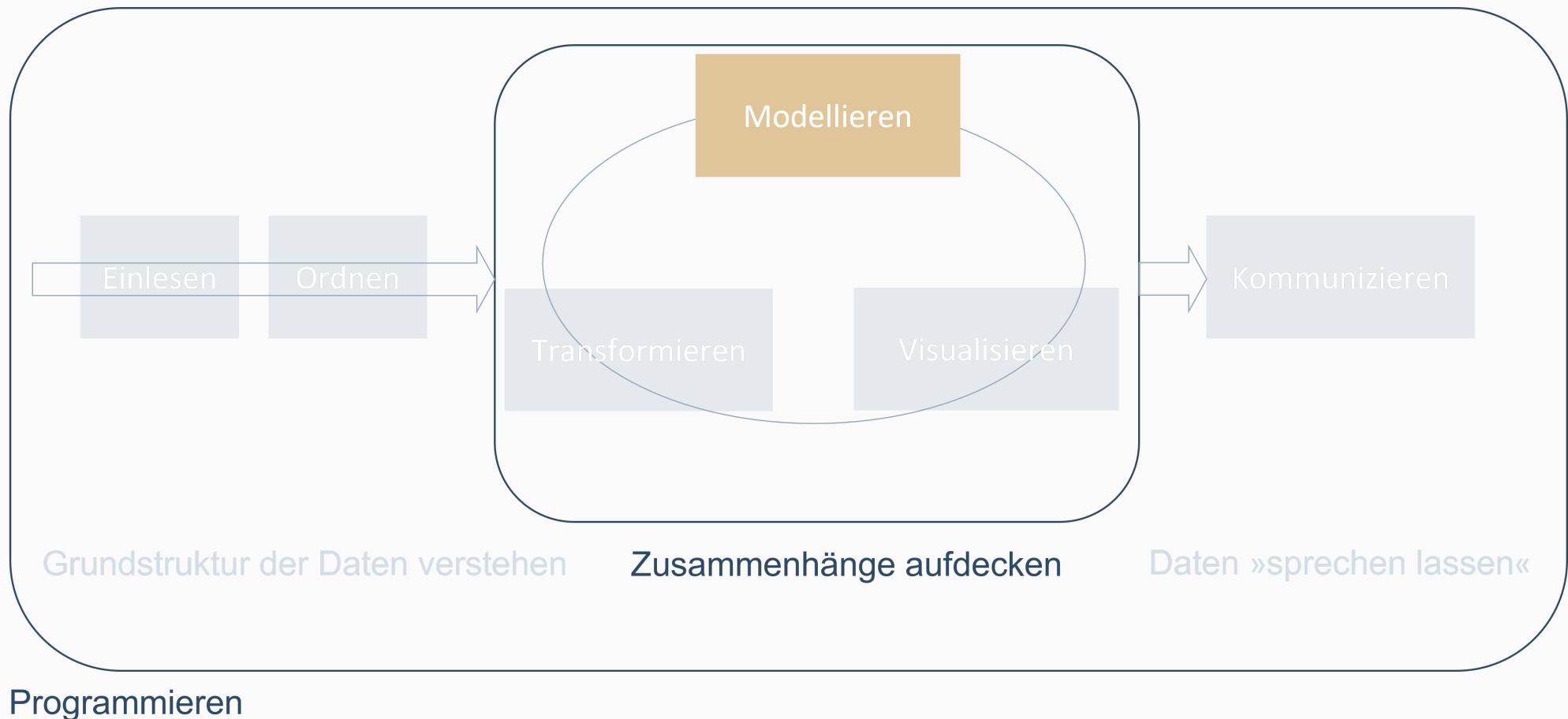
Gute Visualisierung

Schlechte Visualisierung

Alternative zur schlechten Visualisierung

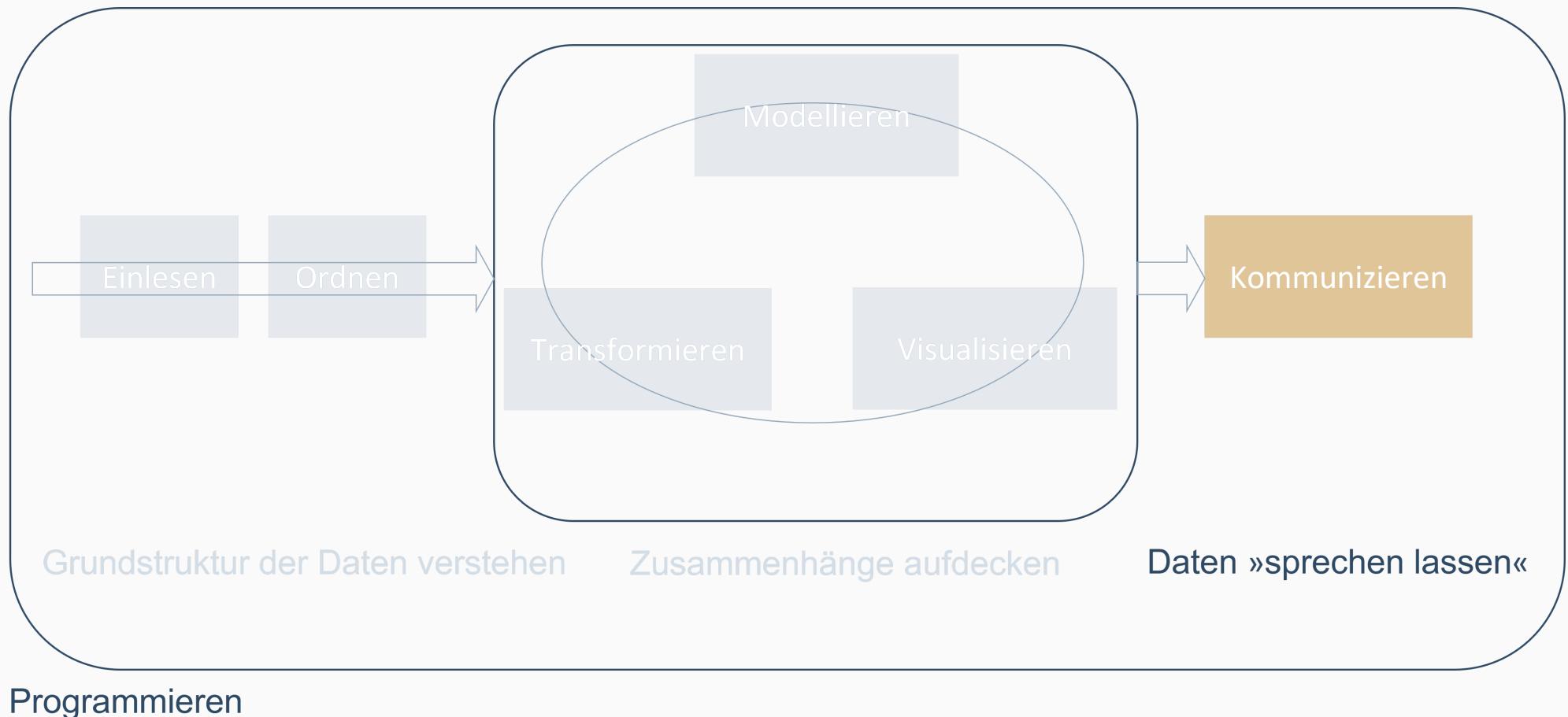


Quelle: [Clarkdatalabs](#)



Daten modellieren

- Modelle sind komplementär zu Visualisierungen.
- Modelle abstrahieren:
 - Ein Modell verwendet häufig die Formulierung »Wir nehmen an.«
 - Wir vereinfachen in einem Modell die Realität, um uns auf bestimmte Fragen zu konzentrieren.
- Modelle sind ein wichtiger Teil der (empirischen) Wirtschaftsforschung.
- Im Kurs schneiden wir die ökonometrische Modellierung mit R nur an.
- Leseempfehlung:
 - [R4DS, Kapitel 22-25 \(Wickham/Grolemund, 2021\)](#)
- Weiterführende Literatur:
 - [Tidy Modeling with R \(Kuhn & Silge, 2021\)](#)



Daten und Ergebnisse kommunizieren I

- Die Kommunikation von Ergebnissen einer Datenanalyse ist mindestens so wichtig wie alle Schritte zuvor.
- Die Datenanalyse mag bis zum Punkt der Kommunikation perfekt gewesen sein, am Ende gilt es jedoch, anderen die Ergebnisse zu vermitteln.
- Wie man die Daten kommuniziert lässt sich nicht pauschal beantworten.
- Es gibt jedoch fast immer Alternativen, um dieselben Ergebnisse zu kommunizieren.
- Leseempfehlung: [R4DS, Kapitel 26-30](#)

Daten und Ergebnisse kommunizieren II

Klassische Kommunikation

Alternative Kommunikation

Code für beide Alternativen

log(price)			
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	10.03	9.93 – 10.12	<0.001
lotsize	0.00	0.00 – 0.00	<0.001
bedrooms	0.03	0.01 – 0.06	0.019
bathrms	0.17	0.13 – 0.21	<0.001
stories	0.09	0.07 – 0.12	<0.001
driveway [yes]	0.13	0.07 – 0.19	<0.001
recroom [yes]	0.07	0.02 – 0.13	0.005
fullbase [yes]	0.10	0.06 – 0.14	<0.001
gashw [yes]	0.18	0.09 – 0.27	<0.001
airco [yes]	0.18	0.14 – 0.22	<0.001
garagepl	0.05	0.03 – 0.07	<0.001
prefarea [yes]	0.13	0.08 – 0.17	<0.001
Observations	546		
R ² / R ² adjusted	0.677 / 0.670		

Daten und Ergebnisse kommunizieren II

Klassische Kommunikation

Alternative Kommunikation

Code für beide Alternativen

Daten und Ergebnisse kommunizieren II

Klassische Kommunikation

Alternative Kommunikation

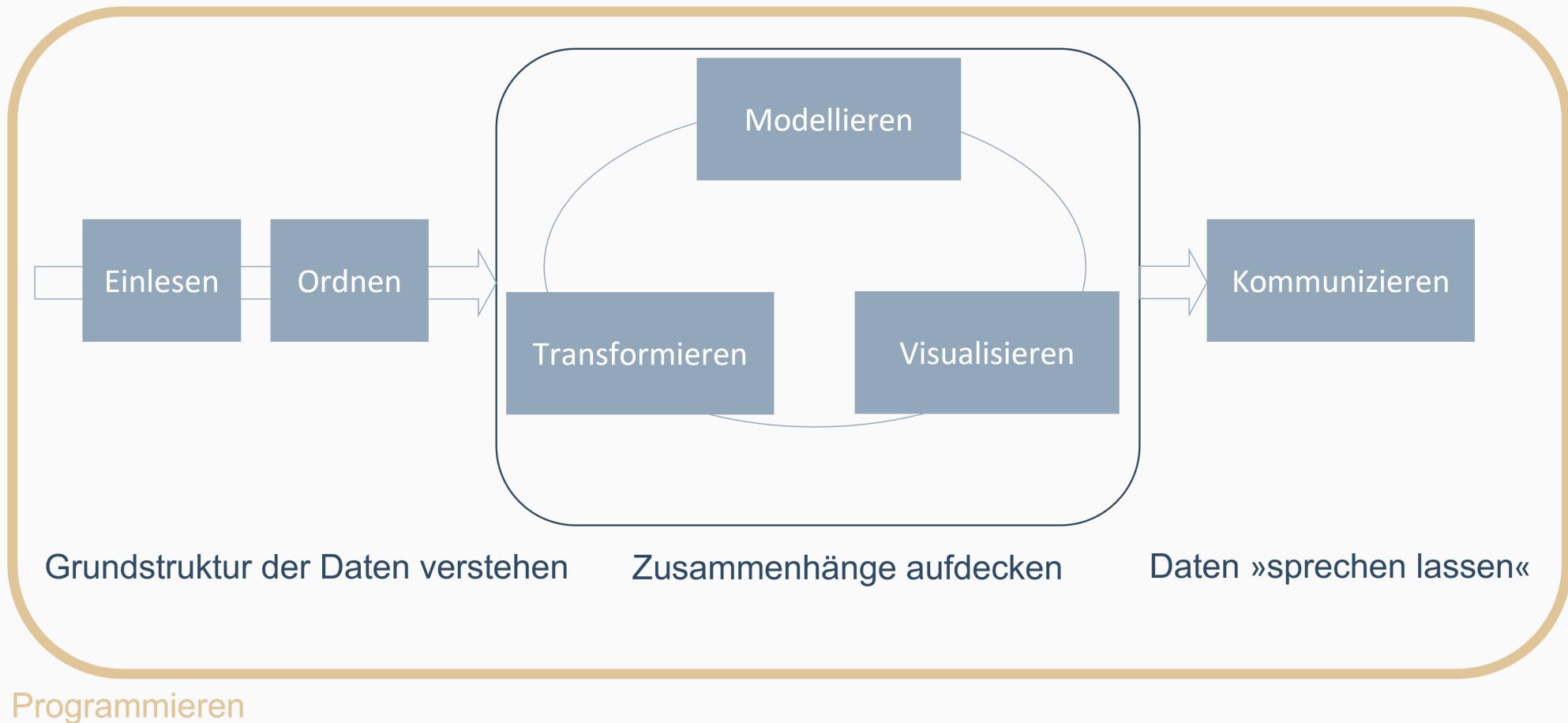
Code für beide Alternativen

```
#Daten laden
library(tidyverse)
library(Ecdat)
data(Housing)

#Modell bestimmen
modell <- lm(log(price) ~ ., data = Housing)

#Klassische Kommunikation als Regressionstabelle
modell %>%
  sjPlot::tab_model()

#Alternative Kommunikation als Koeffizientenplot
modell %>%
  sjPlot::plot_model()
```



- Grundsätzlich muss die Datenanalyse nicht zwingend durch das Programmieren erfolgen. Man hat die Wahl zwischen dem Erlernen einer **Grafischen Benutzeroberfläche** (GUI - Graphical User Interface) oder einer **Programmiersprache**.
- **Programmieren** bietet jedoch Vorteile gegenüber einer GUI:
 - **Reproduzierbarkeit:** Die Möglichkeit, eine Analyse nachzuvollziehen und zu reproduzieren, ist die Grundlage guter wissenschaftlicher Praxis.
 - **Automatisierung:** Befähigt uns, Datenanalyseschritte schnell zu wiederholen, falls sich etwas an der Datengrundlage ändert.
 - **Kommunikation:** Programme sind Code und Code ist Text. Text lässt sich einfach kommunizieren und teilen. Auch der Lernprozess wird dadurch vereinfacht.
- Leseempfehlung:
 - [Hands-On Programming with R \(Golemund, 2014\)](#)
 - [R4DS, Kapitel 17-21 \(Wickham/Golemund, 2021\)](#)



Was ist R? II

- R ist eine **Programmiersprache** und **kostenfreie** Software.
 - Es ist eine Umgebung, in der statistische Methoden implementiert sind.
 - R bietet standardmäßige Funktionalitäten → »Base-R«
 - Es ist mit **Packages** erweiterbar.
 - Ein Package ist eine **Sammlung von Funktionen oder Daten**.
 - Die Funktionen erweitern die Basisfunktionalität.
 - Das Paket `readxl` z. B. bietet eine Sammlung von Funktionen, um Excel-Dateien einzulesen, die nicht standardmäßig in R enthalten sind.



Quelle: Mitchell O'Hara-Wild

Was ist R? II

- Im Kern ist R ein schicker *Taschenrechner*.

```
1+2
```

```
#> [1] 3
```

- Alle Rechenoperationen sind möglich:

```
(1+2) / (3-4) * (5^6)
```

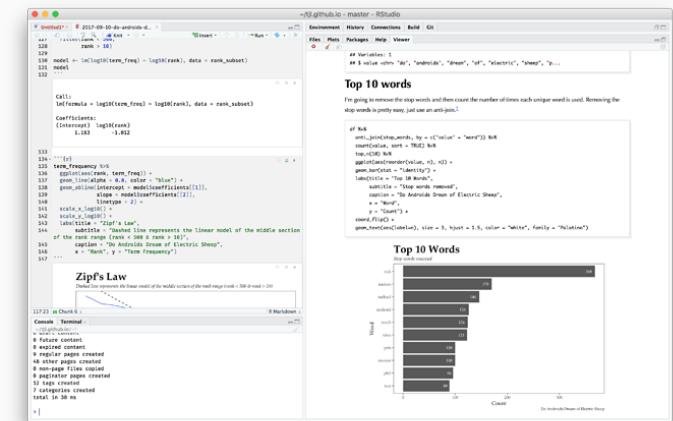
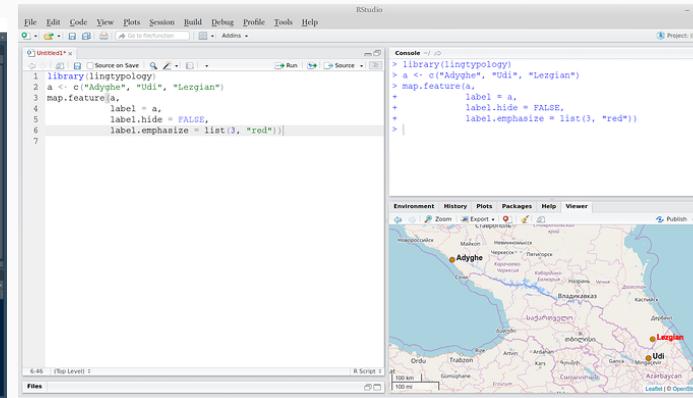
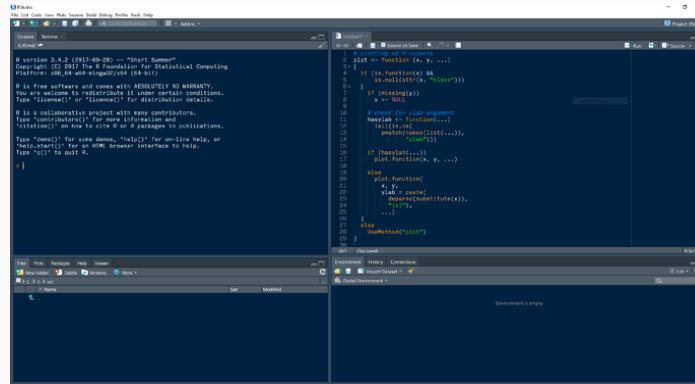
```
#> [1] -46875
```

- Das kann aber eben auch jeder Taschenrechner. In der Praxis arbeiten wir häufig mit Datensätzen als Input, verändern diese und generieren irgendeine Form von Output.



Was ist R Studio?

- R ist der **Motor**, RStudio ist das **Cockpit**.
- Wir lernen und arbeiten mit der Programmiersprache R und nutzen dafür RStudio.
- RStudio bietet eine anwenderfreundliche **Benutzeroberfläche**, um in R zu »coden«.
- RStudio ist grundsätzlich nicht zwingend erforderlich, macht das Arbeiten mit R aber wesentlich einfacher.
- Die Benutzeroberfläche lässt sich recht frei, je nach persönlicher Präferenz, anpassen.



Quelle: RStudio Community

Kursressourcen

Literatur, Tutorials und Co.

Allgemeine Ressourcen

- Die Zahl der Ressourcen, um R zu lernen, ist groß. Viele Ressourcen sind kostenfrei.
- Für den Einstieg:
 - **R for Data Science (R4DS)**, (Wickham/Grolemund, 2021)
 - Idealer Einstieg zum Selbstlernen, viele Beispiele.
 - Weite Teile des Kurses basieren auf diesem Buch.
 - Nutzt das **Tidyverse**.
- Für den Einstieg und darüber hinaus:
 - **Modern Data Science with R** (Baumer et al., 2021)
 - Führt ebenfalls die wichtigsten Konzepte ein.
 - Darüber hinaus Einführung in statistische Grundlagen und Modellierung.
 - Guter Einblick in verschiedene Datentypen, z. B. Textdaten, Geodaten.
 - **Modern Statistics with R** (Thulin, 2021)
 - Gute Einführung in die Grundlagen.
 - Fokus auf der Illustration und Anwendung statistischer Methoden mit R.

Thematische Ressourcen

- Die Themen und Probleme, mit denen sich Data Science beschäftigt, sind schier endlos.
- Für die meisten gibt es Lösungen in R.
- »**Das einzige Lesezeichen, das man braucht**«: Big Book of R (Baruffa, laufend aktualisiert)
 - Thematische Sammlung einer Vielzahl von Büchern und Tutorials zu R.
 - Die Themen reichen von
 - »R-Internas« (vgl. Kapitel 7, 8, 19, 20, 21),
 - über Data Science und Statistik (vgl. Kapitel 9, 25),
 - bis zu einer Sammlung von Sammlungen (vgl. Kapitel 31).
- Empfehlung: Bei der Suche nach Ressourcen sollte darauf geachtet werden, dass diese sich der **modernen Tidyverse- und Dplyr-Syntax** bedienen.
- Leseempfehlung:
 - Welcome to the Tidyverse (Wickham et al., 2019)

Die wichtigste Ressource überhaupt

(...neben unserem Kurs)



- ...und zwar am besten auf **Englisch**.
- Die meisten Fragen hat sich auch schon mal jemand anderes gestellt...
- ...und wieder jemand anderes beantwortet.
- Für alles, was mit Code zu tun hat, landet man schnell bei [stackoverflow](#).
- Eine Community, in der von Mitgliedern Fragen gestellt und beantwortet werden.
- Je genauer man das Problem erkannt hat und je präziser man die Suche formuliert, desto eher findet man die passende Lösung:
 - Googeln von "weighted mean in R".
 - Googeln von "r weighted mean by group dplyr".

Quelle: [tenor.com](#)

Organisatorisches zum Kurs

Leistungsnachweise und -voraussetzungen, Zeitplan

Organisatorisches zum Kurs I

- Der Kurs erfordert einen Leistungsaufwand von 2 SWS.
- Der Kurs teilt sich in Vorlesungs- und Übungszeiten und selbständige Eigenleistung in Form von Übungsaufgaben.
- Im Vorlesungsteil werden Konzepte und Strukturen theoretisch eingeführt, die in den praktischen Übungsteilen vertieft werden.
- Die Philosophie des Kurses ist **Hands-on**. Ein großer Teil der Zeit wird deshalb auf die **praktischen Teile** verwendet werden.
- Leistungsnachweise:
 - Präsenz
 - Bearbeiten der Übungsaufgaben
 - Kurzpräsentation am Ende des Semesters
- Leistungsvoraussetzungen:
 - Keine

Organisatorisches zum Kurs II

Zeitplan:

Datum	Uhrzeit	Raum	Geplanter Kursinhalt
30.09.2022	13:00 - 16:15 Uhr	G-107	Kursvorstellung und erste Schritte
14.10.2022	13:00 - 16:15 Uhr	G-107	Datenanalyse mit dem Tidyverse
28.10.2022	13:00 - 16:15 Uhr	G-107	Visualisierungen mit ggplot2
11.11.2022	13:00 - 16:15 Uhr	G-107	Umgang mit unordentlichen Daten
25.11.2022	13:00 - 16:15 Uhr	G-107	Daten verbinden
09.12.2022	13:00 - 16:15 Uhr	G-107	Geodaten - R als GIS
16.12.2022	13:00 - 16:15 Uhr		Vorbereitung Kurzpräsentationen (Selbstlernen)
13.01.2022	13:00 - 16:15 Uhr	G-107	Abschlusspräsentationen

Organisatorisches zum Kurs III

There is no way of knowing nothing about a subject to knowing something about a subject without going through a period of much frustration and **suckiness**.

Push trough. You'll suck less. ~ Hadley Wickham - Chief Scientist bei R-Studio, Autor zahlreicher R-Pakete