



# Kommen wir heute pünktlich an?

## Verspätungsprognose mit Open Data und Machine Learning

---

ANDREAS GUTWENIGER

[WWW.PUENKTLICHKEIT.CH](http://WWW.PUENKTLICHKEIT.CH)

	Nach	Gleis	Hinweis
S2	15.12 Wankdorf Konoifingen Langnau	4	ca. 30 Min später
S1	15.16 Wankdorf Ostermundigen Thun	8	ca. 30 Min später
S31	15.17 Europaplatz Weissenbühl Wabern Belp	12	ca. 7 Min später
S51	15.19 Stöckacker Brünnen Westside	12 C	ca. 20 Min später
S2	15.20 Europaplatz Flamatt Laupen	4 AB	
S4	15.20 Wankdorf Burgdorf Hasle-R. Langnau	13 A	ca. 12 Min später
S3	15.30 Wankdorf Zollikofen Lyss Biel/Bienne	12 A	ca. 20 Min später
S3	15.32 Europaplatz Weissenbühl Wabern Belp	1 AB	ca. 20 Min später
IC	15.34 Lausanne Genève-Aéroport →	5	ca. 18 Min später
IC	15.34 Thun Spiez Visp Brig	6	
IR	15.34 Olten Aarau Brugg Baden Zürich HB	9	ca. 17 Min später
S52	15.34 Bümpliz Nord Brünnen Westside Kerzers	13 C	
IC	15.36 Olten Basel SBB	4	
S6	15.36 Europaplatz Liebfeld Schwarzenburg	13 A	ca. 11 Min später
RE	15.43 Lyss Biel/Bienne	10	
S1	15.45 Europaplatz Flamatt Fribourg/Freiburg		Ausfall

	Nach	Gleis	Hinweis
S7	15.45 Worblaufen Papiermühle Worb Dorf	24	
S1	15.46 Wankdorf Ostermundigen Thun		Ausfall
S31	15.46 Wankdorf Zollikofen Münchenbuchsee	12 A	ca. 9 Min später
S9	15.47 Felsenau Tiefenau Unterzollikofen	22	
S31	15.47 Europaplatz Weissenbühl Wabern Belp	5	ca. 8 Min später
S51	15.49 Stöckacker Brünnen Westside	12 C	ca. 13 Min später
S2	15.50 Europaplatz Flamatt Laupen	1 AB	ca. 7 Min später
S44	15.50 Wankdorf Burgdorf Solothurn/Sumisw.	13 A	ca. 6 Min später
S8	15.52 Worblaufen Oberzollikofen Jegenstorf	23	
RE	15.53 Kerzers Ins Neuchâtel Chaux-de-F.	12 AB	
IR	16.00 Zolingen Sursee Luzern		Ausfall
S7	16.00 Worblaufen Papiermühle Worb Dorf	24	
S3	16.00 Wankdorf Zollikofen Lyss Biel/Bienne	12 A	
Der Bahnhof Bern ist für den Bahnverkehr unterbrochen. Grund: Technische Störung an der Bahnanlage. Dauer der Einschränkung unbestimmt.			



## Was mich interessiert

---

Kann man basierend auf Open Data Verspätungsprognosen machen, die mindestens so gut sind wie die offizielle Kundeninformation der Bahnen?

# Quiz

---

1. Wie viele Prozent der von den Kundeninfo-Systemen gelieferten Prognosen sind korrekt? **71.0%**

Präzisierung:

- Prognosen für alle Ankünfte Bahnhof Bern in den nächsten 60 Minuten anschauen und notieren
- Jede Minute neu; Beobachtung über sechs Wochen (17.1. – 27.2.2018)
- Vergleich mit tatsächlicher Ankunftszeit
- Korrekt = Prognose stimmt +/- 60 Sekunden mit tatsächlicher Ankunft überein

2. Wie viele Prozent der gelieferten Prognosen sind zu hoch? **0.05%**

3. Wie viele Prozent der betrachteten Züge sind pünktlich (d.h. höchstens 60 sek später als Fahrplan)? **68.4%**



CFF FFS

Nach	Gleis	Hinweis
S7 08.30 Worblaufen Papiermühle Worb Dorf	24	
S8 08.30 Wankdorf Zollikofen Lyss Biel/Bienne	12 A	
IC 08.32 Zürich HB Winterthur St. Gallen	7	
S8 08.32 Felsenau Worblaufen Unterzollikofen	22	
S8 08.32 Europaplatz Weissenbühl Kehrsatz Belp	1 AB	
IC 08.34 Fribourg/Freiburg Genève-Aéroport	5	
IC 08.34 Olten Basel SBB	6	
IC 08.34 Thun Spiez Interlaken Ost	3	
S52 08.34 Bümpliz Nord Brünnen Westside Kerzers	13 C	
RE 08.35 Jegenstorf Fraubrunnen Solothurn	21	
IR 08.36 Olten Aarau Brugg Baden Zürich HB	8	
RE 08.36 Konolfingen Langnau Wolhusen Luzern	2	
S6 08.36 Liebefeld Köniz Schwarzenburg	13 A	
S8 08.37 Worblaufen Zollikofen Jegenstorf	23	
IR 08.39 Burgdorf Langenthal Olten Zürich HB	9	
RE 08.39 Münsingen Thun Spiez Brig/Zweisimmen	4	

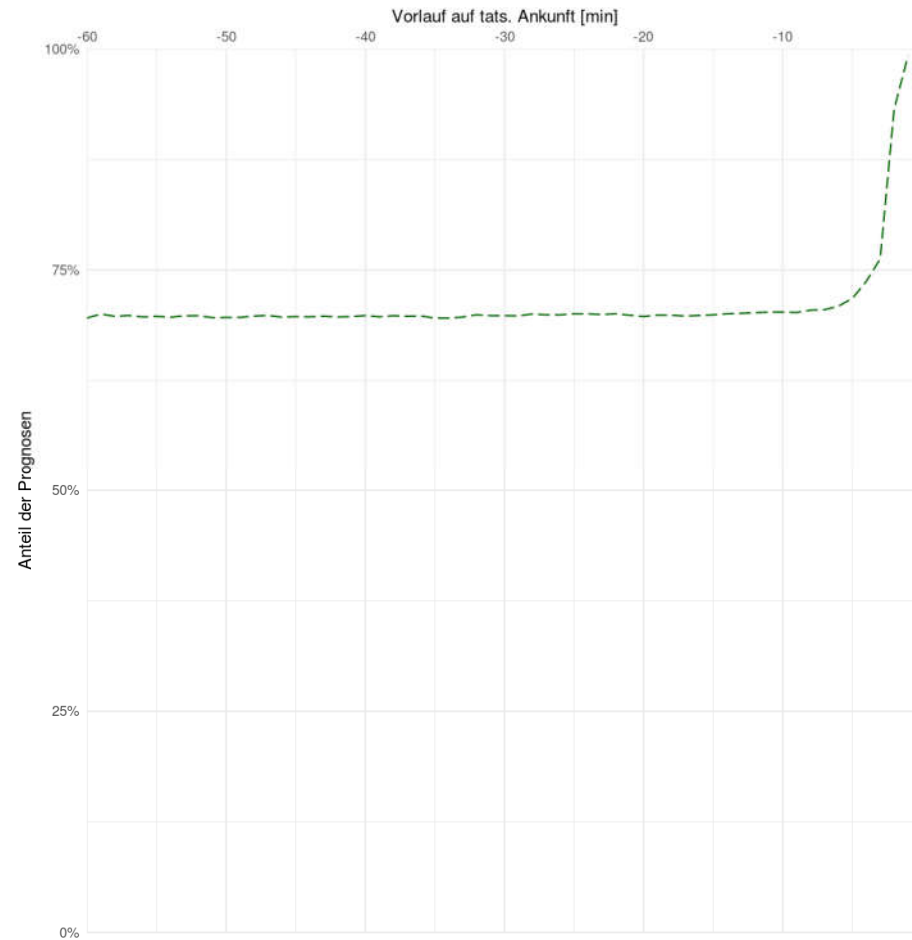
Nach	Gleis	Hinweis
S2 08.42 Wankdorf Konolfingen Langnau i.E.	3	
S4 08.42 Belp Toffen Kaufdorf Thurnen Thun	5	
RE 08.43 Lyss Biel/Bienne	10	
EXT 08.44 Münsingen Thun Spiez Goppenstein	1	
S7 08.45 Worblaufen Papiermühle Worb Dorf	24	
S1 08.45 Bümpliz Süd Fribourg/Freiburg	2	
S1 08.46 Wankdorf Gümigen Thun	7	
S31 08.46 Wankdorf Zollikofen Münchenbuchsee	12 A	
S9 08.47 Felsenau Worblaufen Unterzollikofen	22	
S31 08.47 Europaplatz Weissenbühl Kehrsatz Belp	4	
S51 08.49 Bümpliz Nord Bern Brünnen Westside	12 C	
S2 08.50 Bümpliz Süd Niederwangen Laupen	1 AB	
S44 08.50 Burgdorf Sumiswald-Grünen/Wiler	13 A	
S8 08.52 Worblaufen Zollikofen Jegenstorf	23	
RE 08.53 Kerzers Ins Neuchâtel	12 AB	
IR 09.00 Zofingen Sursee Luzern	8	



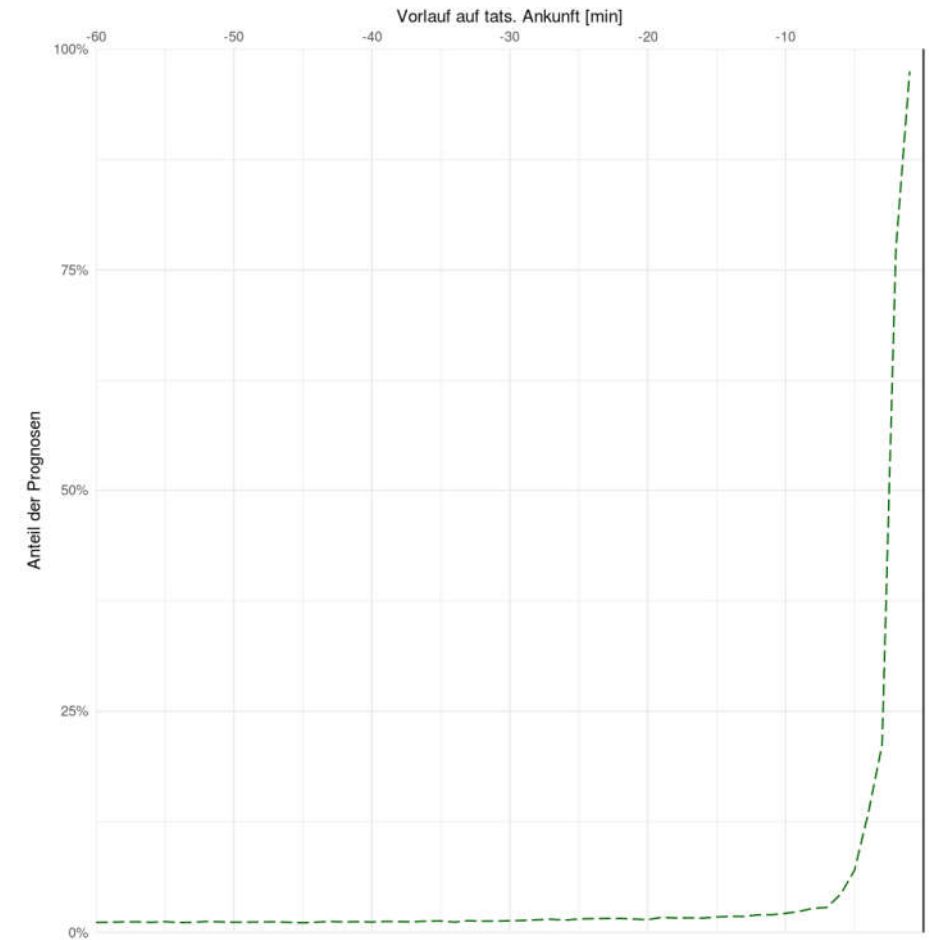


# Wie gut gelingt es den Bahnen?

Alle Ankünfte



Nur verspätete Ankünfte

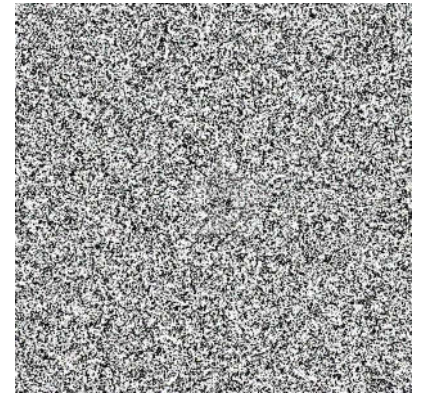


# Verfügbare Daten

---

Als Open Data verfügbar:

1. Historische Daten zu öV-Halten:
  - Zu jedem Halt: Ankunft Plan, Ankunft Ist, Abfahrt Plan, Abfahrt Ist
  - Zeiten sekundengenau
  - Nur Personenverkehr
  - Keine Daten zu Durchfahrten
  - Seit 11.12.2016



Wie kann man daraus Prognosen über zukünftige Verspätungen ableiten?

Mein Ansatz.

---

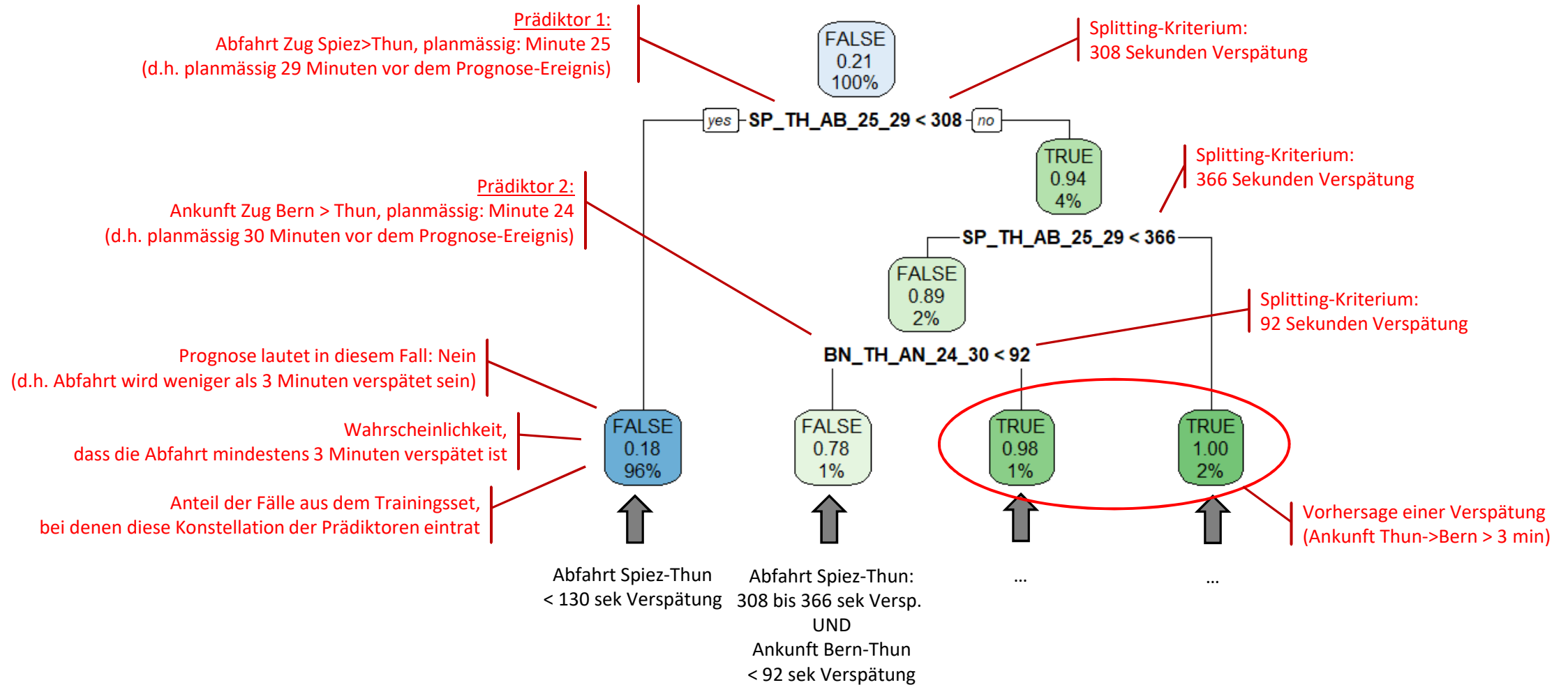


Ich züchte sehr viele kleine Bäume!





# Entscheidungsbaum: «Ankunft Thun -> Bern (Minute 54) mindestens 3 Minuten verspätet»



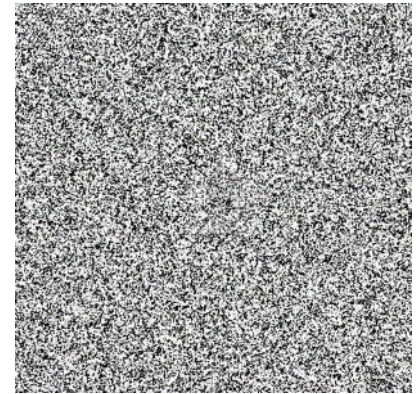


# Verfügbare Daten

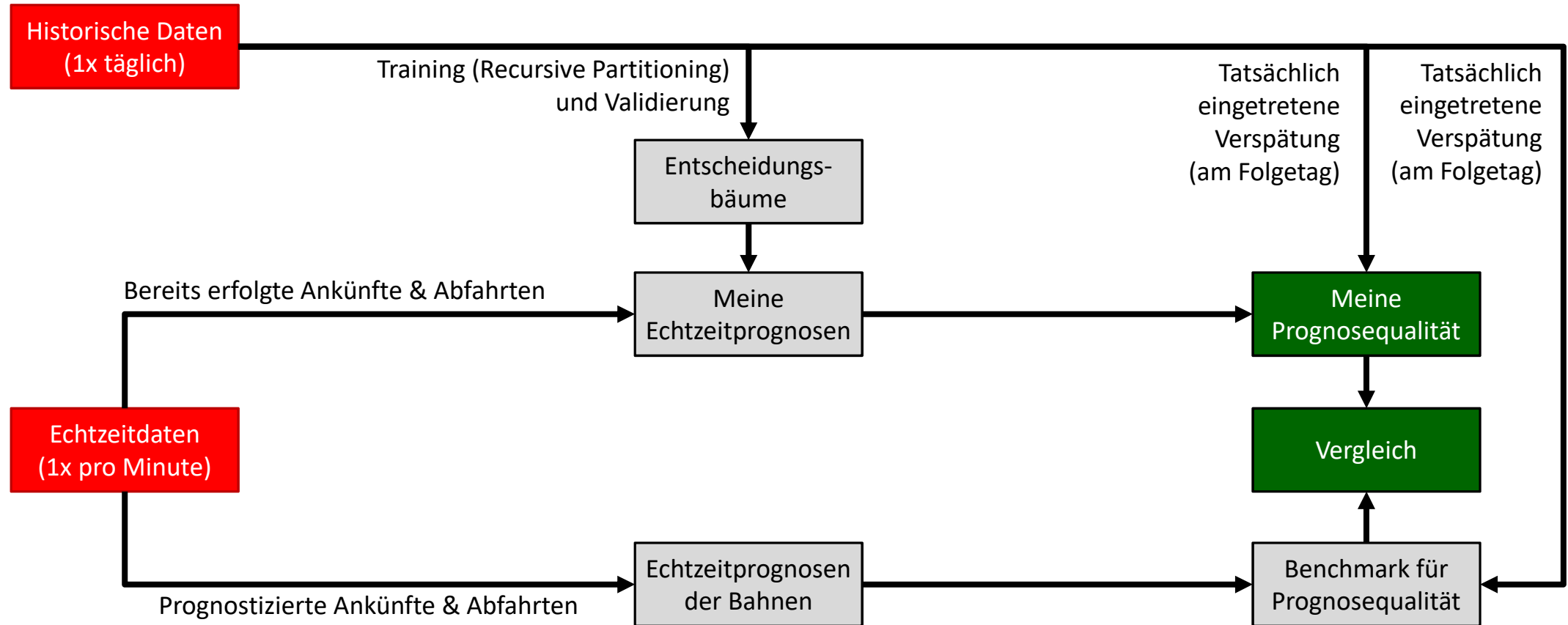
---

Auf [opentransportdata.ch](https://opentransportdata.ch) verfügbar:

1. Historische Daten zu öV-Halten:
  - Zu jedem Halt: Ankunft Plan, Ankunft Ist, Abfahrt Plan, Abfahrt Ist
  - Zeiten sekundengenau
  - Nur Personenverkehr
  - Keine Daten zu Durchfahrten
  - Seit 12.11.2016
2. Echtzeitdaten:
  - Zu kürzlich erfolgten Halten: Ankunft Plan, Ankunft Ist, Abfahrt Plan, Abfahrt Ist
  - Zu bevorstehenden Halten: Ankunft Plan, Ankunft Prognose, Abfahrt Plan, Abfahrt Prognose
  - **Zeiten nur minutengenau**
  - Nur Personenverkehr
  - Keine Daten zu Durchfahrten



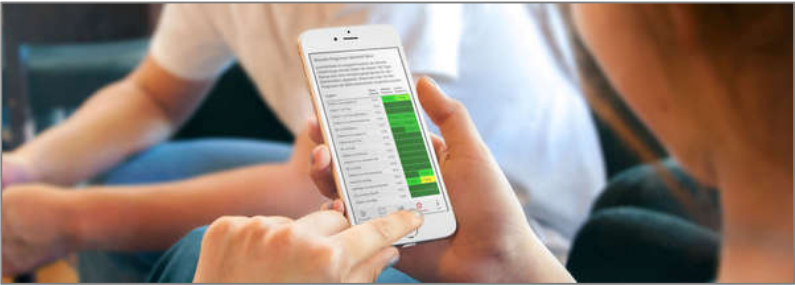
# Wie alles zusammenspielt





puenktlichkeit.ch analysiert 1x pro Minute die aktuelle Verkehrslage und sucht nach ähnlichen Konstellationen der Vergangenheit. Aus diesen Erfahrungswerten wird eine Verspätungsprognose für den Bahnhof Bern abgeleitet. Das Ergebnis kann hier mit den Prognosen der Bahnunternehmen verglichen werden:

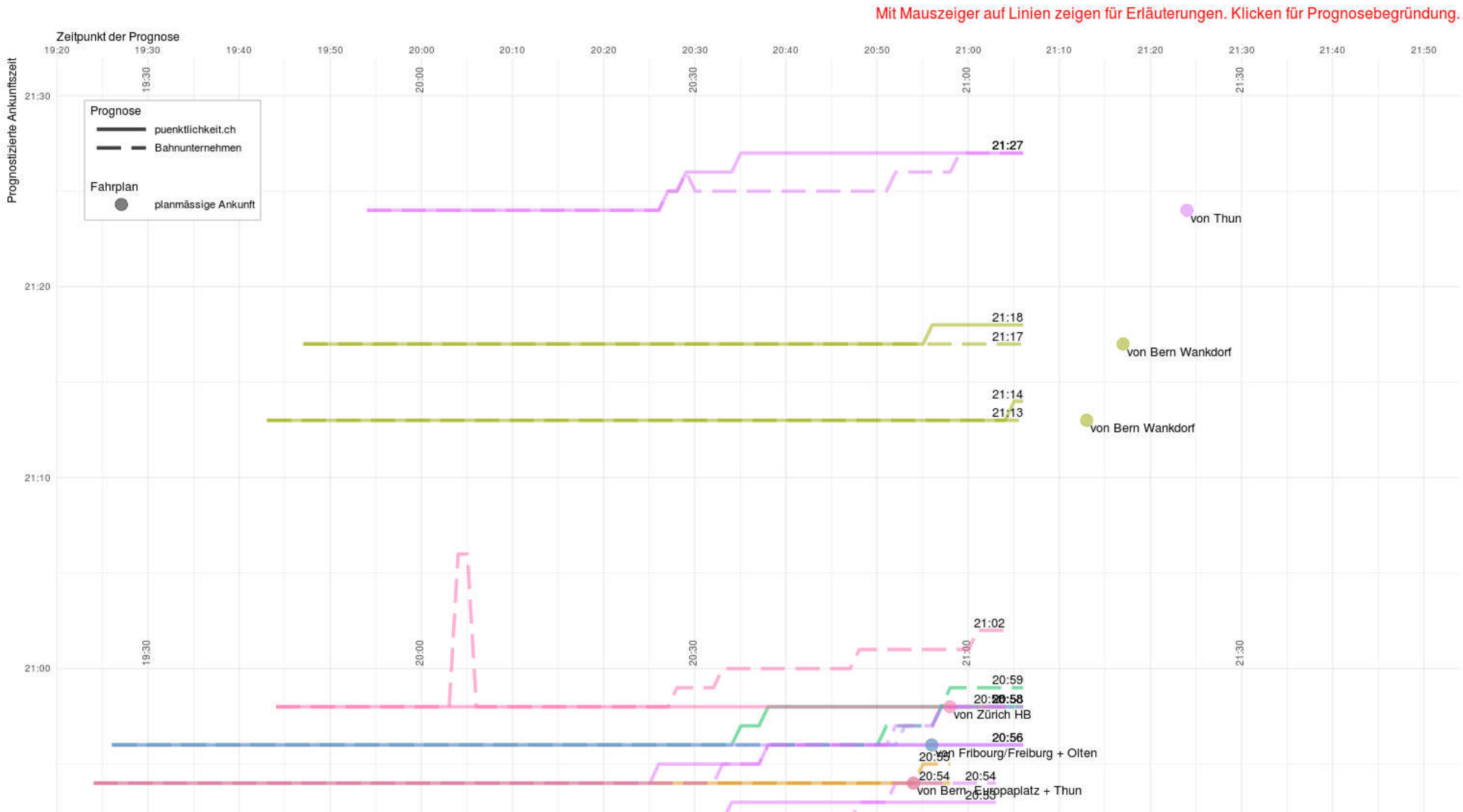
Zugfahrt	Planmässige Ankunft	Prognose Bahnunternehmen	Prognose puenktlichkeit.ch	Hinweis (Mauszeiger für Details)
RegioExpress von La Chaux-de-Fonds nach Bern	21:07	puenktlich	puenktlich	Ankunft ist bereits erfolgt.
S-Bahn 2 von Laupen nach Langnau i.E.	21:10	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 44 von Burgdorf nach Thun	21:10	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 1 von Thun nach Fribourg/Freiburg	21:13	puenktlich	1 min verspätet	puenktlichkeit.ch: Prognose aufgrund Situation in Gümligen
S-Bahn 51 von Bern Brünnen Westside nach Bern	21:14	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 2 von Langnau i.E. nach Laupen	21:17	puenktlich	1 min verspätet	puenktlichkeit.ch: Prognose aufgrund Situation in Worb SBB
RegioExpress von Biel/Bienne nach Bern	21:17	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 4 von Thun nach Ramsei	21:18	puenktlich	puenktlich	
InterRegio von Zürich HB nach Bern	21:21	puenktlich	puenktlich	
Intercity 6 von Basel SBB nach Brig	21:24	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 6 von Schwarzenburg nach Bern	21:24	puenktlich	puenktlich	
Eurocity von Domodossola (I) nach Basel SBB	21:24	3 min verspätet	3 min verspätet	puenktlichkeit.ch: Prognose aufgrund Situation in Visp
InterRegio von Zürich HB nach Bern	21:26	puenktlich	puenktlich	
Intercity 1 von Genève-Aéroport nach Zürich HB	21:26	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 52 von Ins nach Bern	21:26	puenktlich	puenktlich	
RegioExpress von Wolhusen nach Bern	21:26	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 3 von Belp nach Biel/Bienne	21:28	puenktlich	puenktlich	
Intercity 1 von St. Gallen nach Lausanne	21:28	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 3 von Biel/Bienne nach Belp	21:30	puenktlich	puenktlich	
S-Bahn 2 von Laupen nach Langnau i.E.	21:40	puenktlich	puenktlich	



Die folgende Grafik visualisiert die Prognosen der letzten 100 Minuten: Die horizontale Achse repräsentiert den Zeitpunkt, an dem eine Prognose abgegeben wurde; die vertikale Achse zeigt die Ankunftszeit an, die zu diesem Zeitpunkt vorhergesagt wurde. Prognosen von puenktlichkeit.ch sind als durchgezogene Linien dargestellt, jene der Bahnunternehmen sind gestrichelt. Zur leichteren Unterscheidung werden unterschiedliche Farben je nach Herkunft der Züge (=letzter Halt vor Bern) verwendet. Zusätzliche Informationen können mit dem Mauszeiger abgerufen werden.

Letzter Halt vor Bern

- ☒ Alle
- ☐ Burgdorf
- ☐ Bern Europaplatz
- ☐ Bern Bümpliz Nord
- ☐ Bern Wankdorf
- ☐ Belp
- ☐ Fribourg/Freiburg
- ☐ Konolfingen
- ☐ Kerzers
- ☐ Lyss
- ☐ Münsingen
- ☐ Olten
- ☐ Thun
- ☐ Zofingen
- ☐ Zürich HB
- ☒ Nur verspätete Züge anzeigen





Die Prognosen von puenktlichkeit.ch werden seit 17. Januar 2018 als Live-Experiment durchgeführt: Alle errechneten Prognosen werden gespeichert und später mit den tatsächlichen, sekundengenauen Ankunftszeiten verglichen, die am Folgetag von den Bahnunternehmen publiziert werden. Prognosen, die weniger als 60 Sekunden vom tatsächlichen Wert abweichen, werden als korrekt angesehen. Bei nicht korrekten Prognosen wird unterschieden zwischen Überschätzung und Unterschätzung. Mit den Prognosen der Bahnunternehmen wird ebenso verfahren. Die nachfolgende Auswertung gibt Aufschluss über die Qualität der Prognosen in Abhängigkeit vom zeitlichen Vorlauf auf die tatsächliche Zugsankunft.

**Betriebstage:**

19.08.2018

-

25.08.2018

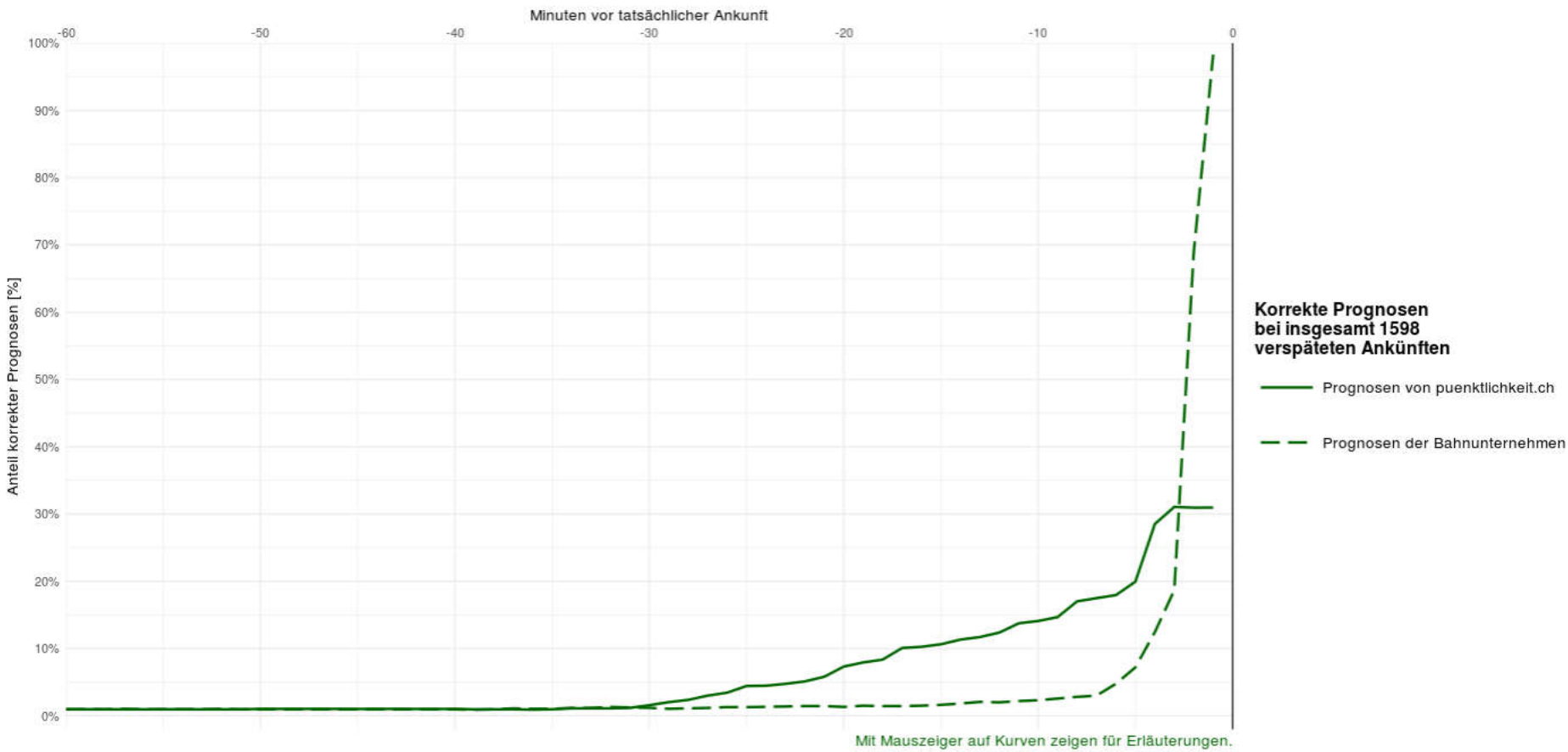
- Auswertung:**
- ☒ Korrekte Prognose (+/- 60 sek)
  - ☐ Verspätung unterschätzt (> 60 sek)
  - ☐ Verspätung überschätzt (> 60 sek)

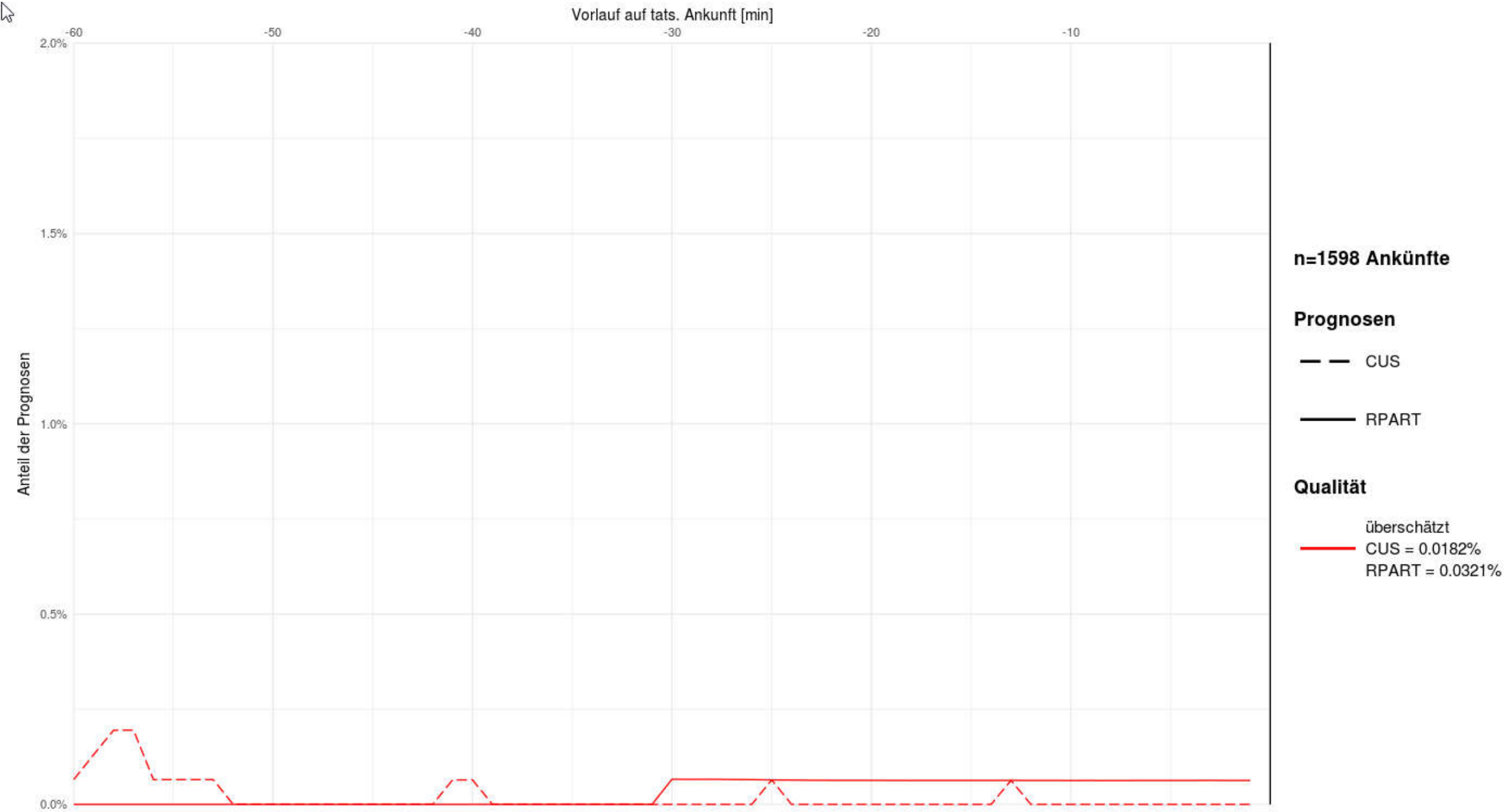
☐ Geglättete Darstellung

**Letzter Halt vor Bern**

- ☒ Alle
- ☐ Burgdorf
- ☐ Bern Europaplatz
- ☐ Bern Bümpliz Nord
- ☐ Bern Wankdorf
- ☐ Belp
- ☐ Fribourg/Freiburg
- ☐ Konolfingen
- ☐ Kerzers
- ☐ Lyss
- ☐ Münsingen
- ☐ Olten
- ☐ Thun
- ☐ Zofingen
- ☐ Zürich HB

☒ Nur verspätete Ankünfte (>60 sek) berücksichtigen



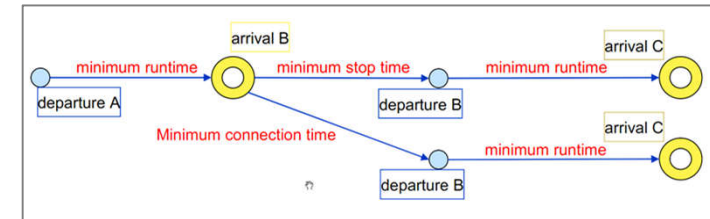


# Warum funktioniert es?

Bahnen waren schon immer gut im Konstruieren von Systemen und Modellen.

Im Feedback-Loop steckt aber noch Potential.

**Die Daten dafür sind vorhanden!**





# Please launch the feedback loop!

---

Andreas Gutweniger  
andreas.gutweniger@outlook.com  
[www.puenktlichkeit.ch](http://www.puenktlichkeit.ch)

