



Werden wir pünktlich ankommen? Verspätungsvorhersagen mit Machine Learning und Open Data

ANDREAS GUTWENIGER

WWW.PUENKTLICHKEIT.CH

30. MAI 2018

www.puenktlichkeit.ch

- Privat entwickelt und betrieben. Non-profit.
- Meine Motivation:
 - Lernen.
 - Freude.
 - Kontakte.
- Basiert ausschliesslich auf «open data».



Open Data im öV Schweiz



Andreas Meyer @AndreasMeyer Folge ich

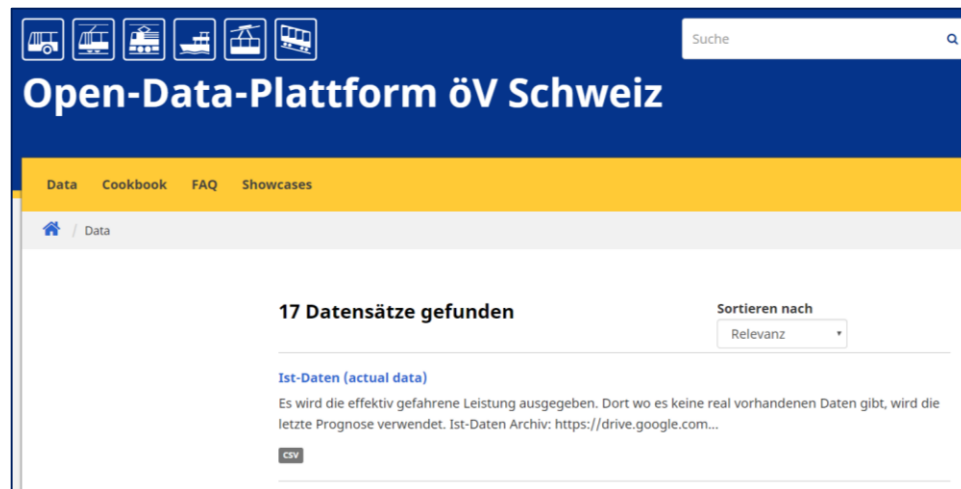
Wir öffnen schrittweise unsere Daten. Dritte innovieren zugunsten unserer Kunden. Das ist Mobilität der Zukunft. [#SBBOpenData](#) [#OpenDataCH](#)

RETWEETS 27 GEFÄLLT 70

03:34 - 1. Dez. 2016

Bund schafft Voraussetzungen für Apps mit Echtzeitinformationen zum öffentlichen Verkehr

Bern, 01.12.2016 - Fahrplan-Angaben und Echtzeit-Informationen zum öffentlichen Verkehr (öV) in der Schweiz sind seit 1. Dezember 2016 auf einer neuen Plattform unter www.opentransportdata.swiss verfügbar. Sie wurde von der SBB im Auftrag des Bundes erstellt. Die Daten ermöglichen es sowohl den Transportunternehmen als auch Unternehmen von



Suche

Open-Data-Plattform öV Schweiz

Data Cookbook FAQ Showcases

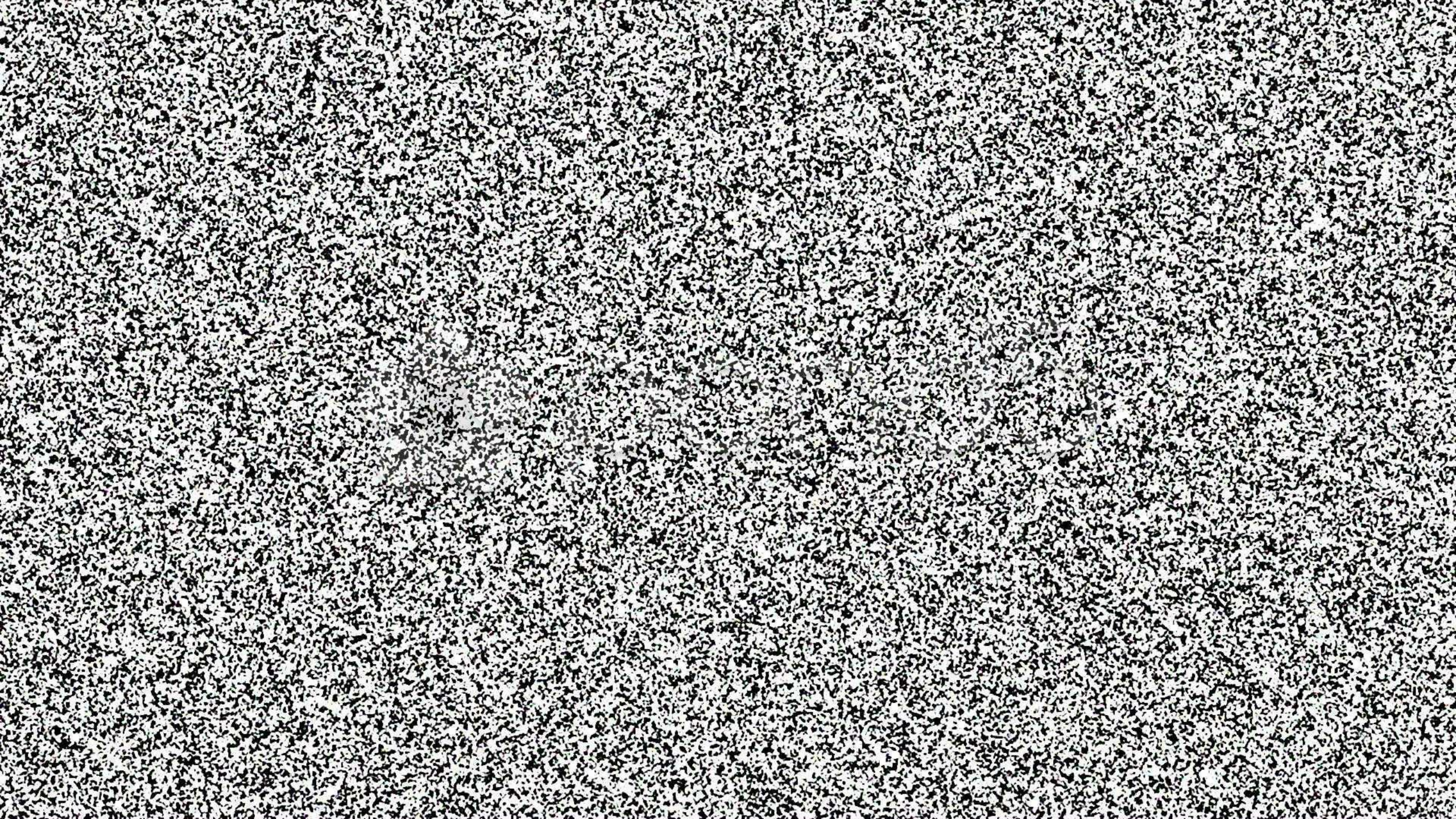
Home / Data

17 Datensätze gefunden Sortieren nach Relevanz

Ist-Daten (actual data)
Es wird die effektiv gefahrene Leistung ausgegeben. Dort wo es keine real vorhandenen Daten gibt, wird die letzte Prognose verwendet. Ist-Daten Archiv: <https://drive.google.com...>

csv

```
ndesbahnen
SBB; Zug; 1097; IC; ; IC; false; false; 8500218; 01
7 22:55; 14.01.2017 22:53:50; GESCHAETZT; 14
2:57; 14.01.2017 22:57:45; GESCHAETZT; false
4.01.2017; 85:11:1097:001; 85:11; SBB; Schwei
ndesbahnen
SBB; Zug; 1097; IC; ; IC; false; false; 8507000; Be
23:26; 14.01.2017 23:24:59; GESCHAETZT; 14.
8:39; 14.01.2017 23:39:42; GESCHAETZT; false
4.01.2017; 85:11:1097:001; 85:11; SBB; Schwei
ndesbahnen
SBB; Zug; 1097; IC; ; IC; false; false; 8507100; Th
```



+ - 📍

Ort suchen

Verkehr:

- Intercity
- Interregio
- Regionalexpress
- Regio
- S-Bahn
- Bus (regional)
- Bus/Tram (Stadt)

Zeitraum:

- Gestern, 26. Mai.
- letzte 7 Tage
- letzte 4 Wochen
- letzte 13 Wochen
- letzte 365 Tage

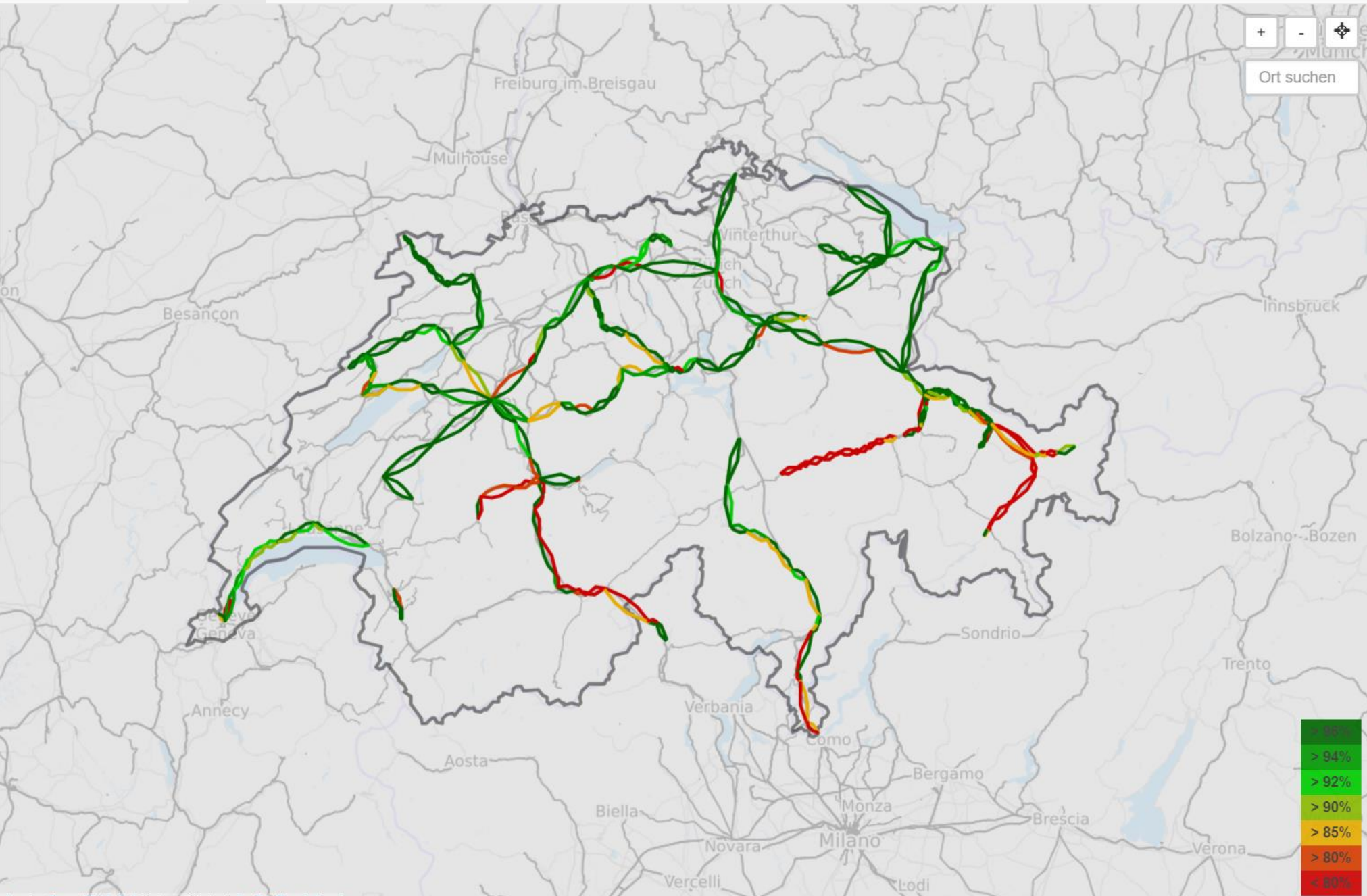
Schwellwert:

- 3 min
- 5 min

Unternehmen:

Alle	89.7%
TPF	100.0%
THURBO	100.0%
SOB	96.5%
RA	95.0%
SBB	94.8%
BLS	81.8%
RhB	77.6%

Maus über Balken oder Karte bewegen für Details.
Klicken für Auswahl.



Verkehr:

- Intercity
- Interregio
- Regionalexpress
- Regio
- S-Bahn
- Bus (regional)
- Bus/Tram (Stadt)

Zeitraum:

- Gestern, 26. Mai.
- letzte 7 Tage
- letzte 4 Wochen
- letzte 13 Wochen
- letzte 365 Tage

Schwellwert:

- 3 min
- 5 min

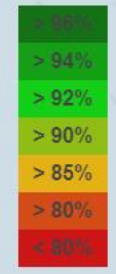
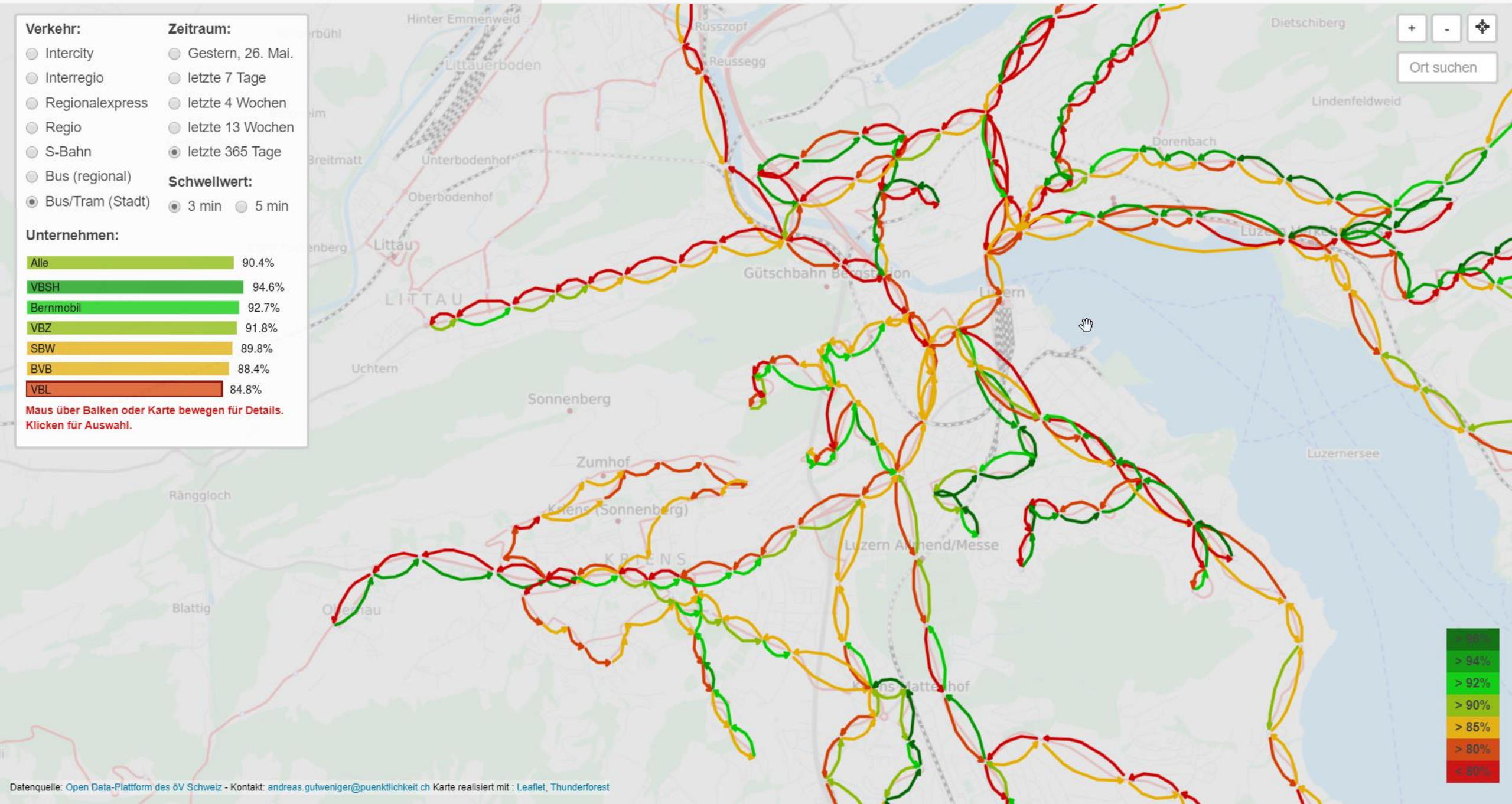
Unternehmen:

Alle	90.4%
VBSH	94.6%
Bernmobil	92.7%
VBZ	91.8%
SBW	89.8%
BVB	88.4%
VBL	84.8%

Maus über Balken oder Karte bewegen für Details.
Klicken für Auswahl.

+ - 📍

Ort suchen



Verkehr:

- Intercity
- Interregio
- Regionalexpress
- Regio
- S-Bahn
- Bus (regional)
- Bus/Tram (Stadt)

Zeitraum:

- Gestern, 26. Mai.
- letzte 7 Tage
- letzte 4 Wochen
- letzte 13 Wochen
- letzte 365 Tage

Schwellwert:

- 3 min
- 5 min

Unternehmen:

- Alle 84.9%
- SBB 84.9%

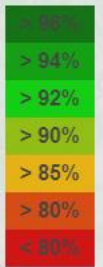
Maus über Balken oder Karte bewegen für Details.
Klicken für Auswahl.

Bern - Zürich HB (SBB)

Kalender Tageszeit Entwicklung Verspätungen 3 Tage 3 Wochen 3 Monate Tagesverlauf

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
0-2 Uhr							
2-4 Uhr							
4-6 Uhr							
6-8 Uhr	82.1 %	89.3 %	82.1 %	82.1 %	82.1 %	100.0 %	95.2 %
8-10 Uhr	89.7 %	84.1 %	77.1 %	78.3 %	91.3 %	91.7 %	95.5 %
10-12 Uhr	89.3 %	85.7 %	87.5 %	90.4 %	87.5 %	91.7 %	93.0 %
12-14 Uhr	98.2 %	82.1 %	82.1 %	87.0 %	91.1 %	93.9 %	90.9 %
14-16 Uhr	89.3 %	87.5 %	82.1 %	91.1 %	87.5 %	95.8 %	95.5 %
16-18 Uhr	91.2 %	90.0 %	82.9 %	79.7 %	84.1 %	87.5 %	97.7 %
18-20 Uhr	85.5 %	78.9 %	84.5 %	84.5 %	80.0 %	85.4 %	88.6 %
20-22 Uhr	74.5 %	76.8 %	78.6 %	87.5 %	77.8 %	87.5 %	86.4 %
22-24 Uhr					66.7 %	78.6 %	100.0 %

Ankünfte mit weniger als 180 sek Verspätung. Basis: Alle Fahrten vom 19.02.2018 bis 26.05.2018



Verkehr:

- Intercity
- Interregio
- Regionalexpress
- Regio
- S-Bahn
- Bus (regional)
- Bus/Tram (Stadt)

Zeitraum:

- Gestern, 26. Mai.
- letzte 7 Tage
- letzte 4 Wochen
- letzte 13 Wochen
- letzte 365 Tage

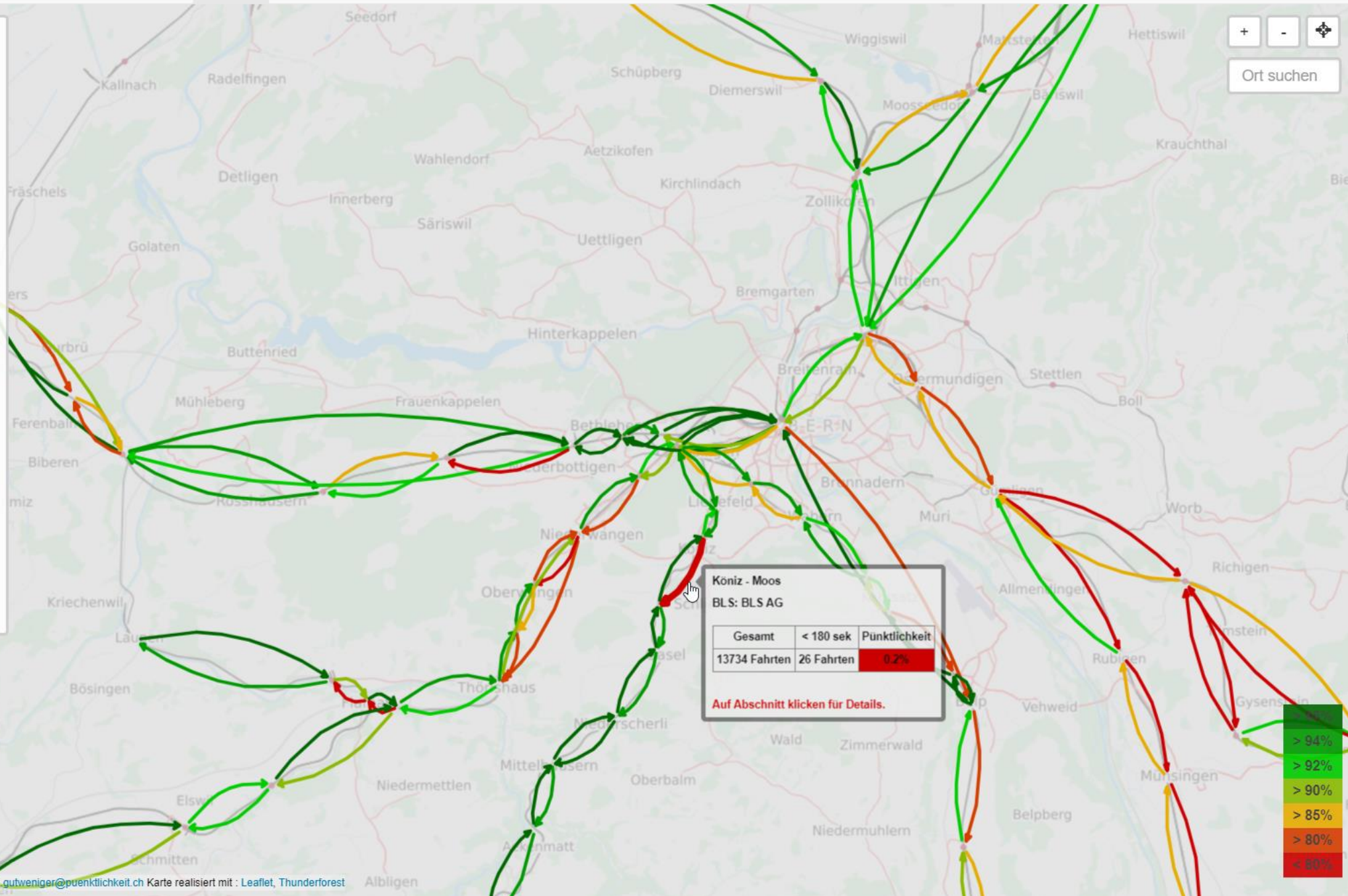
Schwellwert:

- 3 min
- 5 min

Unternehmen:

Alle	91.5%
zb	96.7%
BDWM-bd	96.3%
WSB	96.1%
FW	92.8%
THURBO	92.2%
TPF	91.6%
SOB	91.3%
AB-ab	91.2%
SBB	91.1%
SZU	89.7%
BLS	89.5%
RhB	84.1%

Maus über Balken oder Karte bewegen für Details.
Klicken für Auswahl.



+ -

Ort suchen

- > 94%
- > 92%
- > 90%
- > 85%
- > 80%
- < 80%

+ - ↻

Ort suchen

Verkehr:

- Intercity
- Interregio
- Regionalexpress
- Regio
- S-Bahn
- Bus (regional)
- Bus/Tram (Stadt)

Zeitraum:

- Gestern, 26. Mai.
- letzte 7 Tage
- letzte 4 Wochen
- letzte 13 Wochen
- letzte 365 Tage

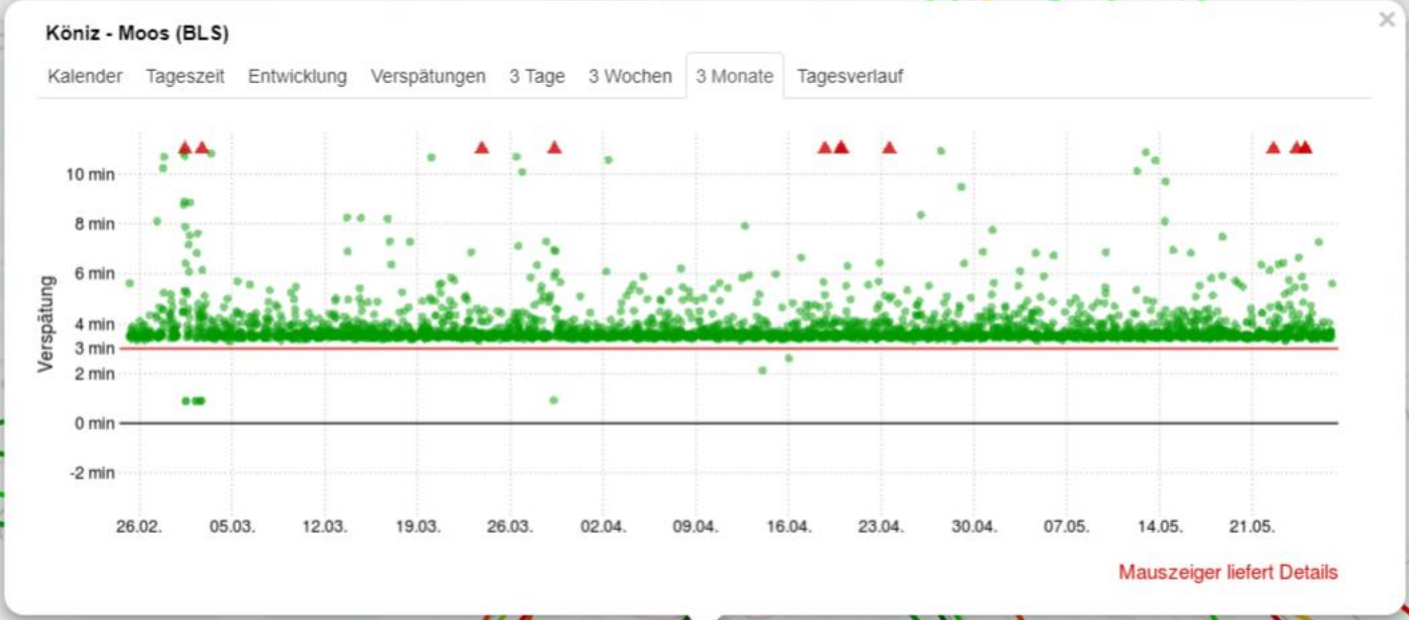
Schwellwert:

- 3 min
- 5 min

Unternehmen:

Alle	91.5%
zb	96.7%
BDWM-bd	96.3%
WSB	96.1%
FW	92.8%
THURBO	92.2%
TPF	91.6%
SOB	91.3%
AB-ab	91.2%
SBB	91.1%
SZU	89.7%
BLS	89.5%
RhB	84.1%

Maus über Balken oder Karte bewegen für Details.
Klicken für Auswahl.



- > 94%
- > 92%
- > 90%
- > 85%
- > 80%
- < 80%

Verkehr:

- Intercity
- Interregio
- Regionalexpress
- Regio
- S-Bahn
- Bus (regional)
- Bus/Tram (Stadt)

Zeitraum:

- Gestern, 26. Mai.
- letzte 7 Tage
- letzte 4 Wochen
- letzte 13 Wochen
- letzte 365 Tage

Schwellwert:

- 3 min
- 5 min

Unternehmen:

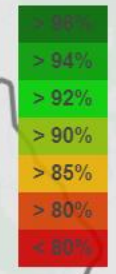
Alle	87.8%
MOB	98.4%
ASM-bti	97.9%
JB	95.6%
ASM-snb	95.6%
zb	93.2%
WAB	93.0%
ASM-rvo	92.9%
SBB	91.1%
BOB	90.7%
MGB-fo	83.1%
RA	80.9%
RhB	79.8%
MGB-bvz	79.7%
BLS	77.6%

Maus über Balken oder Karte bewegen für Details.
Klicken für Auswahl.



+ - [Map controls]

Ort suchen



Verkehr:

- Intercity
- Interregio
- Regionalexpress
- Regio
- S-Bahn
- Bus (regional)
- Bus/Tram (Stadt)

Zeitraum:

- Gestern, 26. Mai.
- letzte 7 Tage
- letzte 4 Wochen
- letzte 13 Wochen
- letzte 365 Tage

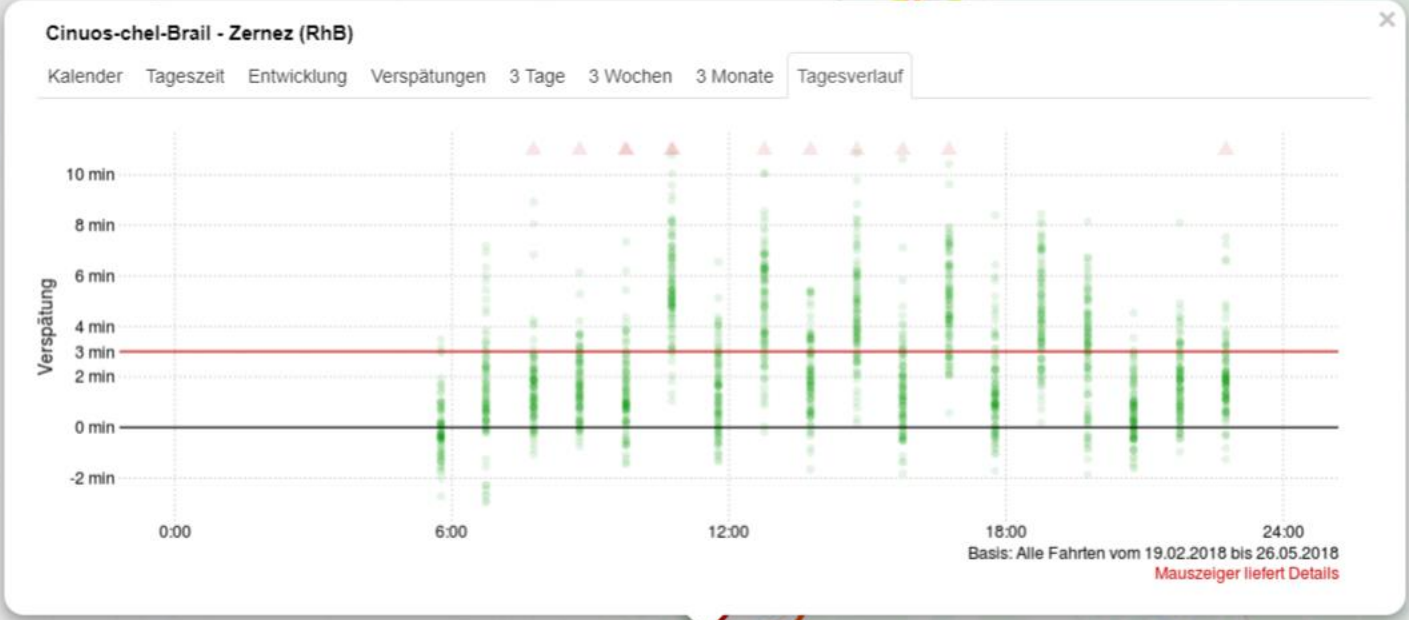
Schwellwert:

- 3 min
- 5 min

Unternehmen:

Alle	87.8%
MOB	98.4%
ASM-bti	97.9%
JB	95.6%
ASM-snb	95.6%
zb	93.2%
WAB	93.0%
ASM-rvo	92.9%
SBB	91.1%
BOB	90.7%
MGB-fo	83.1%
RA	80.9%
RhB	79.8%
MGB-bvz	79.7%
BLS	77.6%

Maus über Balken oder Karte bewegen für Details.
Klicken für Auswahl.



+ -

Ort suchen

- > 94%
- > 92%
- > 90%
- > 85%
- > 80%
- < 80%

	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 Liebefeld Schwarzenburg	13 A	ca. 11 Min später
RE	15.43 Lyss Biel/Bienne	10	
S1	15.45 Europaplatz Flamatt Fribourg/Freiburg		Ausfall

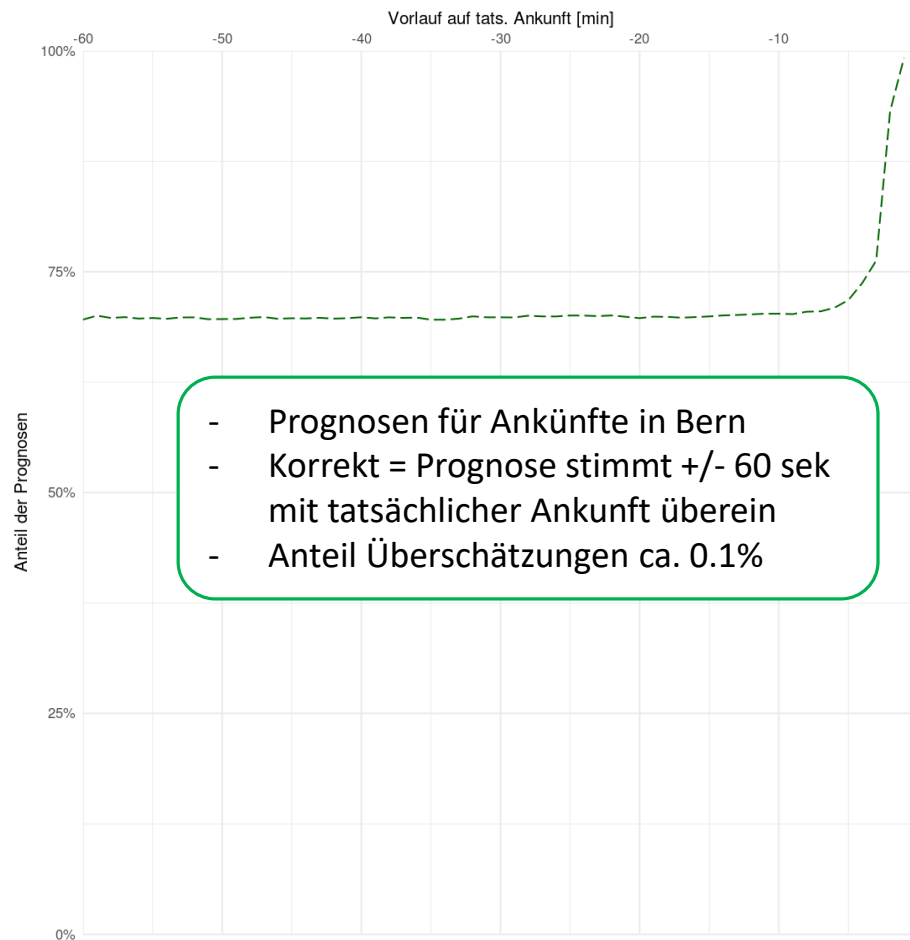
	Nach	Gleis	Hinweis
S7	15.45 Worblaufen Papiermühle Worb Dorf	24	
S1	15.46 Wankdorf Ostermundigen Thun		Ausfall
S31	15.46 Wankdorf Zollikofen Münchenbuchsee	12 A	ca. 9 Min später
S9	15.47 Felsenau Tiefenau Unterzollikofen	22	
S31	15.47 Europaplatz Weissenbühl Wabern Belp	5	ca. 8 Min später
S51	15.49 Stöckacker 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 Zofingen 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.

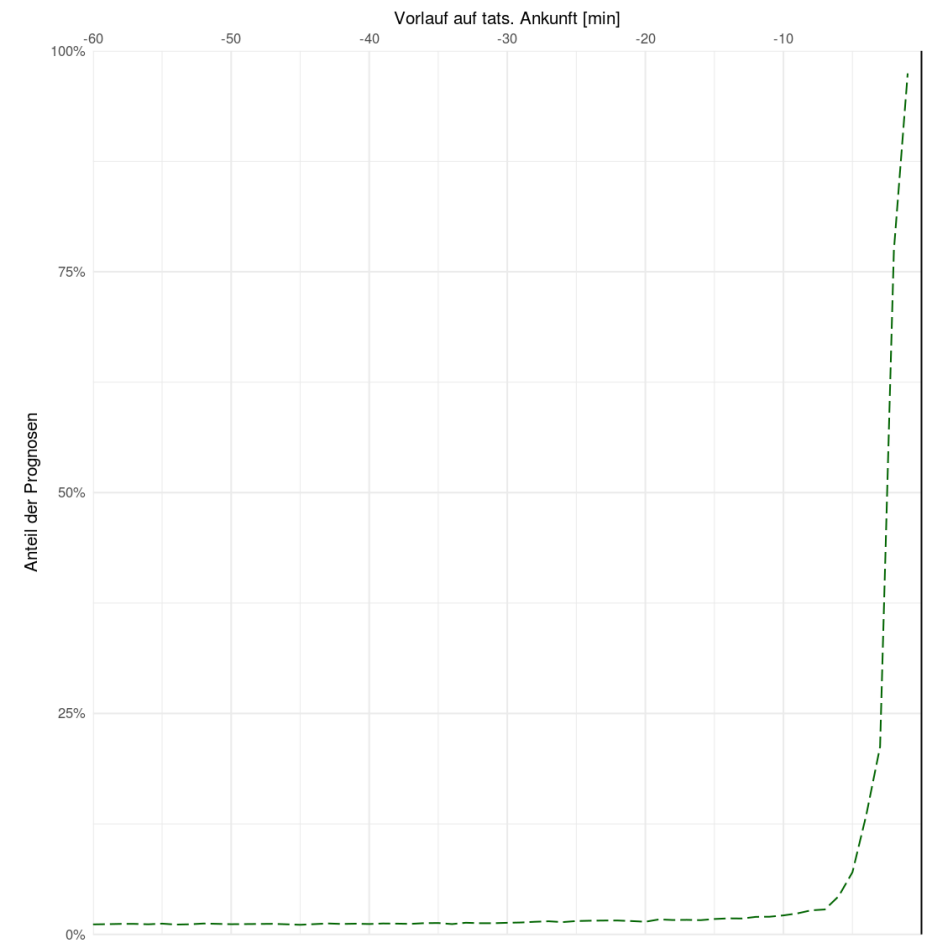


Wie gut gelingt es den Bahnen?

Alle Ankünfte



Nur verspätete Ankünfte



Aktuelle Prognose Bahnhof Bern

Prognosen im Zeitverlauf

Messung Prognosequalität

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:

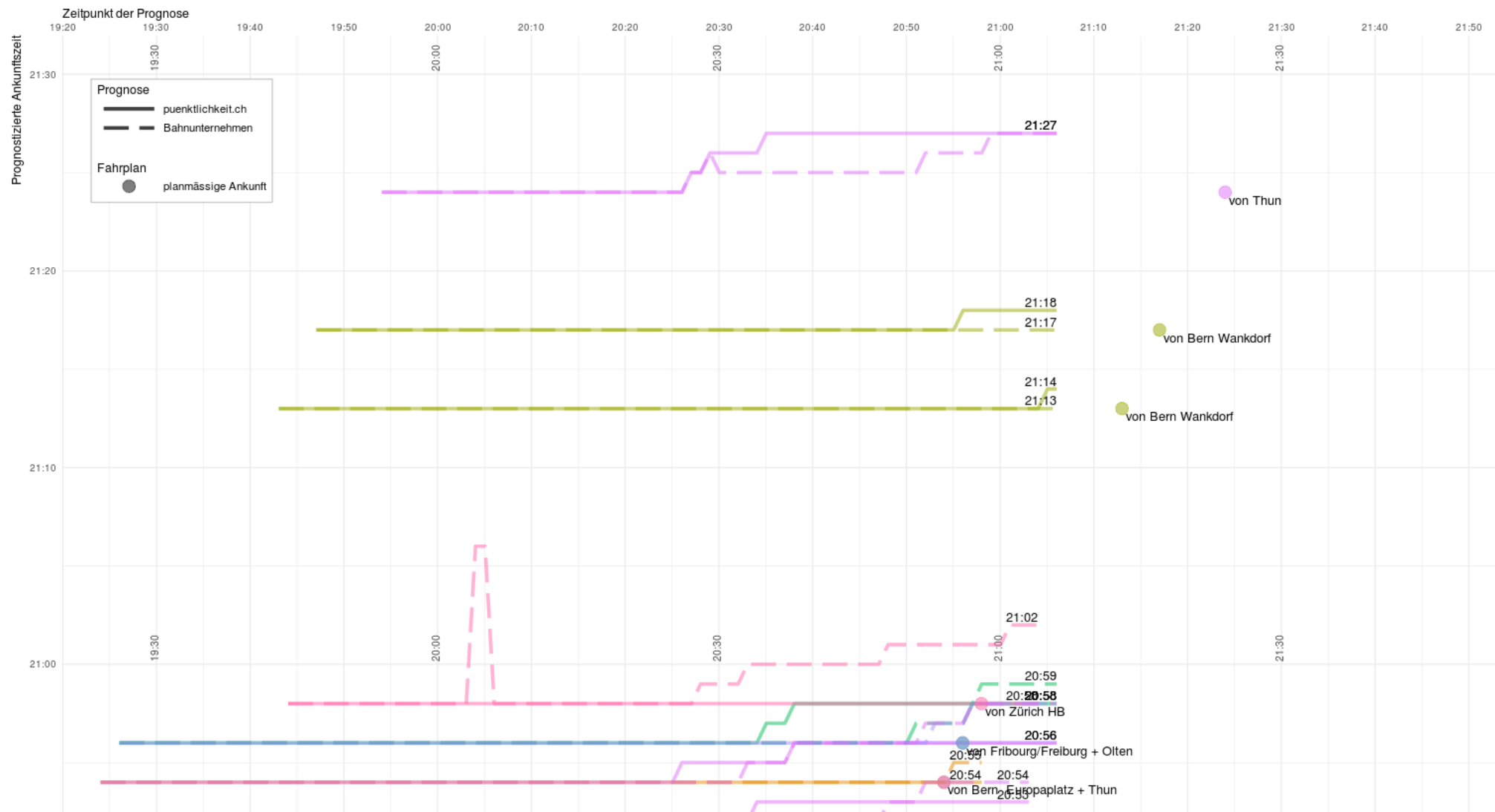
Zugfahrt	Planmässige Ankunft	Prognose Bahnunternehmen	Prognose puenktlichkeit.ch	Hinweis (Mauszeiger für Details)
RegioExpress von La Chaux-de-Fonds nach Bern	21:07	pünktlich	pünktlich	Ankunft ist bereits erfolgt.
S-Bahn 2 von Laupen nach Langnau i.E.	21:10	pünktlich	pünktlich	
S-Bahn 44 von Burgdorf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

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.

Mit Mauszeiger auf Linien zeigen für Erläuterungen. Klicken für Prognosebegründung.

Letzter Halt vor Bern

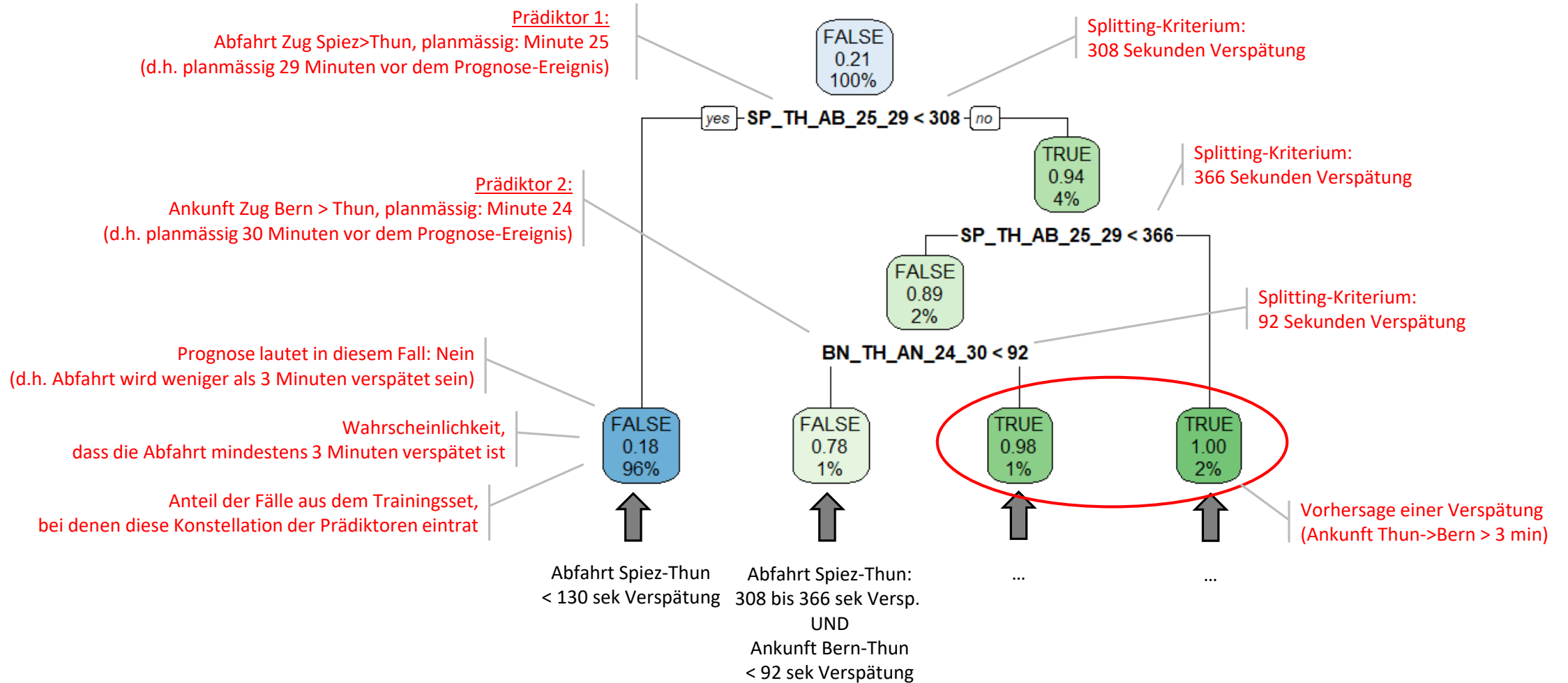
- Alle
- Burgdorf
- Bern Europaplatz
- Bern Bümpliz Nord
- Bern Wankdorf
- Belp
- Fribourg/Freiburg
- Konolfingen
- Kerzers
- Lyss
- Münsingen
- Olten
- Thun
- Zofingen
- Zürich HB
- Nur verspätete Züge anzeigen

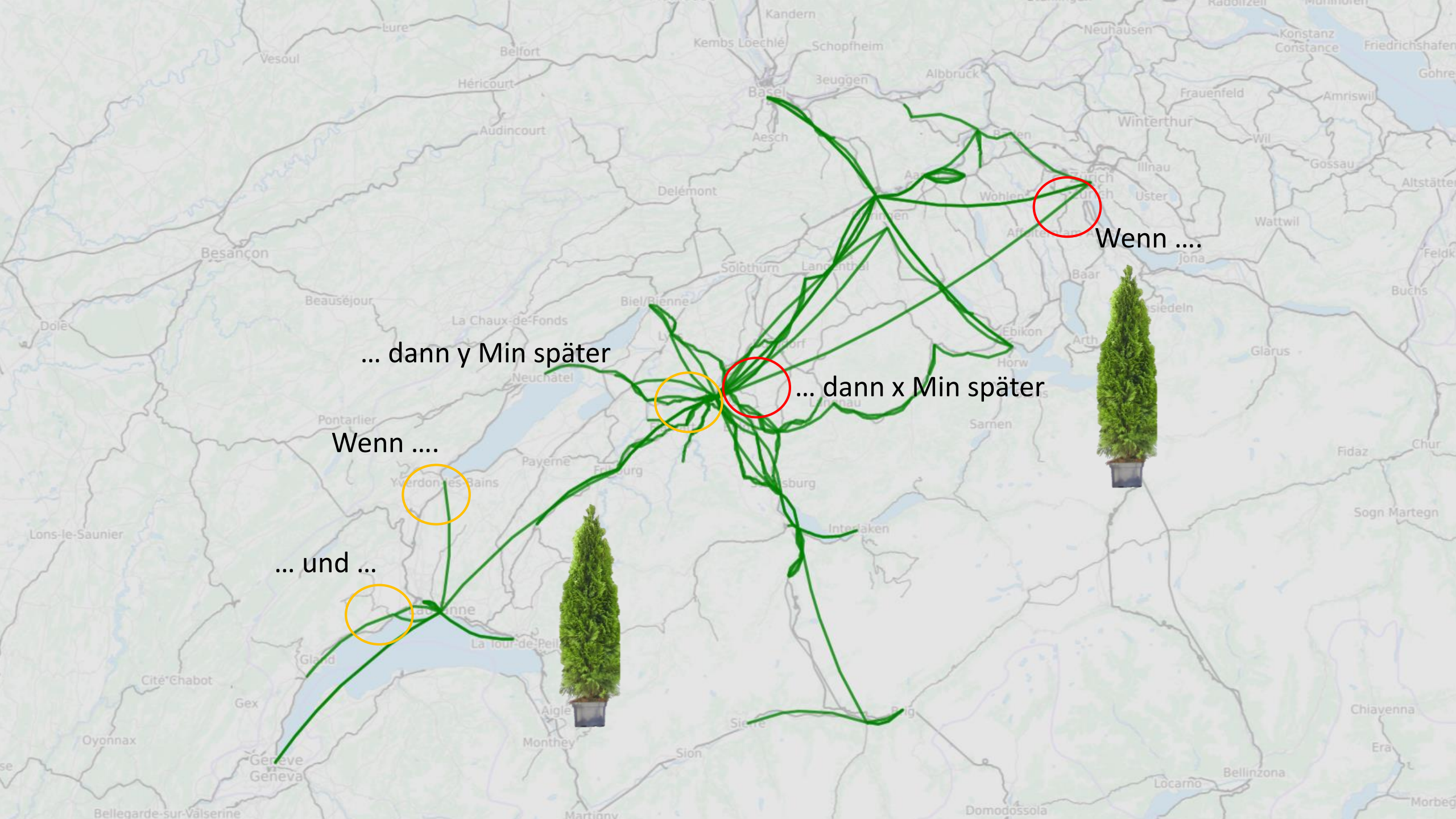


Und so habe ich es implementiert:



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





Wenn ...

... dann y Min später

... dann x Min später

Wenn

... und ...

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:

12.03.2018 - 18.03.2018

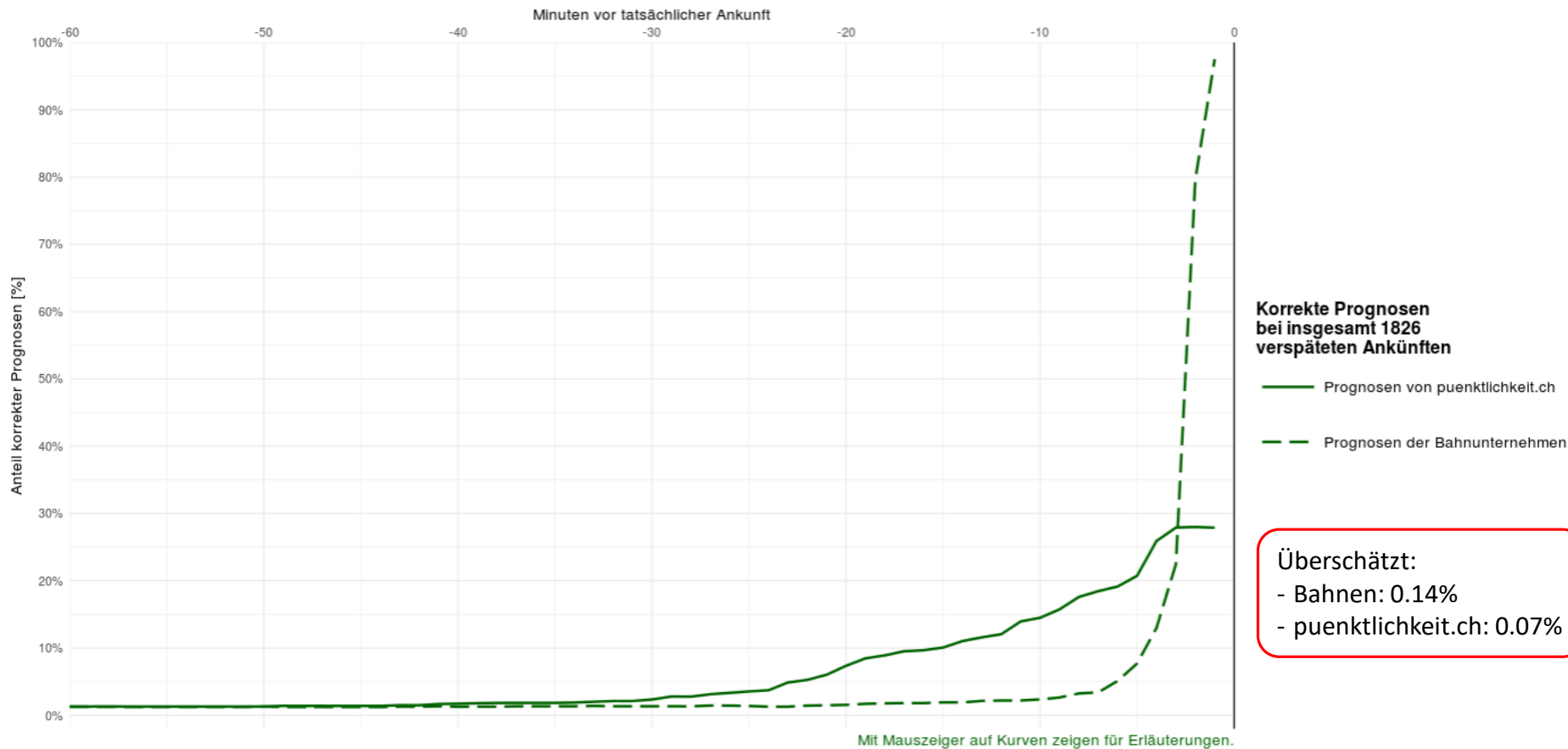
Auswertung:

- 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



Mit Mauszeiger auf Kurven zeigen für Erläuterungen.

Vorlauf auf tats. Ankunft [min]

-60

-50

-40

-30

-20

-10

100%

75%

Anteil der Prognosen

50%

25%

0%

Beispiel: IC Brig-Bern

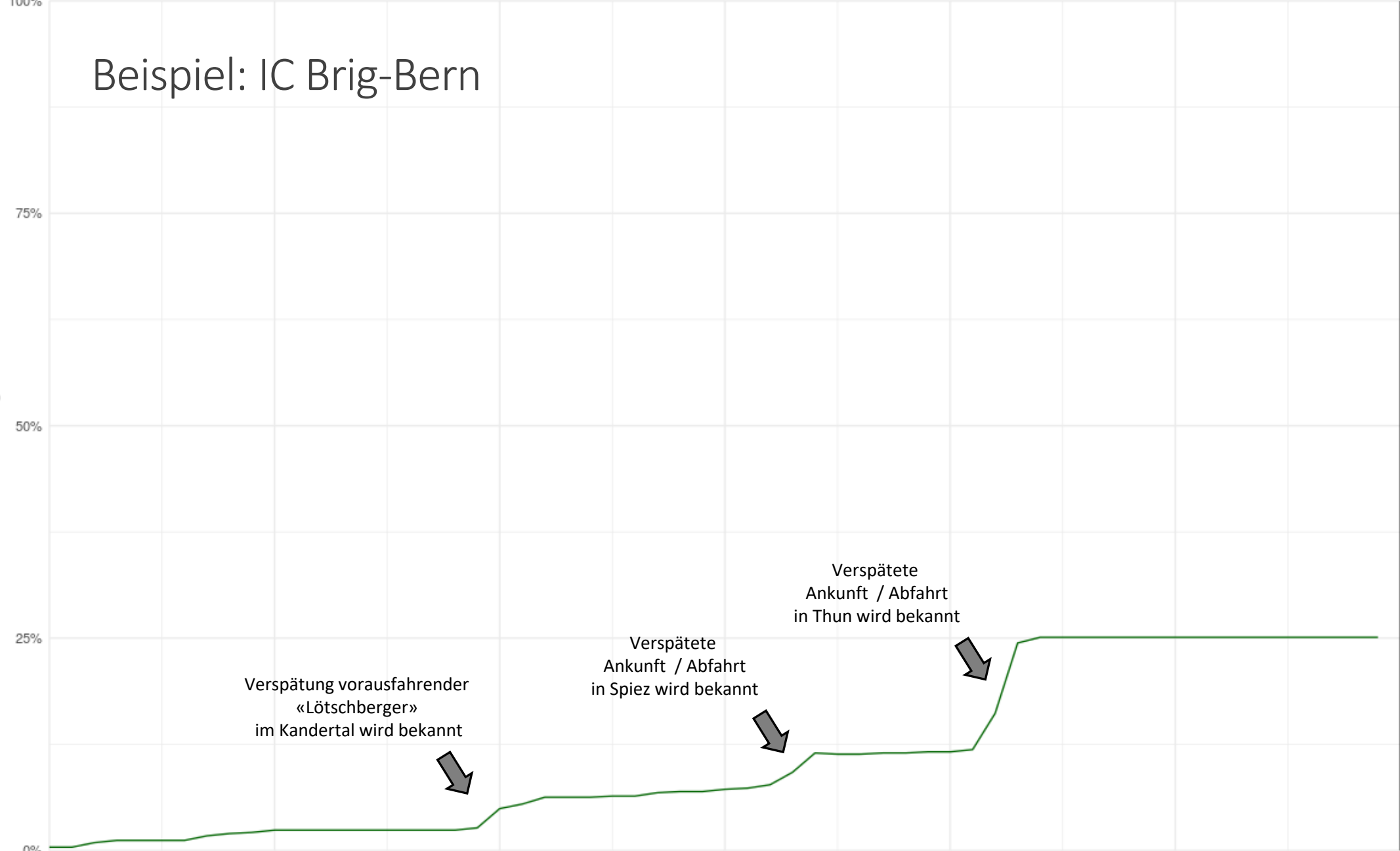
Verspätung vorausfahrender
«Lötschberger»
im Kandertal wird bekannt



Verspätete
Ankunft / Abfahrt
in Spiez wird bekannt



Verspätete
Ankunft / Abfahrt
in Thun wird bekannt

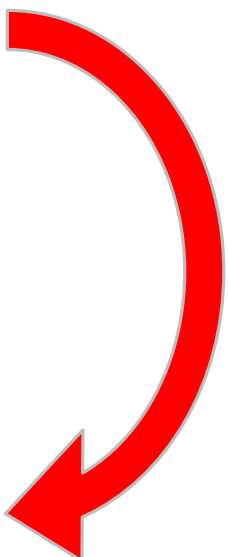
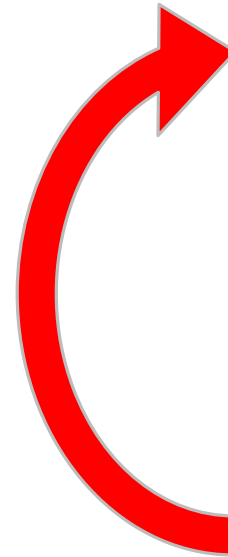
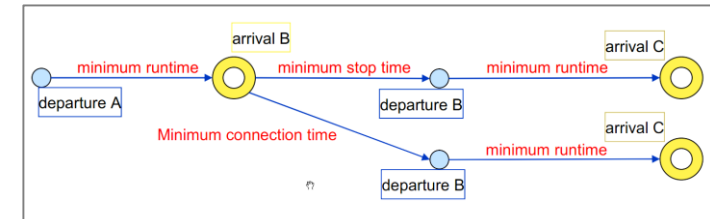


Warum funktioniert die Prognose besser als bei den Bahnen?

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

Im Feedback-Loop steckt aber noch Potential.

Die Daten dafür sind vorhanden!



Open Data – eine gute Idee?



- These: Wer öffentlich finanziert wird, sollte sehr transparent sein.
- Beobachtung: Nutzung von Open Data erfolgt meist für Lehre, Forschung, Journalismus oder als Hobby.
- Kommerzialisierung schwierig aufgrund fehlender Verbindlichkeit.
- Data Push statt Market Pull: wir sind erst in der «Ford T-Phase».
- Projekt- und Hype-Charakter gefährden die Nachhaltigkeit.
- Open Data könnte zum Ausgangspunkt und zur Grundlage für spezifische Vereinbarungen mit Partnern werden.
- Der grösste Nutzen entsteht womöglich im Unternehmen selbst: Eine neue Sicht auf Daten, ihren Austausch und ihre Verwendung.

Ich freue mich, von Ihnen zu hören!

Andreas Gutweniger
andreas.gutweniger@outlook.com

www.puenktlichkeit.ch

