

# Prognose von Verspätungen im öffentlichen Verkehr auf Basis empirischer Daten

Studiengang: MAS Data Science

«Werden wir pünktlich ankommen?» fragt der Reisende. «Normalerweise ja.» könnte die Antwort lauten – und sich auf Erfahrung stützen: normalerweise sind Züge pünktlich (zumindest in der Schweiz). Doch der Fahrgast hätte kaum gefragt, wenn alles «normal» wäre. Vielleicht hat er erfahren, dass es bereits Verspätungen gibt. Lässt sich auch in diesem Fall Erfahrungswissen nutzen? Kann aus ähnlichen Situationen der Vergangenheit auf eine zukünftige Verspätung geschlossen werden?

Diese Fragen stehen im Zentrum meiner Arbeit. Und sie fordern das bestehende Paradigma heraus. Denn traditionelle Methoden der Verspätungsprognose sind theoriebasiert und machen allenfalls indirekt Gebrauch von Erfahrungswissen. Dies, obwohl umfangreiche Daten über vergangene Betriebsabläufe verfügbar sind – sogar als «open data». Lassen sich damit Verspätungsprognosen erzeugen, die jenen der Bahnunternehmen überlegen sind?

Um es herauszufinden, habe ich ein Vorhersageverfahren für Zugverspätungen entwickelt. Dabei werden Machine Learning-Modelle mit historischen Daten trainiert, welche von den Bahnen veröffentlicht wurden. Die dabei erzeugten Regeln lassen sich jederzeit auf die aktuelle Betriebslage anwenden, um Prognosen über sich abzeichnende Verspätungen zu erhalten.

Das Verfahren liefert seit Januar 2018 Echtzeitprognosen für die in Bern ankommenden Züge. Die Vorhersagen können jederzeit unter [www.puenktlichkeit.ch](http://www.puenktlichkeit.ch) eingesehen und mit jenen der Bahnunternehmen verglichen werden. Die Auswertung dieses Live-Experiments zeigt: Bis etwa 5 Minuten vor Ankunft eines Zugs schneidet das Verfahren deutlich besser ab. Oft können Verspätungen bereits 25 Minuten im Voraus vorhergesagt werden – in einigen Fällen sogar noch deutlich länger. Lediglich bei den sehr kurzfristigen Prognosen sind die Systeme der Bahnen überlegen – weil sie dabei Daten verwenden, die nicht öffentlich verfügbar sind.

Das Verfahren ist aber nicht nur für Reisende interessant, die sich um ihre pünktliche Ankunft sorgen. Die erzeugten Prognosemodelle können einfach visualisiert werden und geben Aufschluss über die Zusammenhänge im komplexen System der Bahnproduktion: Wenn Zug X mit 5 Minuten Verspätung in A abfährt, dann wird Zug Y verspätet in B ankommen.

Solche Erkenntnisse sind wertvoll in vielen Prozessen der Bahn-Branche: bei der Weiterentwicklung des Gleisnetzes, der gezielten Beseitigung von Verspätungsursachen, der Konstruktion noch robusterer Fahrpläne, der richtigen Reaktion beim Auftreten von Störungen oder der Wahl einer energieeffizienten Fahrweise. Wenn das in den Betriebsdaten verborgene Wissen systematisch gehoben wird, dann werden wir in Zukunft noch pünktlicher ankommen.

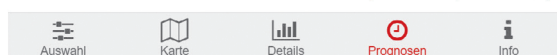


Andreas Gutweniger

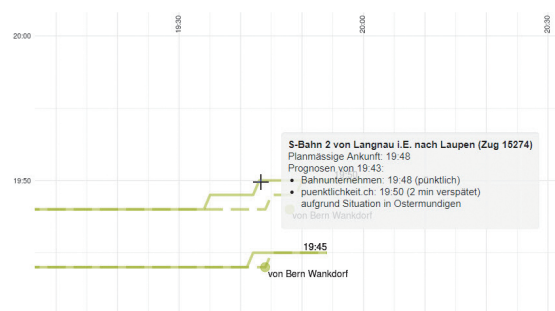
## Aktuelle Prognosen Bahnhof Bern

[puenktlichkeit.ch](http://puenktlichkeit.ch) vergleicht laufend die aktuelle Verkehrslage mit den Daten der letzten 400 Tage. Daraus wird eine Verspätungsprognose für den Bahnhof Bern abgeleitet. Diese kann hier mit den Prognosen der Bahnunternehmen verglichen werden:

| Zugfahrt                        | Planm. Ankunft | offizielle Prognose | puenktlichkeit.ch |
|---------------------------------|----------------|---------------------|-------------------|
| S-Bahn 2 von Langnau i.E.       | 09:17          | pünktlich           | pünktlich         |
| RE von Biel/Bienne              | 09:17          | 11' versp.          | 15' versp.        |
| S-Bahn 4 von Thun               | 09:18          | pünktlich           | pünktlich         |
| RE von Spiez                    | 09:20          | 6' versp.           | 7' versp.         |
| InterRegio von Zürich HB        | 09:21          | pünktlich           | pünktlich         |
| Intercity 6 von Basel SBB       | 09:24          | pünktlich           | pünktlich         |
| S-Bahn 6 von Schwarzenburg      | 09:24          | pünktlich           | pünktlich         |
| InterRegio von Zürich HB        | 09:26          | pünktlich           | pünktlich         |
| S-Bahn 52 von Kerzers           | 09:26          | pünktlich           | pünktlich         |
| Intercity 1 von Genève-Aéroport | 09:26          | pünktlich           | 1' versp.         |
| RE von Wolhusen                 | 09:26          | pünktlich           | pünktlich         |
| S-Bahn 3 von Belp               | 09:28          | pünktlich           | pünktlich         |
| Intercity 1 von St. Gallen      | 09:28          | pünktlich           | pünktlich         |
| S-Bahn 3 von Biel/Bienne        | 09:30          | 7' versp.           | 6' versp.         |
| S-Bahn 2 von Laupen             | 09:40          | pünktlich           | pünktlich         |
| S-Bahn 4 von Langnau i.E.       | 09:40          | pünktlich           | pünktlich         |



Verspätungsprognosen auf [www.puenktlichkeit.ch](http://www.puenktlichkeit.ch)



Das Verfahren ist in der Lage, seine Prognosen zu begründen.