

## Intellitank

Ein Privathaushalt in Deutschland gibt jeden Monat rund 100 Euro für Autokraftstoff aus. Egal ob die Strecken auf dem täglichen Weg zur Arbeit gefahren werden, im LKW-Verkehr oder auf langen Fahrten in den Urlaub: Mit einer geschickten und vorausschauenden Tankstrategie lässt sich bares Geld sparen. Auch wenn aktuell an Alternativen zu Verbrennungsmotoren wie zum Beispiel der Elektromobilität gearbeitet wird, so wird aller Voraussicht nach das Tanken von fossilen oder von Biokraftstoffen noch lange zu unserem Alltag gehören. Hier sind automatisch geplante Tankstopps außerdem auch gut als intelligente Komponente für selbstfahrende Autos vorstellbar.



Für die Optimierung von Tankstopps gibt es eine umfassende Informationsbasis. So melden seit dem Jahr 2013 alle rund 15.000 Tankstellen in Deutschland die Preise ihrer Kraftstoffe (d.h. Benzin, Diesel, LPG, CNG) an eine Markttransparenzstelle für Kraftstoffe<sup>1</sup>. Über eine Vielzahl von Webseiten und mobilen Apps lassen sich so die gerade aktuellen Preise von Tankstellen in der Umgebung oder an bestimmten Orten abrufen.



Außerdem sind für den Zeitraum seit Beginn der Preiserhebung auch alle historischen Kraftstoffpreise verfügbar. Diese Datenbasis ermöglicht eine Korrelationsanalyse von zum Beispiel den Tankstellenstandorten, Lieferzeitpunkten, Tageszeiten, Wochentagen oder dem Beginn von Schulferien mit der Entwicklung der Kraftstoffpreise. Diese nachweislich vorhandenen Korrelationen können mit Datenanalysemethoden herausgefunden und für zuverlässige kontextabhängige Vorhersagen der Kraftstoffpreise verwendet werden.

Gleichzeitig pflegen viele Autofahrer heute persönliche Kalender mit Informationen über die Zeitpunkte und Standorte, sowohl ihrer privaten als auch ihrer beruflichen Termine. Aus diesen Kalenderinformationen lassen sich, unter der Annahme der Nutzung des Autos für die Wahrnehmung dieser Termine, Routeninformationen berechnen. Außerdem ermöglicht Spezialsoftware von einer Reihe von Anbietern die exakte Vorhersage des Kraftstoffverbrauchs für eine definierte Fahrzeugroute.

Historische und aktuelle Daten der Markttransparenzstelle für Kraftstoffe sind zum Beispiel unter Creative Commons Lizenz (CC BY 4.0)<sup>2</sup> als Datenbank-Abzug und REST API bei Tankerkönig.de<sup>3</sup> verfügbar. Für diese Aufgabe wurden die historischen Benzinpreise von Tankerkönig.de bereinigt, teilweise korrigiert und für die im Folgenden spezifizierten Eingabeformate aufbereitet.

<sup>1</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Markttransparenzstelle\\_f%C3%BCr\\_Kraftstoffe](https://de.wikipedia.org/wiki/Markttransparenzstelle_f%C3%BCr_Kraftstoffe)

<sup>2</sup> <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de>

<sup>3</sup> <https://www.tankerkoenig.de>

Der InformatiCup 2018 widmet sich der Aufgabe, für eine gegebene Fahrzeugroute die bezüglich des effektiven Benzinpreises optimalen Tankstopps zu berechnen. Die Grundlage für diese Optimierung sollen die historischen Benzinpreise der letzten fünf Jahre, gegebenenfalls weitere Zusatzinformationen, sowie darauf angewendete Methoden der Datenanalyse und -vorhersage sein.

## Aufgabe

Implementieren Sie eine Vorhersage für Benzinpreise (Superkraftstoff E5) und optimieren Sie damit die Tankstrategie für definierte Routen.

Orientieren Sie sich bei der Bearbeitung dieser Aufgabe bitte an den folgenden Schritten, die eine gute Vergleichbarkeit der eingereichten Lösungen sicherstellen sollen.

Die Dokumentation Ihrer Überlegungen und Vorgehensweise fällt bei der Bewertung Ihrer Lösung dabei ebenso ins Gewicht wie die Güte der Vorhersagen und Tankstrategien. Vergessen Sie in Ihrer Ausarbeitung auch nicht den Ausblick: Lässt Sich Ihr Verfahren vielleicht auch auf Ladevorgänge in der Elektromobilität oder für ganz andere Aufgabenstellungen anwenden?

## Zeitreihenanalyse

Analysieren Sie zunächst die historischen Benzinpreise seit Beginn der Meldepflicht im Jahr 2013 und experimentieren Sie mit Ansätzen für die Vorhersage von Zeitreihendaten. Für diese Aufgabe sollen für eine gegebene Tankstelle Vorhersagen über deren Preise von Superkraftstoff E5 bis zu einem Monat in die Zukunft zu einer gegebenen Uhrzeit berechnet werden.

Entscheiden Sie, ob Sie ein Vorhersagemodell für alle Tankstellen oder individuelle Vorhersagemodelle für einzelne Tankstellen oder für Klassen von ähnlichen Tankstellen entwickeln wollen. Überlegen Sie sich dazu den möglichen Einfluss von Merkmalen einer Tankstelle auf die Entwicklung ihrer Benzinpreise (z.B. Tankstellen an Autobahnen, Tankstellen die vom Berufsverkehr erfasst werden oder Tankstellen in wenig erschlossenen Regionen). Dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse.

## Zusatzinformationen (optional)

Überlegen Sie im nächsten Schritt, welche zusätzlichen Informationen wie zum Beispiel die Wochentage, Ferienzeiten oder Verkehrsinformationen für Ihre Benzinpreisvorhersagen sinnvoll sein könnten. Erweitern Sie Ihre Vorhersagemodelle entsprechend und dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse.

Achten Sie bei der Integration weiterer Datenquellen bitte auf deren freie Verfügbarkeit.

## Tankstrategie

Verwenden Sie Ihre Benzinpreisvorhersage für die Berechnung einer optimalen Tankstrategie für eine gegebene Fahrzeugroute, so dass die Benzinkosten für die Fahrzeugroute minimal sind.

Zu lösen ist hier das sogenannte *Fixed Path Gas Station Problem*: Ausgehend von einem Startknoten (d.h. der Starttankstelle) sollen auf einem definierten Pfad alle Tankstellen bis zu einem Endknoten besucht werden. Die Gewichte der Kanten entsprechen den Entfernungen der Tankstellen voneinander. Jeder Knoten (d.h. jede Tankstelle) ist mit dem jeweiligen Benzinpreis beschriftet.

Gestartet wird mit einem leeren Tank gegebener Kapazität an der ersten Tankstelle. Für jede Tankstelle auf der Route ist die Menge des getankten Benzins zu berechnen, so dass die Benzinkosten für die gesamte Route minimal sind. Für das Fixed Path Gas Station Problem sind effiziente Algorithmen verfügbar und in *To Fill or Not to Fill: The Gas Station Problem*<sup>4</sup> beschrieben.

Entsprechend dem Eingabeformat werden in dieser Aufgabe die Tankstellen, unabhängig von ihren Entfernungen zueinander, zu bestimmten zukünftigen Zeitpunkten erreicht. Für diese Zeitpunkte können Sie Ihre jeweiligen Benzinpreisvorhersagen verwenden.

In dieser Aufgabe können Sie das Fixed Path Gas Station Problem, unter Verwendung der vorhergesagten Benzinpreise, ohne eine Begrenzung der Anzahl an Tankstops lösen. Außerdem können Sie den Zeitbedarf für Tankstops ignorieren (d.h. ein Tankstopp führt nicht zu einem späteren Eintreffen an der nächsten Tankstelle).

Nehmen Sie bitte für die Berechnung des für die Fahrzeugrouten erforderlichen Benzins den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von im Jahr 2016 in Deutschland zugelassenen Personenkraftwagen von 5,6 Litern pro 100 Kilometer an. In dieser Aufgabe starten Sie Ihre Fahrzeugrouten immer mit einem leeren Tank mit einer im Eingabeformat gegebenen Kapazität.

Hinweis: Entsprechend dem Eingabeformat sind die Positionen der Tankstellen als geographische Koordinaten im Format [Breitengrad, Längengrad] gegeben. Verwenden Sie für die Berechnung der Entfernungen zwischen zwei Tankstellen  $a$  und  $b$  mit den Koordinaten  $[\text{lat}_a, \text{lon}_a]$  und  $[\text{lat}_b, \text{lon}_b]$  bitte die folgende Formel (Großkreisentfernung):

$$\text{dist}(a, b) = 6378.388 * \text{acos}(\sin(\text{lat}_a) * \sin(\text{lat}_b) + \cos(\text{lat}_a) * \cos(\text{lat}_b) * \cos(\text{lon}_b - \text{lon}_a))$$

## Validierung

Diskutieren Sie die Güte Ihrer erzielten Prognoseergebnisse für den geforderten Vorhersagezeitraum (d.h. bis zu einem Monat in die Zukunft). Verwenden Sie dazu geeignete Maßzahlen für die Güte Ihrer Vorhersagemodelle.

Definieren Sie außerdem 10 verschiedene Fahrzeugrouten, für die Sie den effektiven Benzinpreis basierend auf Ihrer optimierten Tankstrategie mit naiven Strategien, wie zum Beispiel an jeder Station volltanken, vergleichen. Erstellen Sie Fahrzeugrouten, von denen Sie annehmen, dass Ihr Programm im Vergleich zu denen anderer Teams gute Ergebnisse liefert.

## Erweiterungen (optional)

Falls nach der erfolgreichen Implementierung der Grundanforderungen noch Zeit für Erweiterungen bleibt, seien Sie kreativ, zum Beispiel mit einer mobilen App für echte Benzinpreisvorhersagen unterwegs. Oder passen Sie Ihre Softwareanwendung für die Ausführung in der Cloud für eine hohe Performanz, Skalierbarkeit und Verfügbarkeit an. Sie möchten nicht mit einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch rechnen? Integrieren sie mögliche Spezialsoftware für die Simulation des Benzinverbrauchs. Oder verwenden Sie Daten aus Online-Kalendern als Grundlage für Ihre Fahrzeugrouten. Seien Sie kreativ!

---

<sup>4</sup> <http://doi.acm.org/10.1145/1978782.1978791>

## Eingabeformate

Ihre Implementierung muss die folgenden Eingabeformate verarbeiten können.

### Tankstelleninformationen

In dem GitHub-Repository dieser InformatiCup-Aufgabe finden Sie als "Plain text"-Datei *Tankstellen.tsv* für alle von der Benzinpreisstelle erfassten Tankstellen in Deutschland die folgenden Metainformationen:

- ID
- Name
- Marke
- Straßenname
- Hausnummer
- Postleitzahl
- Ort
- Breitengrad
- Längengrad

Einzelne Spalten sind durch ein Semikolon getrennt. Einzelne Zeilen sind durch einen Zeilenumbruch (Newline) getrennt.

```
20;CLASSIC Langballig;CLASSIC;Poststr.;5;24977;Langballig;54.7976;9.63537
21;Aral Tankstelle;ARAL;Nordstraße;20;24943;Flensburg;54.79709;9.476214
22;WIKING FL-Nord;WIKING;Neustadt 14;;24939;Flensburg;54.79669;9.42907
23;Poetzsch TankTreff;Sonstige;Industrieweg;40;24952;Harrislee;54.7941;9.37233
24;team Tankstelle Niebüll;team;Gather Landstr.;29-31;25899;Niebüll;54.791;8.8337
25;bft-willer Station 158;bft;An der Nordstr. ;7;24989;Streichmühle;54.783;9.6731
26;Tankstelle;UNITOL;Ostring;59;25899;Niebüll;54.781883;8.851878
27;ELAN NIEBUELL;ELAN;BUSCH JOHANNSEN STR.;2;25899;NIEBUELL;54.77996;8.83436
```

Auszug aus der Eingabedatei *Tankstellen.csv*

### Historische Benzinpreise

Außerdem finden Sie für alle Tankstellen eine "Plain text"-Datei *[ID].tsv* mit der Benzinpreishistorie der Tankstelle mit dieser ID. Jede Zeile enthält für einen Zeitpunkt im Format YYYY-MM-DD HH:MM:SS+HH den jeweiligen Preis für einen Liter Superkraftstoff E5. Einzelne Spalten sind durch ein Semikolon getrennt. Einzelne Zeilen sind durch einen Zeilenumbruch (Newline) getrennt.

```
2015-02-15 23:18:01+01;1399
2015-02-16 07:42:01+01;1379
2015-02-16 10:34:01+01;1379
2015-02-16 10:54:01+01;1369
2015-02-16 14:14:01+01;1349
2015-02-16 17:34:02+01;1319
2015-02-16 23:26:01+01;1419
```

Auszug aus der Eingabedatei *24.csv*

Die Tankstellenliste sowie die historischen Benzinpreise wurden für diese Aufgabe aus der Benzinpreisdatenbank von Tankerkönig.de vom 08.09.2017 extrahiert.

## Tankstellen und Vorhersagezeitpunkte

Für die Prognose der Benzinpreise für gegebene Tankstellen muss Ihre Implementierung "Plain text"-Dateien in dem folgenden Format verarbeiten können: In jeder Zeile steht ein Zeitpunkt im Format YYYY-MM-DD HH:MM:SS+HH bis zu dem Sie die Benzinpreise als bekannt annehmen und für Ihre Berechnungen verwenden dürfen, gefolgt von dem geforderten Zeitpunkt für die Vorhersage ebenfalls im Format YYYY-MM-DD HH:MM:SS+HH und einer Tankstellen-ID. Einzelne Spalten sind durch ein Semikolon getrennt. Einzelne Zeilen sind durch einen Zeilenumbruch (Newline) getrennt.

```
2015-02-10 12:18:01+01;2015-02-15 21:18:01+01;24
2016-03-22 10:42:01+01;2016-03-22 10:43:01+01;46
2016-01-27 03:06:01+01;2016-02-26 18:06:01+01;14038
2015-06-11 14:30:02+02;2015-06-12 07:50:02+02;4160
```

Beispieleingabe: Tankstellen und Vorhersagezeitpunkte

## Fahrzeugrouten

Die Fahrzeugrouten sind als "Plain text"-Dateien in dem folgenden Format gegeben: Die erste Zeile enthält als Ganzzahl die Kapazität des Tanks in Litern. Es folgen zeilenweise die Zeitpunkte im Format YYYY-MM-DD HH:MM:SS+HH und die Tankstellen-IDs der Fahrzeugroute. Die Benzinpreise bis inklusive dem Startzeitpunkt der Fahrzeugroute dürfen Sie als bekannt annehmen und für Ihre Berechnungen verwenden. Einzelne Spalten sind durch ein Semikolon getrennt. Einzelne Zeilen sind durch einen Zeilenumbruch (Newline) getrennt.

```
3
2015-08-01 08:00:00+02;10957
2015-08-01 09:55:31+02;11108
2015-08-01 10:27:25+02;11172
2015-08-01 11:02:43+02;11150
2015-08-01 11:48:16+02;11152
2015-08-01 12:20:23+02;11238
2015-08-01 12:52:37+02;11320
```

Beispieleingabe: Auszug aus der Bertha Benz Memorial Route<sup>5</sup>

## Ausgabeformate

Ihre Implementierung muss für die Vorhersage von Benzinpreisen für gegebene Tankstellen und für die Ausgabe einer Tankstrategie "Plain text"-Dateien in den folgenden beiden Dateiformaten ausgeben.

## Vorhergesagte Benzinpreise

Dieses Dateiformat erweitert das oben spezifizierte Format für Tankstellen und Vorhersagezeitpunkte um eine Spalte mit dem vorhergesagten Benzinpreis. In jeder Zeile steht ein Zeitpunkt zu dem ein Benzinpreis vorhergesagt wurde im Format YYYY-MM-DD HH:MM:SS+HH, gefolgt von dem Zeitpunkt für die Benzinpreisvorhersage im gleichen Format. Es folgt die Tankstellen-ID, gefolgt von

<sup>5</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Bertha\\_Benz\\_Memorial\\_Route](https://de.wikipedia.org/wiki/Bertha_Benz_Memorial_Route)

dem vorhergesagten Benzinpreis pro Liter als vierstellige Ganzzahl. Einzelne Spalten sind durch ein Semikolon getrennt. Einzelne Zeilen sind durch einen Zeilenumbruch (Newline) getrennt.

```
2015-02-10 12:18:01+01;2015-02-15 21:18:01+01;24;1329
2016-03-22 10:42:01+01;2016-03-22 10:43:01+01;46;1249
2016-01-27 03:06:01+01;2016-02-26 18:06:01+01;14038;1209
2015-06-11 14:30:02+02;2015-06-12 07:50:02+02;4160;1509
```

Beispielausgabe: Vorhergesagte Benzinpreise

## Tankstrategie

Dieses Dateiformat erweitert das oben spezifizierte Format für Fahrzeugrouten um zwei Spalten mit dem vorhergesagten Benzinpreis und der getankten Menge. Die Tankkapazität wird ausgelassen. In jeder Zeile steht ein Zeitpunkt im Format YYYY-MM-DD HH:MM:SS+HH und eine Tankstellen-ID, gefolgt von dem an dieser Station auf der Fahrzeugroute vorhergesagten Benzinpreis und der an dieser Station getankten Menge Benzin in Litern in Dezimaldarstellung. Einzelne Spalten sind durch ein Semikolon getrennt. Einzelne Zeilen sind durch einen Zeilenumbruch (Newline) getrennt.

```
2015-08-01 08:00:00+02;10957;1469;3.0
2015-08-01 09:55:31+02;11108;1439;0.5391158829281082
2015-08-01 10:27:25+02;11172;1419;0.14883725962095173
2015-08-01 11:02:43+02;11150;1419;0.16475326006398028
2015-08-01 11:48:16+02;11152;1459;0.2125832832087453
2015-08-01 12:20:23+02;11238;1399;0.1499082332451298
2015-08-01 12:52:37+02;11320;1449;0.15042311307520695
```

Beispielausgabe: Naive Tankstrategie für die Bertha Benz Memorial Route

## Außerdem

Erstellen Sie für Ihre Implementierung bitte eine Bedienungs- und Installationsanleitung. Dokumentieren Sie die von Ihnen getroffenen Entscheidungen bei der Auswahl verwendeter Algorithmen und Datenstrukturen und in der Softwareentwicklung.

Die FAQs zum laufenden Wettbewerb sowie die Beispieleingaben und -ausgaben aus dieser Aufgabenbeschreibung finden Sie online auf <https://github.com/InformatiCup/InformatiCup2018>