

Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs auf der Kreuzackerbrücke in Solothurn und auf der Alten Aare Brücke in Olten

Vergleich von unterschiedlichen Erhebungstechnologien



Schlussbericht

Verfasser: Dominik Bucheli, Fussverkehr Schweiz

Zürich, 19. August 2020

Piloterhebung im Rahmen des Forschungsprojektes SVI 2017/009
Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs

Inhaltsverzeichnis

1. Projektbeschrieb	3
Ausgangslage, Ziel und Vorgehen	3
Art und Standorte der eingesetzten Zählgeräte (als Übersicht)	4
Pyrobox	4
Swisslaser	4
Infrarot Kamera	5
2. Installation und Betrieb der Geräte	6
Pyrobox	6
Swisslaser	6
Infrarot Kamera	6
3. Erhobene Daten	7
Solothurn, Kreuzackerbrücke	7
Olten Alte Aare Brücke	9
4. Kontrollzählung, Kalibrierung	11
Solothurn, Kreuzackerbrücke	11
Olten Alte Aare Brücke	13
5. Definitive Daten	18
Solothurn, Kreuzackerbrücke	18
Olten Alte Aare Brücke	19
6. Beurteilung/Vergleich der Technologien	20
PyroBox von Eco-Counter	20
Induktionsschlaufen von Eco-Counter	21
Swisslaser von Swisstraffic	22
Infrarotkamera der Universität Lausanne	23
Zusammenfassender Vergleich der verschiedenen Systeme	24
7. Fazit/Schlussbemerkungen	25
8. Anhang	26
Projektbeschrieb der Forschung	26

1. Projektbeschreibung

Ausgangslage, Ziel und Vorgehen

Der Kanton Solothurn hat 2018 ein permanentes Velozählstellennetz eingerichtet. Um Erfahrungen mit Fussverkehrszählungen zu sammeln, möchte er an zwei Standorten testweise auch Fussgänger/innen zählen. Die Abklärungen haben ergeben, dass die Einrichtung von Zählstellen auf der Kreuzackerbrücke in Solothurn und auf der Alten Aarebrücke in Olten von besonderem Interesse sind. An diesen beiden Standorten sind bereits Velozählstellen in Betrieb.

Die Testerhebungen sollen einerseits dem Kanton Solothurn zuverlässige Informationen über das Fussverkehrsaufkommen an diesen beiden Standorten liefern. Andererseits sollen sie im Rahmen des SVI-Forschungsprojekts 2017/009 «Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs» helfen, Eignungsabklärungen hinsichtlich verschiedener Zähltechnologien durchzuführen. Deshalb werden an den beiden Standorten parallel je zwei unterschiedliche Zähltechnologien eingesetzt, wobei in erster Linie die folgenden Fragen zu klären sind:

- Ist die Einrichtung einer Fussverkehrszählstelle an den Standorten dieser permanenten Velozählstellen sinnvoll?
- Welche Technologie ist für die Erfassung des Fuss- und Veloverkehrs besser geeignet?



Abb. 1 Situation alte Aarebrücke Olten und Kreuzackerbrücke Solothurn

Aufgrund der dynamischen technologischen Weiterentwicklung kommen aktuell zahlreiche, immer ausdifferenziertere *Zählssysteme* auf den Markt. Neben den zwar jungen, aber bereits relativ etablierten Technologien, wie Videoauswertungen (z. B. 3D-Sensoren, MioVision-System) und passive Infrarotsensoren (z. B. das EcoCounter-System), sind neuere Technologien entwickelt worden, die auf Bluetooth, Wifi oder GPS-Daten basieren. Die Fachliteratur (z. B. SVI 2011/015) und die eigene Anwendungspraxis zeigen, dass die einzelnen Technologien je ihre eigenen Stärken und Schwächen haben und gezielt nach Fragestellung eingesetzt werden müssen.

Die Standorte eignen sich insbesondere, da Fuss- und Veloverkehrsbrücken, oft an einem repräsentativen Standort stehen. Wegen der Brückensituation gibt es nur wenige Möglichkeiten die Zählstelle zu umgehen. Es wurde sowohl Geräte eingesetzt, die sich für permanente Zählstellen eignen, wie solche, die sich für temporäre Zählstellen eignen. Für die Forschungsarbeit war es von Vorteil, dass bereits eine permanente Velozählstelle besteht. Eine Einrichtung einer permanenten Velozählstelle wäre im Rahmen der Forschung nicht umsetzbar gewesen.

Art und Standorte der eingesetzten Zählgeräte

Die Zählstandorte Kreuzackerbrücke in Solothurn und Alte Aare Brücke in Olten eignen sich, um verschiedene Zählssysteme zu testen, die sowohl den Fussverkehr als auch den Veloverkehr adäquat erfassen können.

Technologie	Standort	Merkmale
Kombination von Induktionsschlaufen und Pyrobox (Ecocounter)	Olten Solothurn	Geeignet für permanente Zählstelle
Laser (Swisslaser von Swisstraffic)	Solothurn	Geeignet für permanente Zählstelle; für temporäre Zählstelle nur bedingt geeignet
Infrarot Kamera (Universität Lausanne)	Olten	Geeignet für temporäre Zählstelle

Pyrobox

Bei der Technologie PyroBox handelt es sich um eine Passiv-Infrarottechnik. Dabei erfasst der körpertemperaturempfindliche Sensor jede Person, die an ihm vorbeikommt. Der Empfänger des Geräts registriert die Wärmequellen im Funktionsbereich. Das Gerät kann sowohl horizontal (am Rand eines Weges) wie auch vertikal (über einer Türe) installiert werden. Es sollte vis-à-vis von einer festen Fläche (z. B. Mauer) montiert werden, da der Temperaturunterschied zwischen dem Hintergrund und dem sich dazwischen bewegendem Objekt gemessen wird.

Modelle mit zwei Empfängerzellen im gleichen Gehäuse ermöglichen die Unterscheidung der Bewegungsrichtung. Wie beim Ultraschall wird nur zwischen «jemand da /niemand da» unterschieden. Die Distanz zur Person oder die Geschwindigkeit wird nicht gemessen.

Laser

Die Laserscanner-Technologie ist mit der Aktiv-Infrarotmethode vergleichbar (der Laser funktioniert mit Infrarot). Der Unterschied besteht darin, dass die Strahlen des Laserscanners den Raum in kleinste Quadrate aufteilt und ihn so scannt. Ein Sender produziert regelmässig einen für das Auge nicht sichtbaren Lichtimpuls, der mittels eines Spiegelsystems gestreut wird. Trifft der Lichtstrahl auf ein Objekt, wird er zum Gerät, in dem sich auch ein Empfänger befindet, zurückgesendet. Aus den Reflektionen können Umrisse und Geschwindigkeit der Objekte im Raum erfasst werden. In erhöhter Lage installierte Geräte sind in der Lage, einen vordefinierten Raum zu scannen und die sich darin bewegendem Objekte zu detektieren.

Je nach Modell und Software können unterschiedliche Daten generiert werden. Alle Modelle erlauben es, die Passantenzahl nach Richtung zu erfassen. Einige Modelle können Fuss- und Veloverkehr unterscheiden, andere können nur Menschen erfassen. Einige Modelle bieten zusätzlich weitere Optionen an (z. B. die Dauer des Aufenthalts).

Infrarotkamera

Eine Infrarotkamera funktioniert ähnlich wie eine normale Videokamera. Im Gegensatz zu einer Videokamera zeichnet sie jedoch keine Bilder im für das Auge sichtbaren Lichtspektrum auf, sondern sie erstellt ein Video von Wärmeunterschieden in der Umgebung. Die aufgezeichneten Bilder lassen sich danach algorithmisch auswerten. Dank Infrarot ist man nicht von Lichtverhältnissen abhängig und Personen sind nicht identifizierbar. Kurz zusammengefasst hat die Infrarotkamera die Vorteile einer optischen Kamera, ohne dass die Nachteile einer unter Umständen unzureichenden Beleuchtung und die Probleme eines mangelnden Datenschutzes in Kauf genommen werden müssen.



Abb. 2 Zählsituation auf der Kreuzackerbrücke in Solothurn

2. Installation und Betrieb der Geräte

Pyrobox

Die Pyrobox konnte in Solothurn am Brückengeländer und in Olten an einem Signalpfosten installiert werden. Die Installation erfolgt mit Schellen und ist innert einer halben Stunde erledigt. Die Daten werden jeweils in der Nacht über das Mobilfunknetz übertragen. Die Geräte laufen mehrere Jahre mit einer Batterie. Bei Fehlern oder dauerhaften Störungen erhalten die Betreiber eine E-Mail-Fehlermeldung.

Swisslaser

Der Swisslaser muss in 3 – 8 m Höhe installiert und mit einem 45° Winkel nach unten installiert werden. Ein Laser deckt ein Erfassungsspektrum von 2 – 5 m ab. Für die 8 m breite Kreuzackerbrücke ist deshalb der Einsatz von zwei Sensoren notwendig. Für die Installation werden eine Hebebühne und drei Mann während ca. drei Stunden benötigt. Die Stromversorgung erfolgt über eine Kombination von Solarpanel und Batterie. Die Daten werden kontinuierlich auf die Auswertungsplattform übertragen. Fehlermeldungen bei Stromunterbrüchen erfolgen nicht zuverlässig. Dadurch wurde der Stromunterbruch eines Sensors erst nach einer Woche entdeckt.

Infrarotkamera

Die Infrarotkamera wurde auf ca. 2 m Höhe an einem Signalständer mit Schellen befestigt. Die Konfiguration der Erhebung wird in eine Textdatei auf die Speicherkarte geschrieben. Für die Installation benötigt eine Person rund eine halbe Stunde. Je nach Verkehrsaufkommen müssen während der Erhebung die Batterie und die Speicherkarte in regelmässigen Abständen ausgetauscht werden. Dieser Austauschvorgang lässt sich in einer Viertelstunde erledigen. Die Herausforderung besteht darin, zuverlässig abschätzen zu können, wie lange es braucht bis die Speicherkarte voll ist und ausgetauscht werden muss. Im Betrieb bestehen zurzeit verschiedene Probleme, die damit zusammenhängen, dass es sich bei diesem Produkt um einen Prototyp handelt. Es können Erhebungslücken entstehen, einerseits wegen dem Ausfall der Recheneinheit, andererseits, weil nach dem Wechsel von Batterie und Speicherkarte manchmal die Stromzufuhr unterbrochen wird. Im Testbetrieb hat ein solcher Ausfall während der Kontrollzählung zu einer Datenlücke geführt, so dass in einem anderen Zeitraum mit der Infrarotkamera gezählt werden musste.

3. Datenauswertung

Solothurn, Kreuzackerbrücke

Die Fussverkehrszählungen auf der Kreuzackerbrücke in Solothurn fanden vom 21. August bis am 20. September 2019 statt. Der Laser wurde nur vom 21. August bis am 10. September 2019 eingesetzt; vom 28. August bis am 1. September ist einer der Lasersensoren wegen einem Problem mit der Stromversorgung ausgefallen. Am 5. September 2019 fand der Solothurner Chäs-Tag mit einem ausserordentlich hohes Fussgängeraufkommen statt. Deshalb wurde dieser Tag bei der Berechnung der Tagesdurchschnittswerte ausgeschlossen.

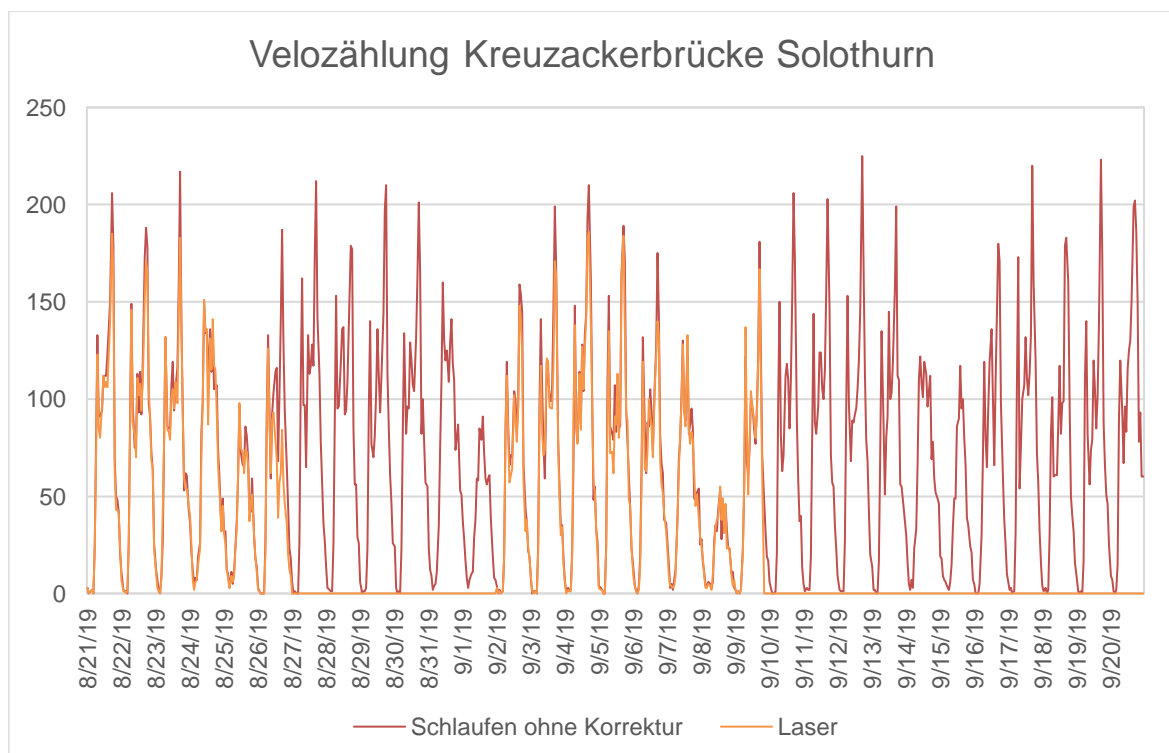
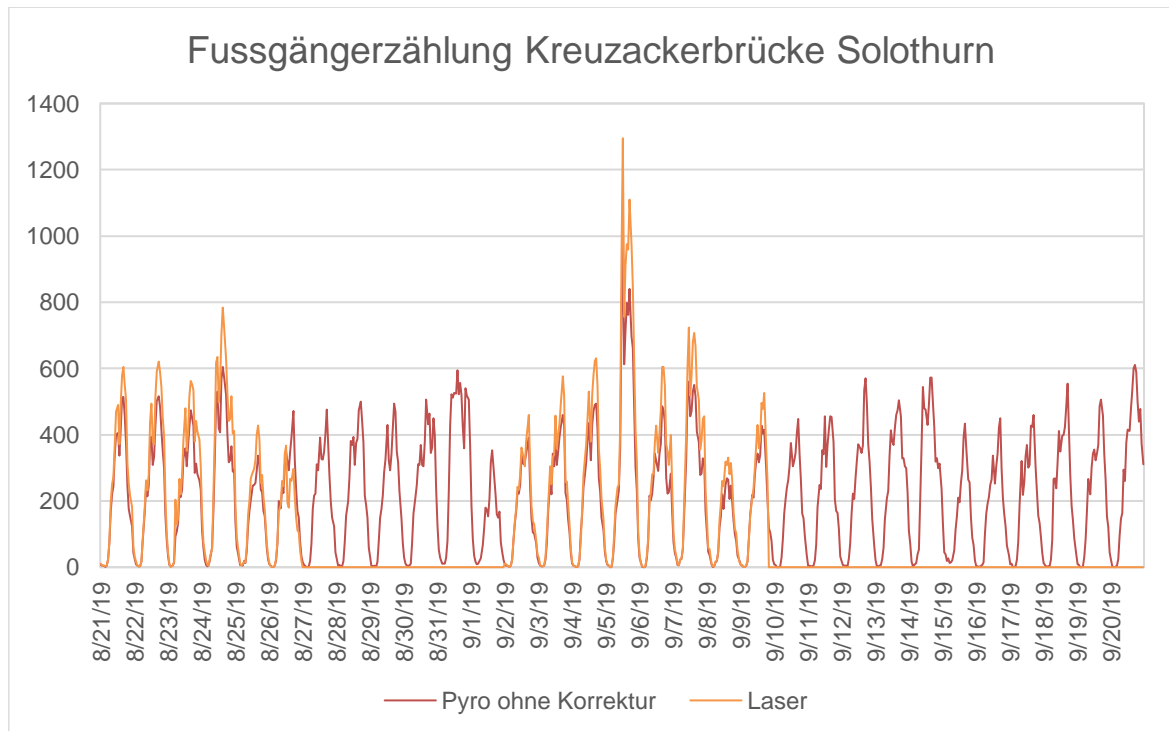


Abb. 3 Vergleich der Messreihen von Ecocounter und Swisslaser

Der Vergleich der Tagesganglinien zeigt, dass der Laser gegenüber dem Pyrosensor die Belastungsspitzen ausgeprägter ausweist. Da beim Pyrosensor die Wahrscheinlichkeit von Überdeckungen bei erhöhten Frequenzen zunimmt, dürfte der Laser die Spitzen genauer erfassen. Bei den Velodaten zeigt sich der umgekehrte Effekt. Hier messen die Schleifen die höheren Spitzenwerte als der Laser. Dasselbe zeigt sich auch bei den Wochenganglinien.

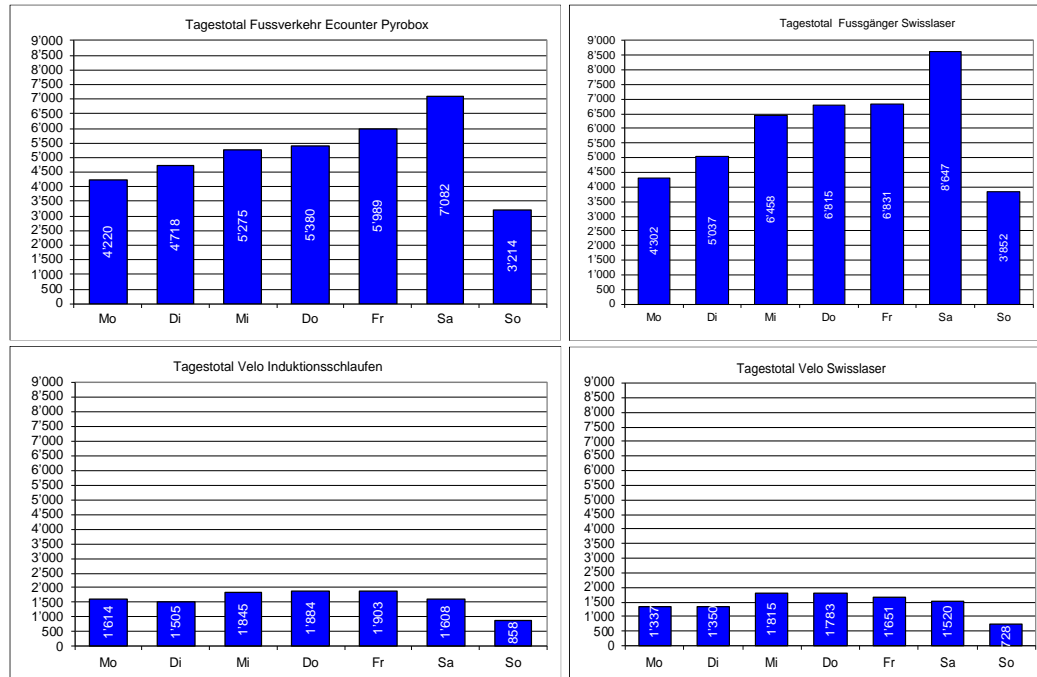


Abb. 4 Vergleich der durchschnittlichen Tageswerte von Swisslaser und Ecocounter

Olten Alte Aare Brücke

Die Datenerhebung auf der Alten Aare Brücke in Olten dauerte vom 23. Oktober 2019 bis am 21. November 2019. Die Infrarotkamera war vom 23. Oktober bis am 13. November 2019 in Betrieb. Am 25. Oktober 2019, 26. Oktober 2019, 8. November 2019, 11. November 2019, 12. November 2019, sowie vom 30. Oktober bis am 5. November 2019 waren Datenlücken zu verzeichnen. Die Pyrobox in Kombination mit den Schleifen haben während der ganzen Zählperiode zuverlässig Daten erhoben.

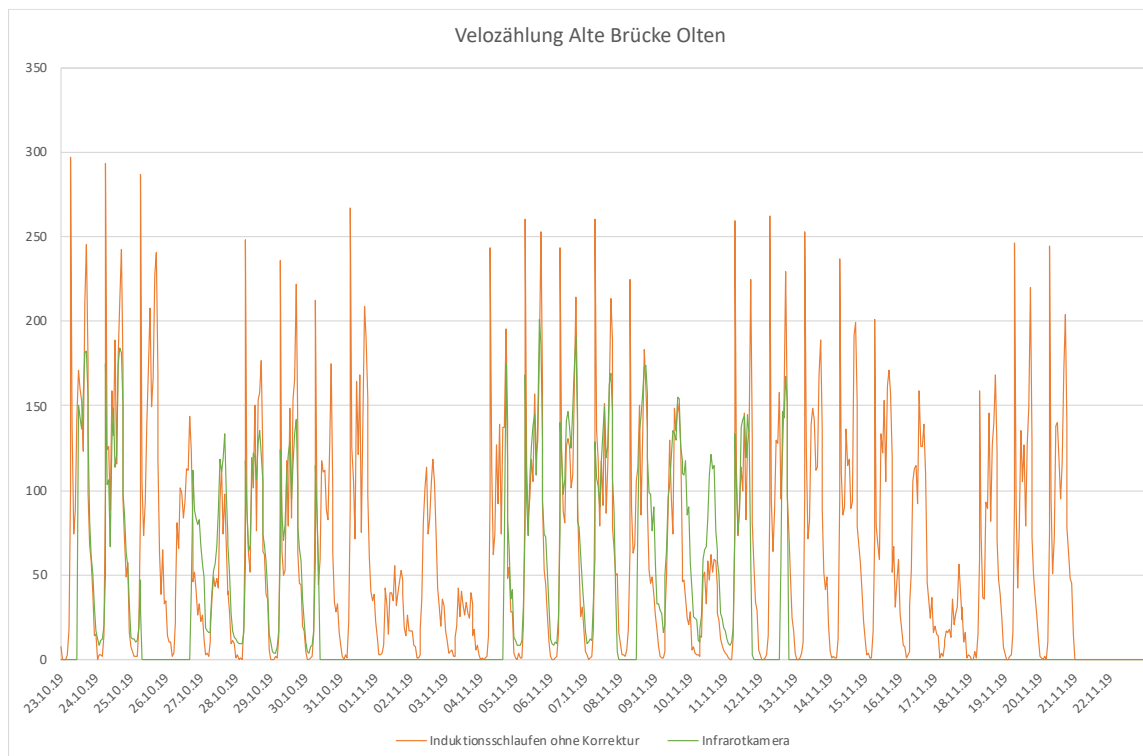
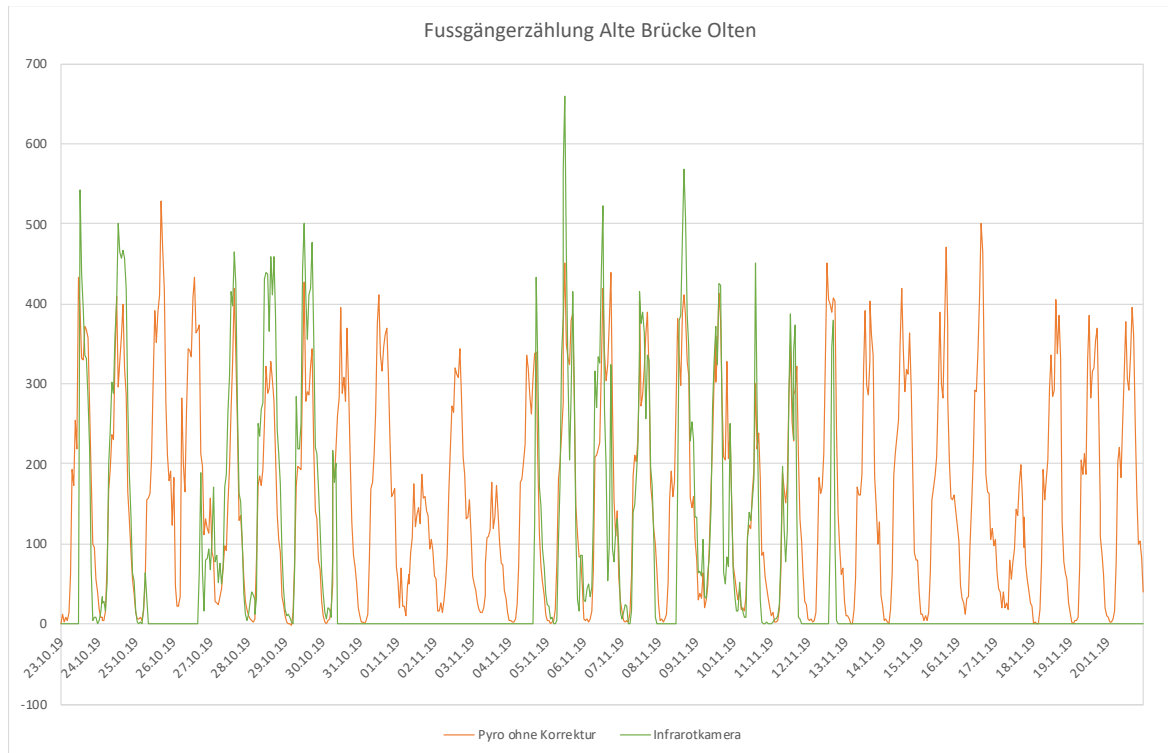


Abb. 5 Vergleich der Messreihen von Pyrosensor und Infrarotkamera

Der Datenreihenvergleich zwischen der Infrarotkamera und der Pyrobox zeigt, dass die Infrarotkamera die Belastungsspitzen ausgeprägter darstellt. Dies bedeutet, dass die Infrarotkamera bei hohem Fussverkehrsaufkommen zuverlässiger zählt. Beim Vergleich zwischen der Infrarotkamera und der Induktionsschleife zeigt sich, dass die Infrarotkamera die Spitzen nicht zuverlässig darstellt. Die Infrarotkamera hat also Probleme die Velos zuverlässig zu erkennen. Sie zählt während den Stunden mit wenig Veloverkehr mehr Velos als die Induktionsschleife. Die Unterschiede zwischen den Tagestotalen lassen sich stärker durch die jeweils unterschiedliche Anzahl Erhebungstage als durch die verschiedenen Erhebungstechnologien erklären.

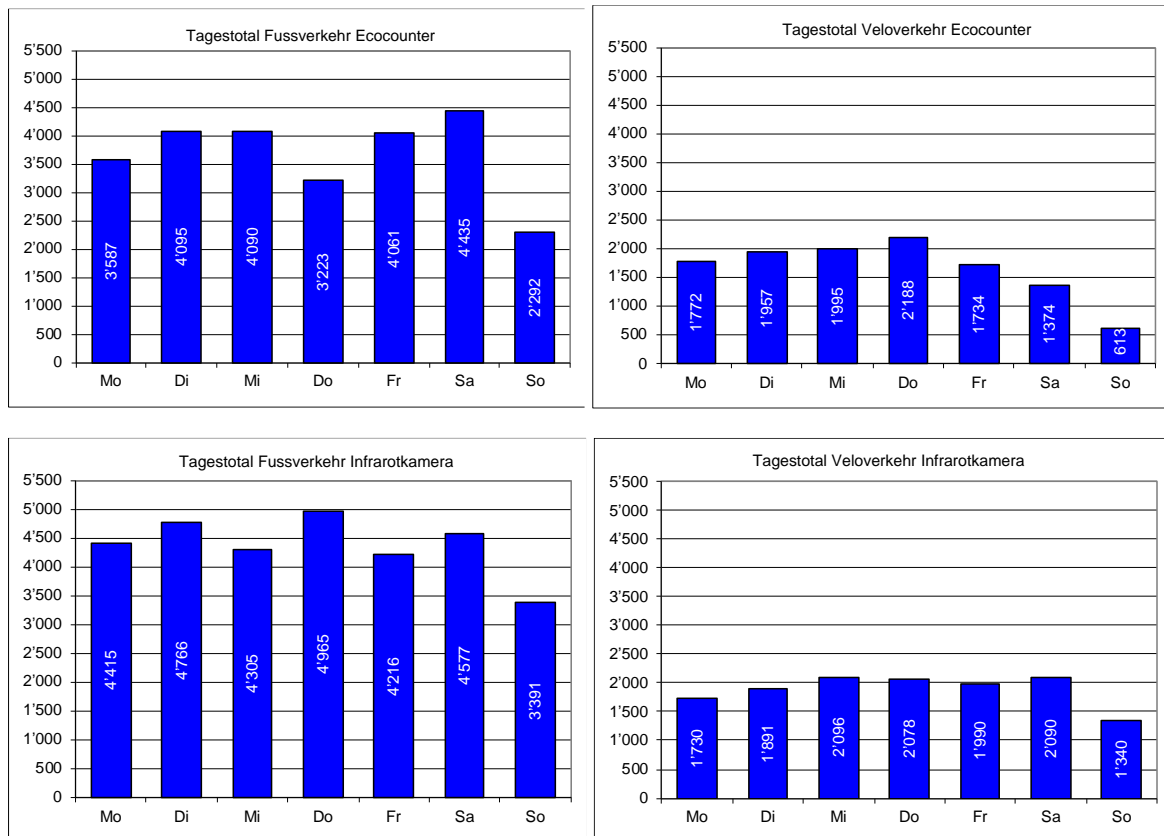


Abb. 6 Vergleich der durchschnittlichen Tageswerte von Infrarotkamera und Ecocounter

4. Kontrollzählung, Kalibrierung

Als Kontrolle und zur Kalibrierung wurden begleitend zu den automatischen Erhebungen stichprobenartige Handzählungen durchgeführt:

- in Solothurn am Mittwoch 21.8.2019, 10:15 – 11:15 Uhr und 12 – 14 Uhr
- in Olten am Mittwoch 30.10.2019, 10:15 – 11:15 Uhr und 12 – 14 Uhr

In Olten fiel die Infrarotkamera während den Kontrollzählungen aus. Deshalb wurden die Infrarotaufnahmen vom Dienstag 5.11.2019 manuell ausgewertet.

Auch bei Handzählungen sind Fehlzählungen möglich. Gerade bei hohen Frequenzen besteht das Risiko, zu wenig zu zählen. Bei Velo Zählungen besteht die Gefahr Velos zu übersehen, wenn man einen kleinen Beobachtungsbereich hat. Entsprechend soll die Handzählung hier als nur Richtwert gelten und nicht als «absolut richtiges» Zählergebnis.

Solothurn, Kreuzackerbrücke

Die Ergebnisse der Kontrollzählung zeigen, dass alle eingesetzten Technologien leicht «unterzählen». Insgesamt ist die Fussgängerzählung mit mehr Fehlern behaftet als die Velozählung. Während die Zählgenauigkeit bei den Velos zwischen 87% und 92% liegt, beträgt sie bei den Fussgänger/innen zwischen 72% und 83% (vgl. Abb.7).

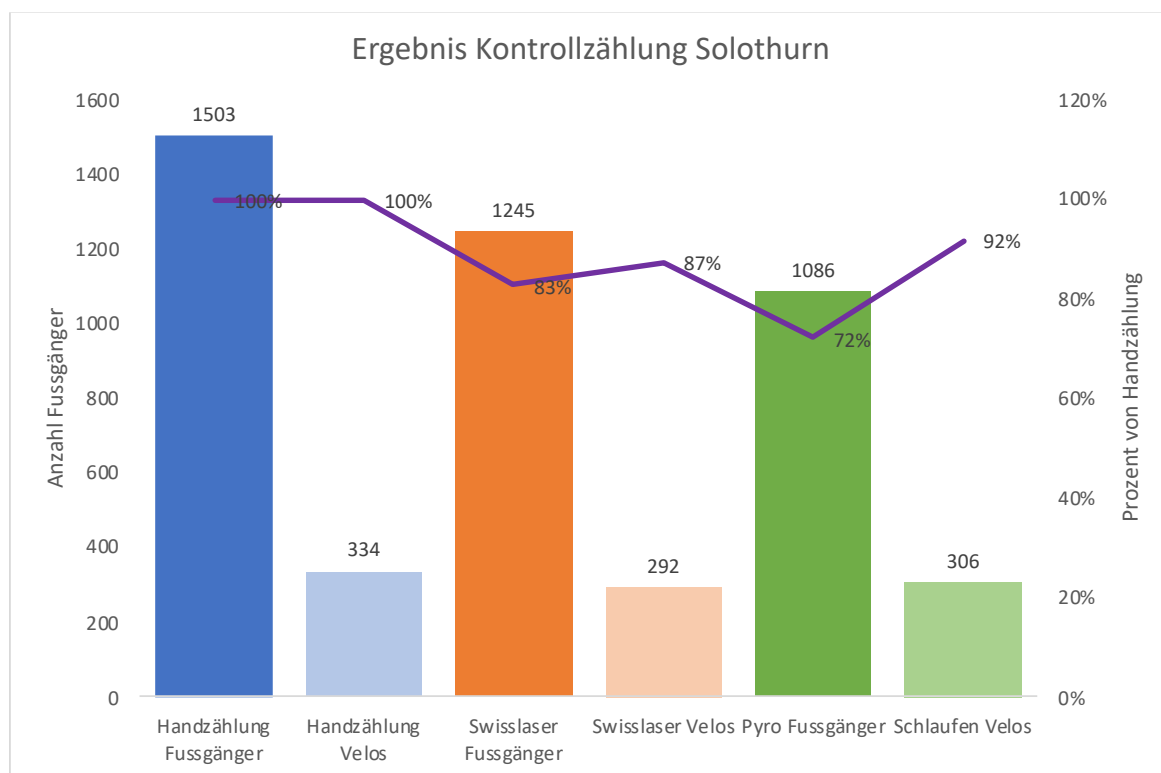


Abb. 7 Ergebnisse Kontrollzählung Kreuzackerbrücke

In der Abbildung 8 werden die Resultate der Zählgeräte mit denen der Kontrollzählung in Verhältnis gesetzt. Für die Kalibrierung wurde vereinfachend auf eine lineare Funktion zurückgegriffen. In Anbetracht des hohen Determinationskoeffizienten R^2 kann dieses Vorgehen als genügend betrachtet werden.

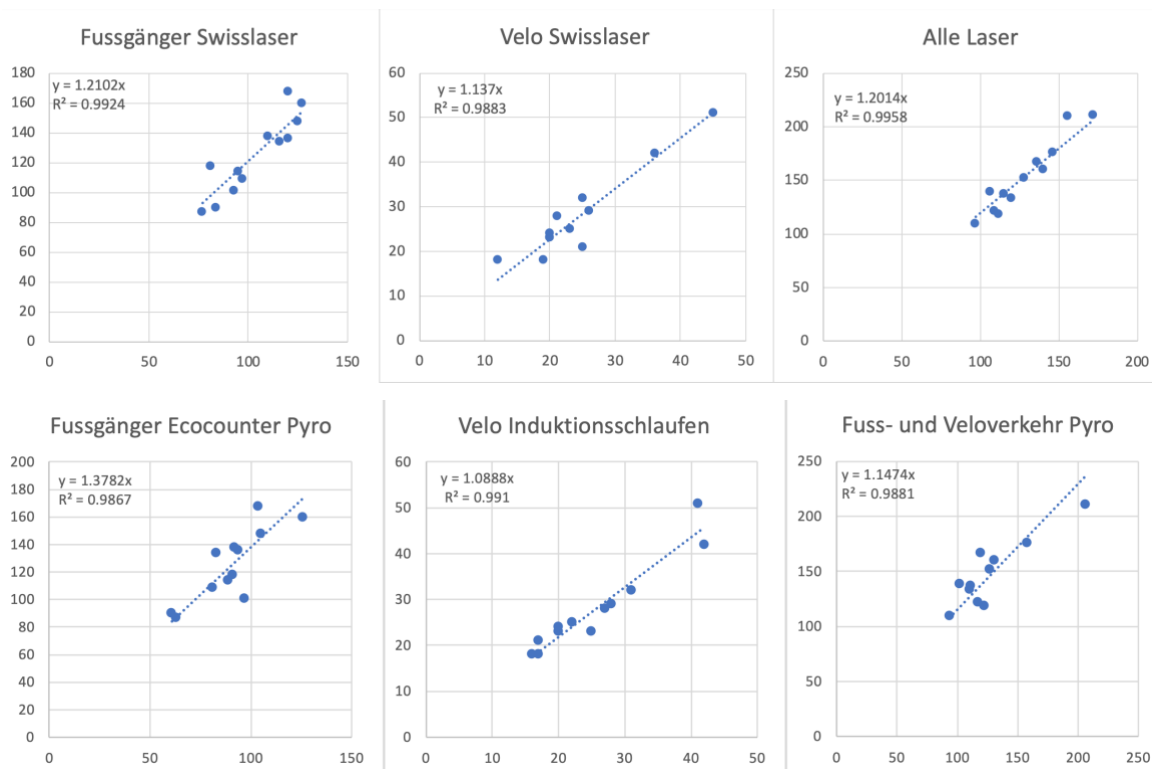


Abb. 8 Vergleich Viertelstundenwerte der automatischen Zählungen zur manuellen Kontrollzählung

Die Zählungen sind somit gemäss den Kalibrierungsfunktionen mit folgenden Korrekturfaktoren zu kalibrieren:

- Korrekturfaktor Swisslaser Fussgänger = 1.2102
- Korrekturfaktor Pyrobox Fussgänger = 1.3782
- Korrekturfaktor Swisslaser Veloverkehr = 1.1373
- Korrekturfaktor Induktionsschlaufen = 1.0888

Da die Velozählungen mit einer maximalen Abweichung von 13% von der Genauigkeit her im tolerierbaren Bereich sind, wurde auf eine Korrektur verzichtet.

Die folgenden Abbildungen 9 und 10 zeigen, dass die Kalibration der Daten für die Werk- und Sonntage gut funktioniert. Die etwas grösseren Abweichungen beim Swisslaser sind wahrscheinlich auf die kürzere Erhebungszeit zurückzuführen.

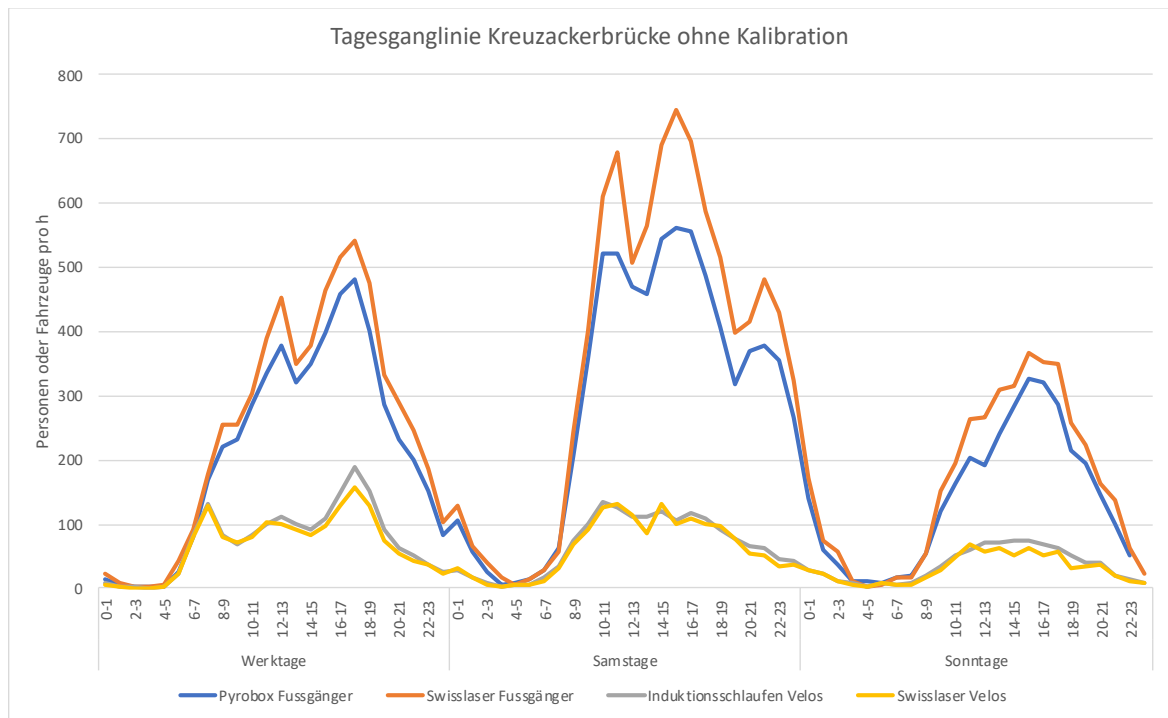


Abb. 9 Tagesganglinien Fuss- und Veloverkehr Kreuzackerbrücke ohne Kalibration

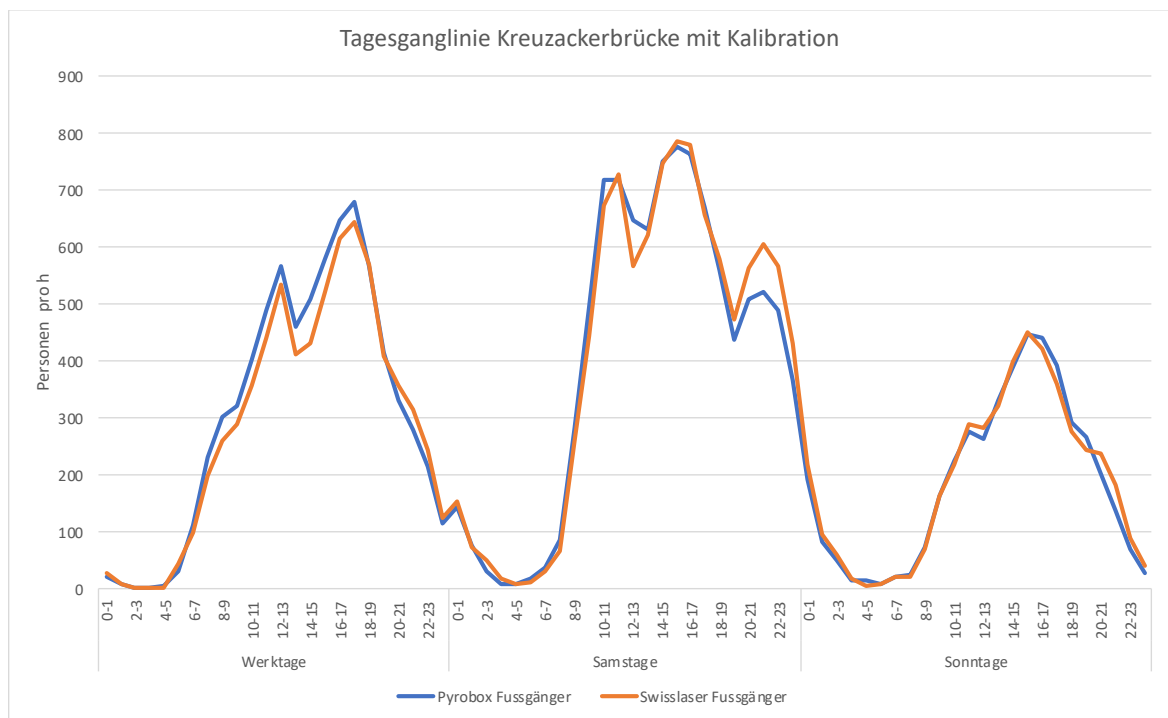


Abb. 10 Tagesganglinien Fussverkehr Kreuzackerbrücke Solothurn mit Kalibration

Olten Alte Aare Brücke

Die Ergebnisse der Kontrollzählung zum Pyrosensor und zu den Induktionsschlaufen weisen darauf hin, dass die Velos «überzählt» werden oder die Kontrollzähler nicht alle Velos gezählt haben (Abbildung 11). Da Induktionsschlaufen als zuverlässige Sensoren gelten und der Fehler in Richtung Altstadt ausgeprägter ist, wo sich Velos nicht zuerst akustisch durch das Fahren über die Brücke ankünden, bevor sie für die Zählperson sichtbar sind, ist es

plausibel, dass die Zählperson einige Velos verpasst hat. Auch bei den Fussgängern gab es zu Beginn der Kontrollzählperiode einen Ausreisser. Dieser lässt sich wohl durch den ungleichzeitigen Beginn der automatischen Zählung und der Kontrollzählung erklären. Deshalb wurden diese Werte in Abbildung 12 ausgeschlossen. Nach diesen Ausschlüssen erfasst der Pyro-Sensor 85% der Fussgänger/innen und die Induktionsschlaufen 111% der Velofahrenden.

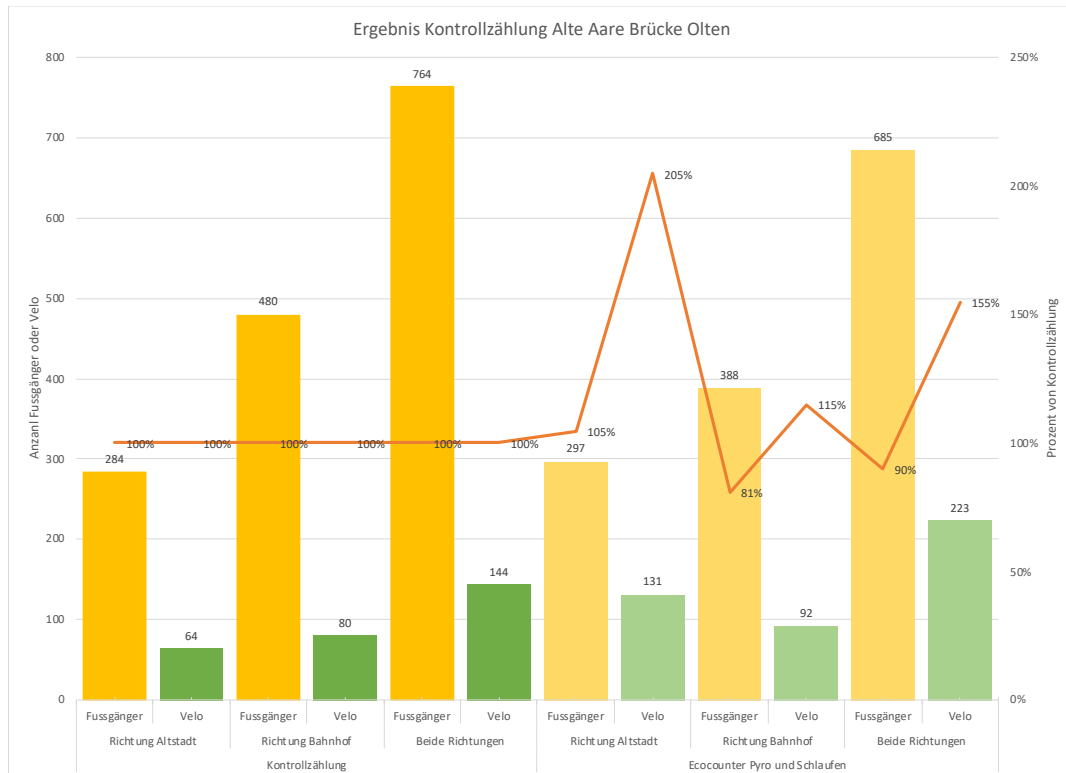


Abb. 11 Ergebnisse Kontrollzählung Olten Alte Aarebrücke

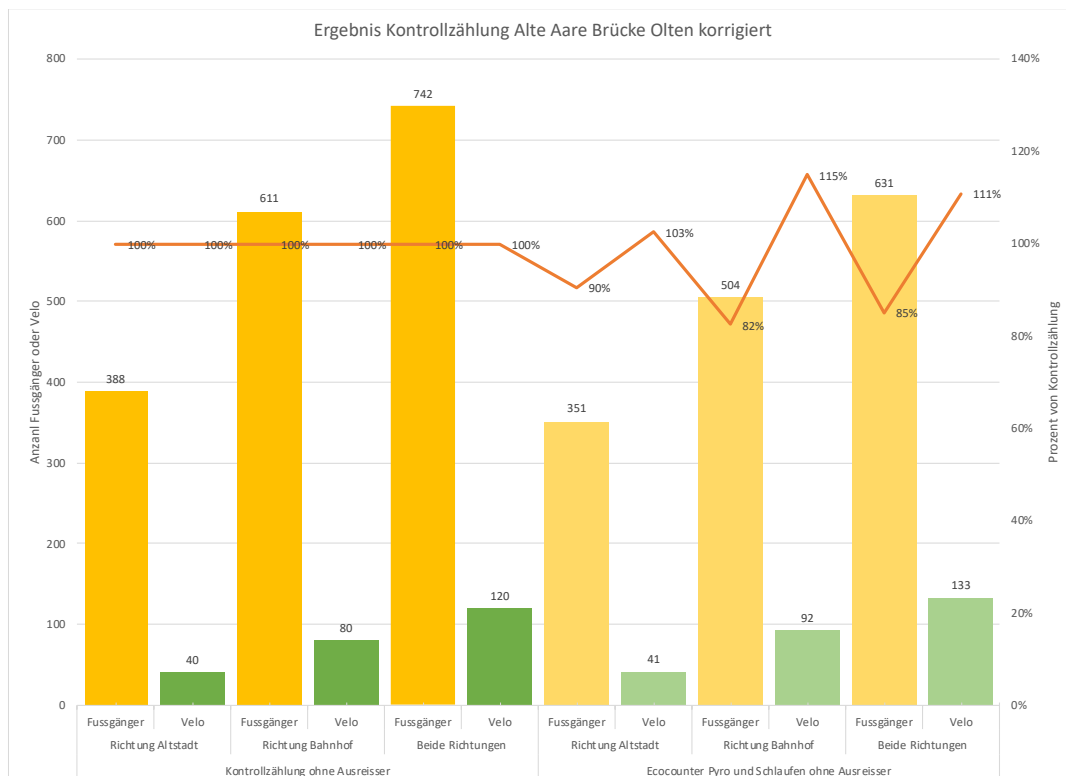


Abb. 12 Ergebnisse Kontrollzählung Olten Alte Aarebrücke nach Ausschluss der Ausreisser

Die Kontrollzählung zur Messung mit der Infrarotkamera musste separat nachgeholt werden, da diese während der Kontrollzählung einen Ausfall hatte. Deshalb musste ein vergleichbarer Zeitraum von den Infrarotaufnahmen ausgewertet werden. Da diese Aufnahmen mit relativ wenigen Frames pro Sekunde auskommen, ist es gar nicht so einfach die Fussgänger/innen und Velofahrenden zu unterscheiden. Zudem ist es schwierig grosse Gruppen korrekt zu erfassen. Die Kontrollzählung ergab schliesslich, dass die Infrarotkamera die Fussgänger um 18% und die Velofahrer um 31% «überzählt» (Abbildung 13). Bei den Fussgängern ist dieser Fehler recht systematisch, bei den Velos nicht. Da der Fehler stärker bei der Kontrollzählung liegen dürfte, wird auf eine Kalibration der Daten verzichtet.

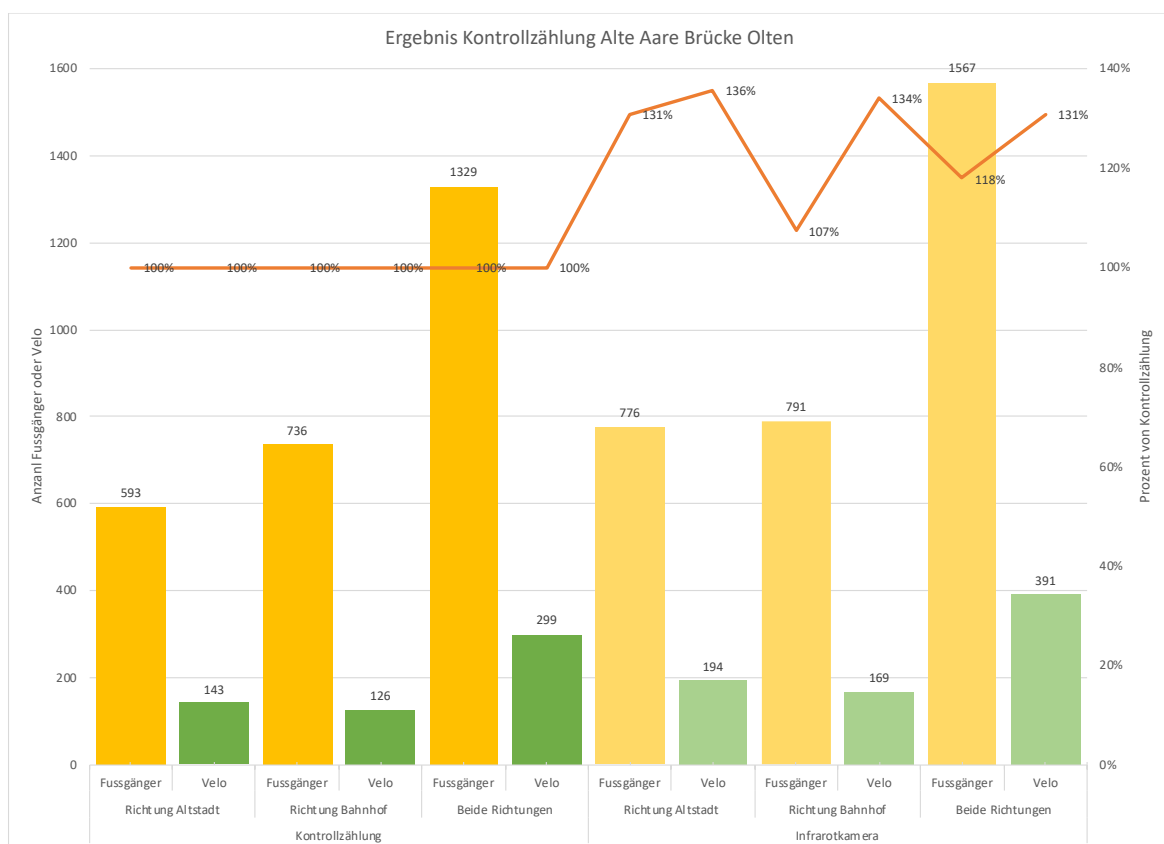


Abb. 13 Ergebniskontrollzählung Olten, Alte Aarebrücke Infrarotkamera.

In der Abbildung 14 werden die Resultate der Zählgeräte mit denjenigen der Kontrollzählung ins Verhältnis gesetzt. Für die Kalibrierung wurde einfachheitshalber auf eine lineare Funktion zurückgegriffen. In Anbetracht des hohen Determinationskoeffizienten R^2 kann dies als genügend betrachtet werden.

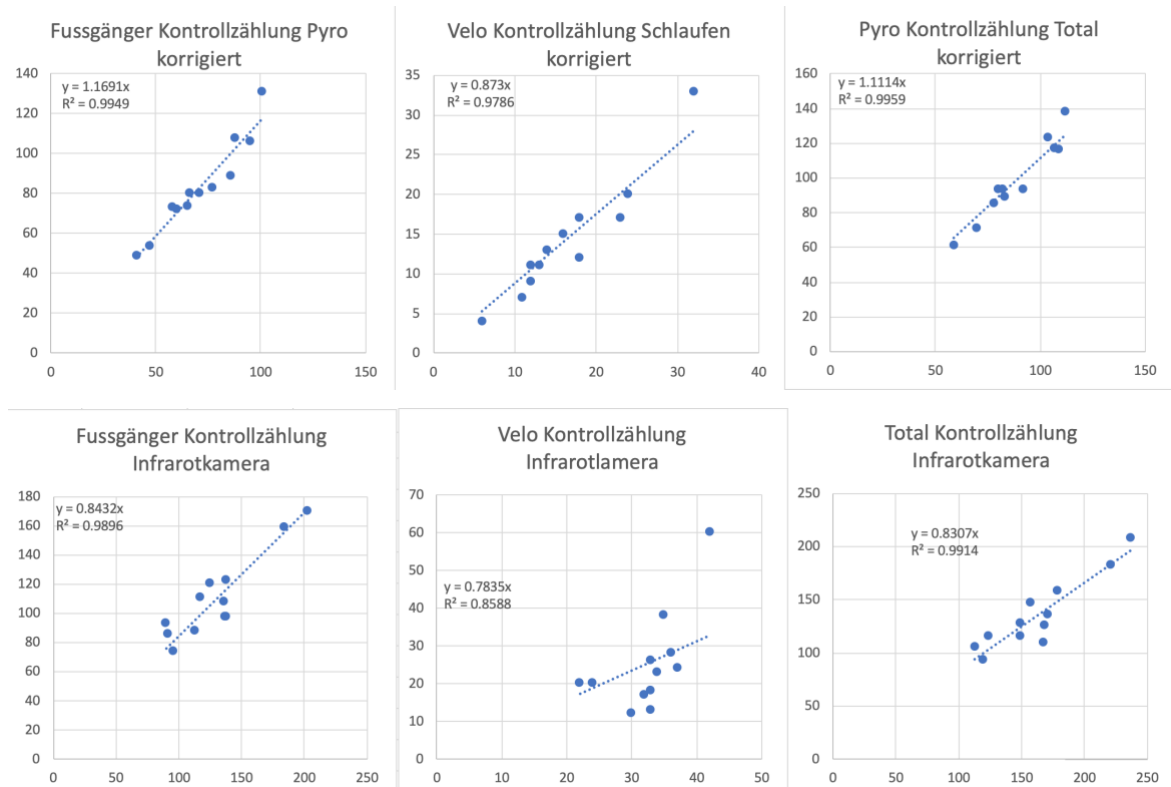


Abb. 14 Vergleich Viertelstundenwerte der automatischen Zählungen zur Kontrollzählung

Die Zähldaten sind somit gemäss den Kalibrierungsfunktionen mit folgenden Korrekturfaktoren zu kalibrieren:

- Korrekturfaktor PyroBox Fussgänger = 1.1691

Bei den Induktionsschleifen und der Infrarotkamera muss davon ausgegangen werden, dass der Fehler der Kontrollzählung grösser ist als der Gerätefehler. Deshalb wird keine Kalibration vorgenommen. Die Infrarotkamera gibt einen Wert aus, wie viel Prozent einer Viertelstunde erhoben werden konnten. Bei der Kalibration wurde dieser Wert als Korrekturfaktor verwendet.

Die folgenden Abbildungen 15 und 16 zeigen, dass die Kalibration der Daten für die Werktage gut funktioniert. Die etwas grösseren Abweichungen bei der Infrarotkamera sind wahrscheinlich auf die kürzere Erhebungszeit und die Ausfälle der Infrarotkamera zurückzuführen.

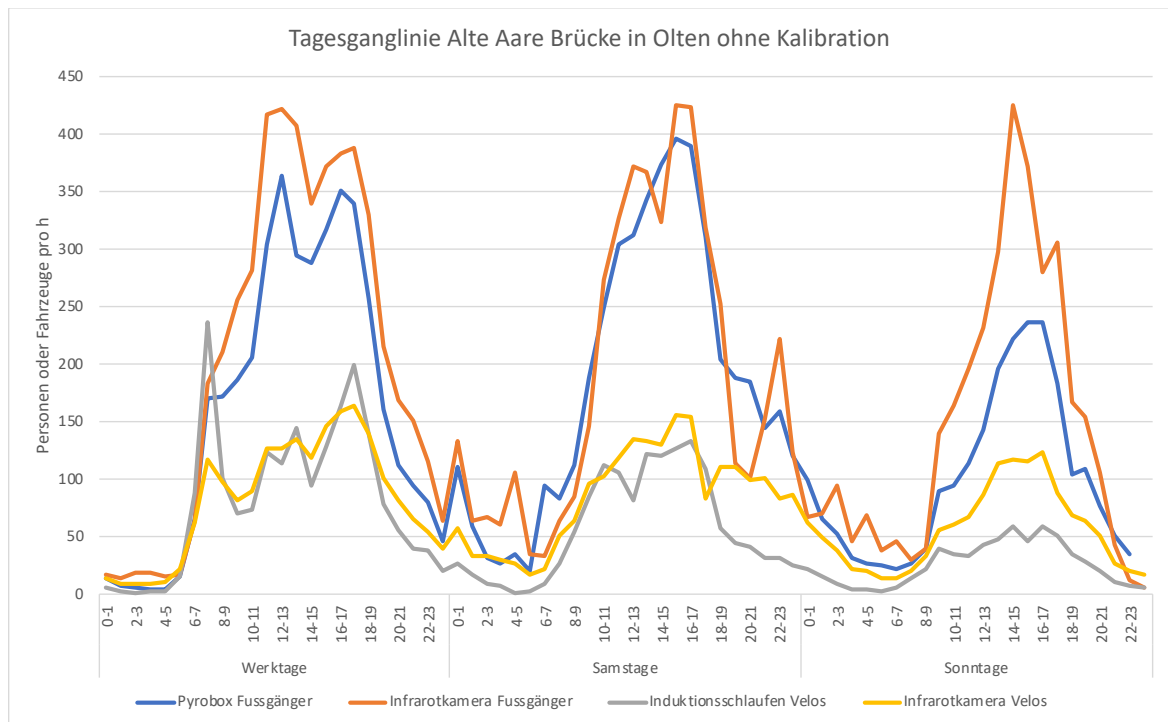


Abb. 15 Tagesganglinien Alte Aare Brücke in Olten ohne Kalibration

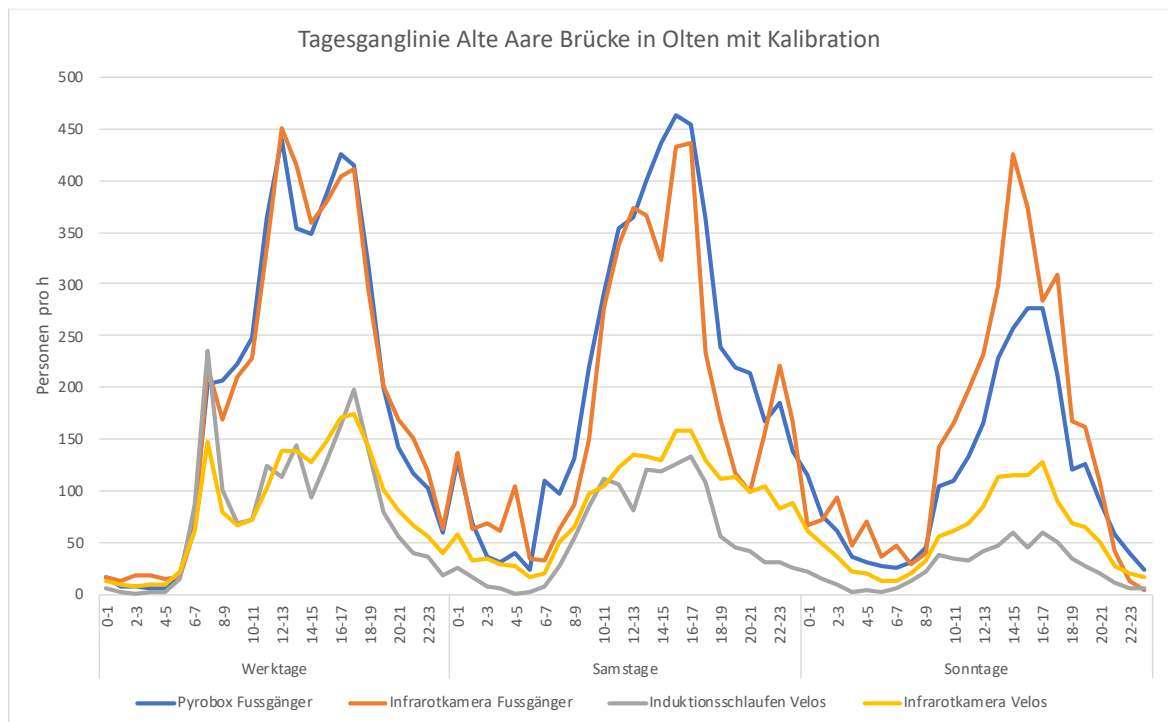


Abb. 16 Tagesganglinien Alte Aare Brücke in Olten mit Kalibration

5. Definitive Daten

Als definitive Daten werden diejenigen Daten verwendet, die mit dem Pyrosensor und den Induktionsschleifen von Ecocounter erhoben wurden. Diese Geräte haben ohne Ausfälle gezählt und lassen sich gut kalibrieren.

Solothurn, Kreuzackerbrücke

Wochenganglinien

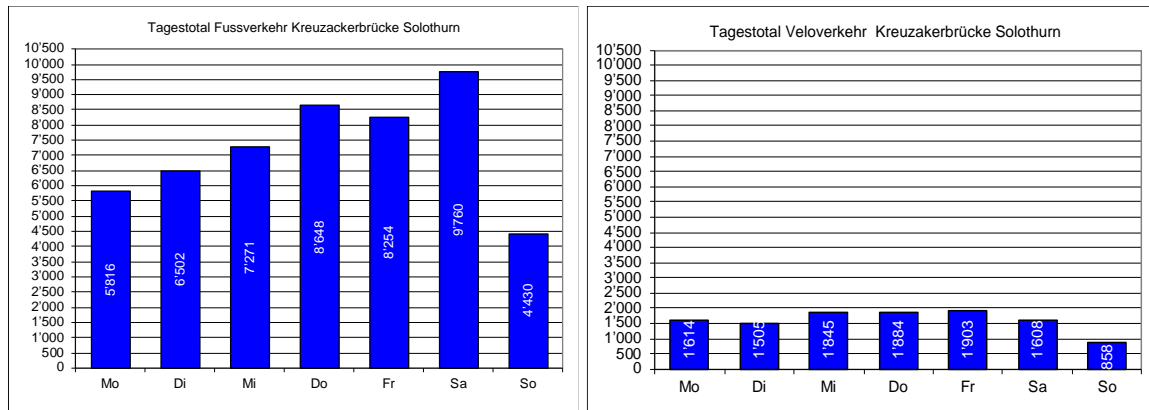


Abb. 17 Definitive Wochenganglinie Kreuzackerbrücke Solothurn

Tagesganglinien

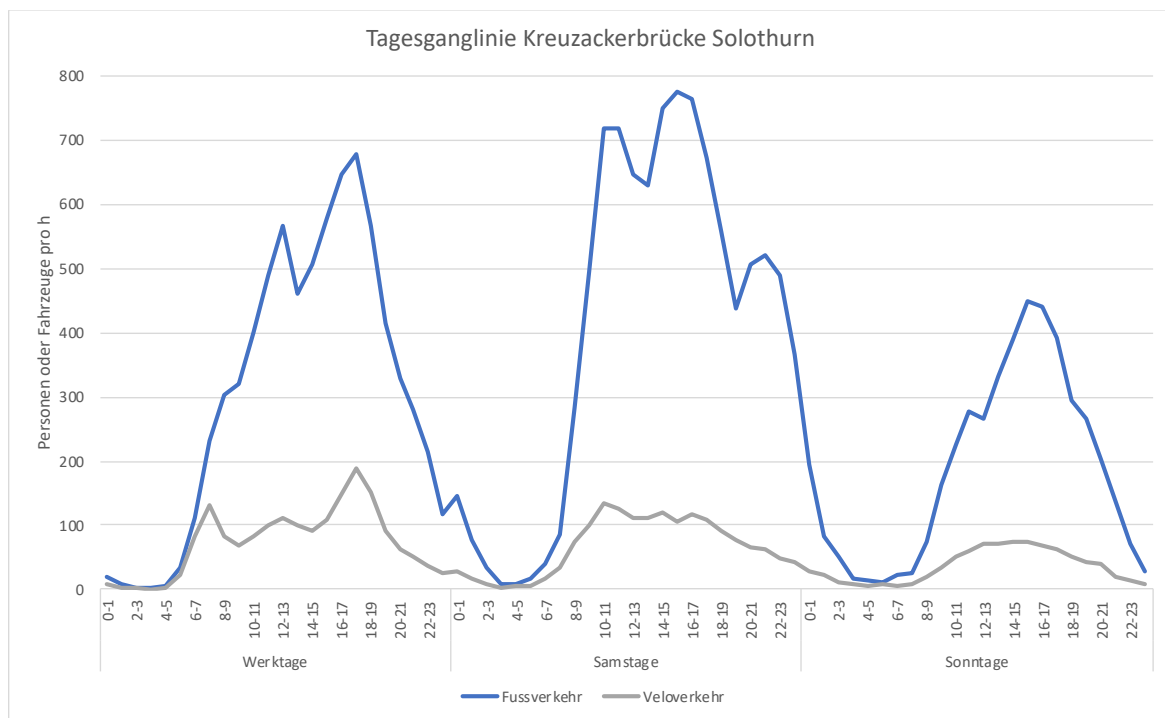


Abb. 18 Definitive Tagesganglinie Kreuzackerbrücke Solothurn

Kennwerte DWV und DTV

Kennwerte für die Erhebungsperiode (auf 50 Personen gerundet):

Fussverkehr DWV (Mo-Fr) = 7'300 Personen/Tag

Veloverkehr DTV = 7'250 Personen/Tag

Veloverkehr DWV (Mo-Fr) = 1'750 Personen/Tag

Veloverkehr DTV = 1'600 Personen/Tag

Olten Alte Aare Brücke

Wochenganglinien

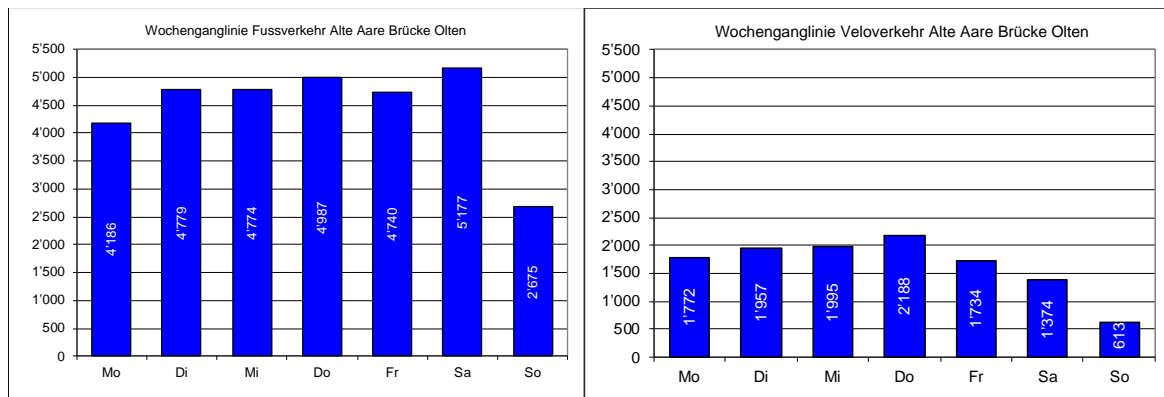


Abb. 19 Definitive Wochenganglinie Alte Aare Brücke Olten

Tagesganglinien

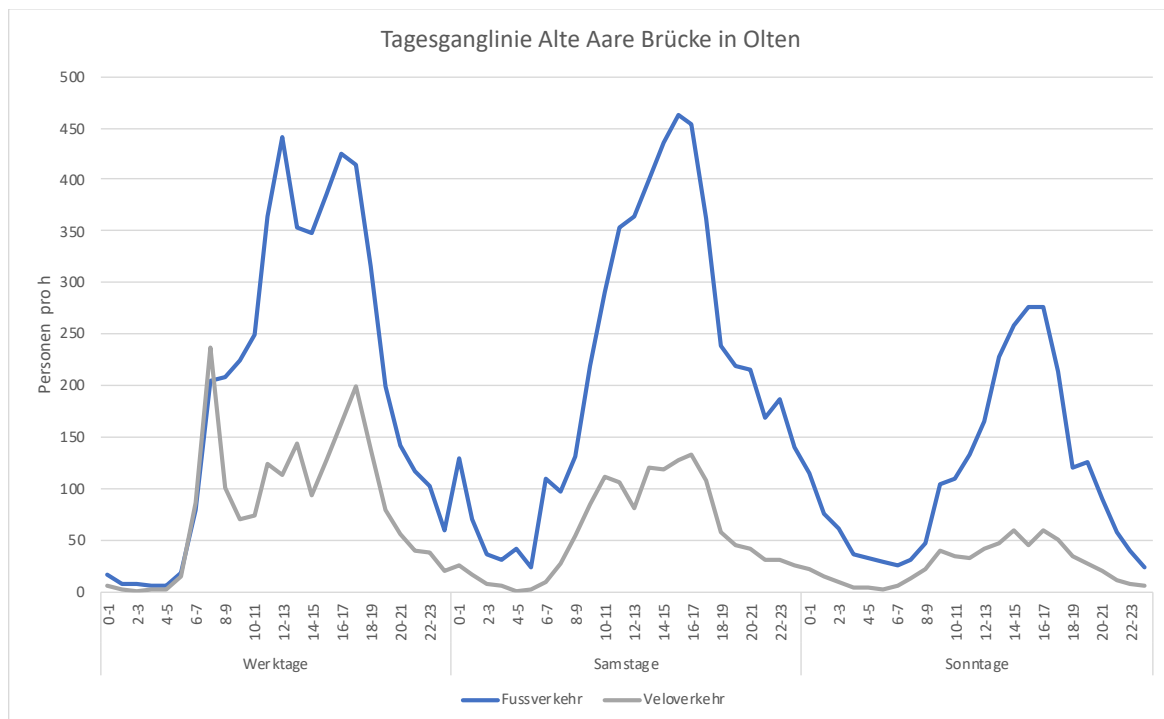


Abb. 20 Definitive Tagesganglinie Alte Aare Brücke Olten

Kennwerte DWV und DTV

Kennwerte für die Erhebungsperiode (auf 50 Personen gerundet):

Fussverkehr DWV (Mo-Fr) = 4'700 Personen/Tag

Fussverkehr DTV = 4'450 Personen/Tag

Veloverkehr DWV (Mo-Fr) = 1'950 Personen/Tag

Veloverkehr DTV = 1'650 Personen/Tag

6. Beurteilung/Vergleich der Technologien

PyroBox von Eco-Counter

Bei der Technologie Pyrobox handelt es sich um eine Passivinfrarot-Technik. Dabei erfasst der körpertemperaturempfindliche Sensor jede Person, die eine Stelle passiert. Die Technologie kann Fuss- und Veloverkehr nicht unterscheiden. Soll auf einem Querschnitt Fuss- und Veloverkehr erhoben werden, muss eine zweite Technologie eingesetzt werden, die den Veloverkehr erfassen kann.

Installation

- Installation an einem Pfosten oder an einer ebenen Fläche mit einer Metallplatte
- Befestigung mit einem Edelstahlband mit diebstahlsicherer Klemmung
- Gewicht: 2.7 kg
- Abmessung: 195 x 110 x 275 mm
- Installation kann durch eine Person erfolgen, ca. 30 Minuten
- keine technischen Hilfsmittel erforderlich
- Energieversorgung durch Batterie, keine externe Stromversorgung notwendig
- Installationsaufwand: gering

Betrieb, Durchführung der Zählung

- Das Gerät erfordert während der Erhebungszeit keinen Einsatz.
- Vandalismusgefahr wegen geringer Montagehöhe vorhanden, Gerät ist jedoch sehr robust.
- Während 4 Wochen wurden keine Totalausfälle des Gerätes festgestellt.
- Neben gerätebedingten Ausfällen können auch direkt vor dem Sensor abgestellte Fahrzeuge zu fehlerhaften Daten führen.
- Teilweise wurden Fehlermeldungen versandt, obwohl kein Fehler vorlag.
- Die Daten werden online übertragen und sind über die Software Eco-Visio direkt einsehbar.
- Eine Unterscheidung Velo und Fussgänger/innen ist nicht möglich, d.h. Velos werden als Fussgänger/innen erfasst, andere Verkehrsarten werden nicht erfasst.
- Die Richtungen werden getrennt erfasst.
- Eine Kontrollzählung ist zwingend erforderlich.

Im Rahmen der Kontrollzählung im Jahre 2013 für den Kanton Basel-Stadt konnten folgende Ursachen für falsche Erfassungen festgestellt werden:

Gerätebedingte Abweichungen:

- Ein einzelner Fussgänger wird nicht erfasst.
- Es werden nicht alle Fussgänger erfasst, welche den Messbereich zeitgleich passieren.
- Kinder (in Kinderwagen, getragen, zu geringe Körpergrösse) werden nicht erfasst.
- Mitgeführtes Gepäck (Koffer, Einkaufswagen, grosse Taschen etc.) wird als separate Person erfasst.
- Ein grosser Hund wird als Fussgänger erfasst.
- Doppelerfassung einer Person (evtl. wegen Armschwenkens).
- Phantomerfassung ohne erkennbaren Grund.

Verhaltensbedingte Abweichungen (bedingt durch Fussgängerverhalten):

- Nicht- oder Mehrfacherfassung einer Person durch Verweilen im Messbereich.
- Ein fahrender Velofahrer wird als Fussgänger erfasst.
- Mehrfacherfassung einer Person durch hin und her gehen unmittelbar im Messbereich („Schaufensterbummler“).

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Die Daten werden auf einem Server der Firma Ecocounter gespeichert.
- Auf der Datenplattform Eco-Visio sind direkt tabellarische und grafische Auswertungen möglich.
- Die Daten können von der Plattform Eco-Visio in verschiedenen Formaten exportiert werden.
- Die Daten müssen mit den Werten der Kontrollzählung zwingend kalibriert werden.
- Es kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die kalibrierten Werte genügend genau sind.
- Ausser der zwingenden Kalibration ist der Aufwand für die Datenauswertung vergleichbar mit den anderen Technologien.

Kosten

- Miete des Geräts: 850 Euro pro Monat
- Kauf des Geräts: 3950 Euro
- Kosten für die Benutzung der Datenplattform: 300 Euro pro Zähler pro Jahr

Induktionsschlaufen von Eco-Counter

Die Induktionsschlaufen erfassen metallische Fahrzeuge, die über die Schlaufen fahren. Dabei wird in Abhängigkeit von der Metallmasse und der Geschwindigkeit ein elektrischer Impuls erzeugt. Fussgänger/innen können nicht erfasst werden. Für die vorliegende Messkampagne wurden fix installierte Induktionsschlaufen verwendet. Deshalb sind hier eingeschränkte Aussagen über den Installationsaufwand möglich. Der Aufwand variiert also sehr stark je nach Anzahl Schlaufen, Beschaffenheit des Belags, verkehrliche Situation. In Olten musste beispielsweise die Pflasterung entfernt werden. Der Kanton Solothurn gibt an, dass bei seinen Zählstellen durchschnittlich 2 Mann 4 Stunden beschäftigt waren.

Betrieb, Durchführung der Zählung

- Das Gerät erforderte während der Erhebungszeit keinen Einsatz.
- Aufgrund der Installation im Fahrbelag besteht keine Vandalismusgefahr.
- Während 4 Wochen wurden keine Totalausfälle des Gerätes festgestellt.

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Die Daten werden auf einem Server der Firma Ecocounter gespeichert.
- Auf der Datenplattform Eco-Visio sind direkt tabellarische und grafische Auswertungen möglich.
- Die Daten können von der Plattform Eco-Visio in verschiedenen Formaten exportiert werden.
- Es kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die kalibrierten Werte genügend genau sind.

Swisslaser von Swisstraffic

Bei diesem Gerät handelt es sich um einen Laserscanner. Der Laser erfasst die Umrisse der Personen und Fahrzeuge und erkennt anhand des Umrisses, ob es sich um eine Person, ein Velo oder ein anderes Fahrzeug handelt.

Installation

- Installation an einem Pfosten oder an einer ebenen Fläche mit einer Adapterplatte
- Die Installationshöhe beträgt je nach Erfassungsbreite im Minimum 3.5 m, maximal 8 m.
- Die maximale Erfassungsbreite eines Sensors beträgt 5 m. Bei einer Breite von 8 m müssen auf beiden Seiten Sensoren installiert werden.
- Die Installation erfolgte durch 2 Fachpersonen von Swisstraffic.
- Ohne Installationseinrichtung und Elektroanschluss beträgt die Zeit für die Installation und das Einrichten ca. 4 Stunden.
- Hebebühne erforderlich.
- Elektroanschluss erforderlich, oder Solarpanel und Akku.
- Installationsaufwand: hoch

Betrieb, Durchführung der Zählung

- Das Gerät erforderte während der Erhebungszeit einen Einsatz des Anbieters, um die Stromversorgung wieder herzustellen.
- Aufgrund der Montagehöhe besteht keine Vandalismusgefahr; das Gerät ist relativ klein. Die Solarpaneele fallen jedoch auf.
- Das Gerät funktionierte während 2 Wochen grundsätzlich gut. Es war jedoch ein längerer Unterbruch zu verzeichnen.
- Der Ausfall eines Sensors hat keine Fehlermeldung generiert. Deswegen wurde der Ausfall lange nicht bemerkt.
- Die Daten werden online übertragen und sind über eine Datenplattform von Swisstraffic direkt einsehbar.
- Die Lasertechnologie ermöglicht es, zwischen Velo und Fussgänger/in zu unterscheiden; andere Fahrzeuge können ebenfalls detektiert werden.
- Die Richtungen werden getrennt erfasst.
- Eine Kontrollzählung ist erforderlich, um Installationsfehler oder unerwünschte Fremdeinflüsse ausschliessen zu können.
- Bei einer Überkopf-Installation kann der Erfassungsbereich z. B. durch ausgefahrene Storen verdeckt werden.

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Die Daten werden auf einem Server der Firma Swisstraffic gespeichert.
- Auf der Datenplattform sind direkt tabellarische und grafische Auswertungen möglich.
- Die Daten können von der Plattform in verschiedenen Formaten exportiert werden.
- Aufgrund der bei dieser Erhebung festgestellten geringen Abweichung zur Handzählung von 10% ist eine Kalibration nicht zwingend erforderlich.
- Der Aufwand für die Datenauswertung ist vergleichbar mit den anderen Technologien.

Kosten

- Miete des Geräts: 1450.- CHF
- Installationspauschale: 2700.- CHF
- Installationseinrichtung: 600.- CHF (Hebebühne)
- Kosten für die Benutzung der Datenplattform: 500.- CHF
- Kauf des Geräts: Keine Angaben des Anbieters
- Datenzugriff: Keine Angaben des Anbieters

Infrarotkamera der Universität Lausanne

Bei diesem Gerät handelt es sich um eine Infrarotkamera. Die Kamera zeichnet ein Video im Infrarotspektrum auf und speichert diesen Film auf eine SD-Speicherkarte. Danach wird in einem Rechenzentrum mittels Bildanalyse die Auswertung vorgenommen. Um nicht zu viele Bilder ohne Verkehr aufzuzeichnen, kann die Kamera so konfiguriert werden, dass ein Bewegungsmelder die Filmaufzeichnung startet. Bei diesem Gerät handelt es sich um einen Prototyp.

Installation

- Installation an einem Pfosten in ca. 2 m Höhe
- Grösse des Gerätes 21 cm hoch, 11 cm breit und 7.5 cm tief
- Die maximale Erfassungsbreite für einen Sensor beträgt 12 m.
- Installation erfolgte durch eine Person und dauert ca. 30 Minuten
- Leiter erforderlich
- Installationsaufwand: gering

Betrieb, Durchführung der Zählung

- Das Gerät erforderte während der Erhebungszeit mehrere Einsätze, um die Batterie und die Speicherkarte zu tauschen
- Aufgrund der Montagehöhe besteht leichte Vandalismusgefahr; das Gerät ist relativ klein.
- Das Gerät hatte während 4 Wochen mehrere Unterbrüche. Einerseits gab es technische Ausfälle (das Problem ist der Universität Lausanne bekannt und es wird daran gearbeitet). Zudem gab es Ausfälle, weil die Speicherkarte schneller als erwartet voll war. Einmal löste sich nach dem Wechsel von Batterie und Speicherkarte beim Verschliessen des Gehäuses die Verbindung zur Batterie.
- Die Daten werden auf eine Speicherkarte gespeichert und sind erst nach der Auswertung verfügbar.
- Eine Unterscheidung von Fussgänger/innen und Fahrzeugen ist möglich.
- Die Richtungen werden getrennt erfasst.
- Eine Kontrollzählung ist erforderlich, um Fehler bei der Einrichtung oder von unerwünschten Fremdeinflüssen festzustellen.

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Die Daten werden auf einem Server der Universität Lausanne ausgewertet und als Viertelstundenwerte geliefert.
- Erfassungsausfälle sind das grössere Problem als die Erfassungsgenauigkeit.
- Der Aufwand für die Datenauswertung ist vergleichbar mit den anderen Technologien.

Kosten

- Miete des Geräts: 1050.- CHF inkl. Auswertung und Installation

- Kauf des Geräts: 1576.- CHF (ohne Installationszubehör)
- Auswertung: 0.40 CHF pro Stunde

Zusammenfassender Vergleich der verschiedenen Systeme

Der nachfolgende Vergleich bezieht sich auf die zentrale Fragestellung dieser Piloterhebung. Welche Technologien eignen sich für die Zählung des Fuss- und Veloverkehrs auf einem Querschnitt mit hohen Frequenzen.

	Pyrobox & Induktionsschlaufen	Laser	Infrarotkamera
Installation	<ul style="list-style-type: none"> • batteriebetrieben • kein Einrichten einer Zähllinie nötig • geringer Aufwand (Nur Pyrobox) 	<ul style="list-style-type: none"> • Installation mit Hebebühne • Stromversorgung erforderlich • Aufwändiges Einrichten der Zähllinie • Aufwand hoch 	<ul style="list-style-type: none"> • Installation mit Leiter • Kein Einrichten einer Zähllinie nötig • Aufwand gering
Durchführung der Zählung	<ul style="list-style-type: none"> • kein Unterhalt erforderlich • Gefahr eines Unterbruchs in der Zählung wegen parkierten Fz • Vandalismusgefahr vorhanden • Unterscheidung von FV und VV durch kombinierten Einsatz von Pyrobox und Induktionsschlaufen 	<ul style="list-style-type: none"> • kein Unterhalt erforderlich • Gefahr eines Unterbruchs in der Zählung wegen Sonnenstoren • Unterscheidung von verschiedenen Verkehrsarten 	<ul style="list-style-type: none"> • Regelmässiges Austauschen von Akku und Speicherkarte • Gefahr eines Unterbruchs in der Zählung wegen leerem Akku oder voller Speicherkarte • technische Unterbrüche möglich • Unterscheidung von verschiedenen Verkehrsarten
Datenbereinigung	<ul style="list-style-type: none"> • Kalibrierung zwingend erforderlich • anwenderfreundliche Datenplattform 	<ul style="list-style-type: none"> • Kalibrierung nicht notwendig • anwenderfreundliche Datenplattform 	<ul style="list-style-type: none"> • Kalibrierung nicht notwendig • Einfache gut auswertbare Datenaufbereitung
Kosten	gering	mittel	gering
Eignung als Dauerzählstelle	ja	ja	nein
Eignung für temporäre Erhebungen	Nur der Pyrosensor	Nein	Ja

7. Fazit/Schlussbemerkungen

Zusammenfassend folgendes Fazit gezogen werden:

- Alle drei Geräte können für diese Aufgabe grundsätzlich eingesetzt werden.
- Für eine Langzeiterhebung sind alle Geräte geeignet, da der einmalige Installationsaufwand nicht relevant ist. Abstriche sind einzig bei der Infrarotkamera zu machen.
- Für eine kurze Erhebungsdauer ist die Infrarotkamera wegen des geringen Installationsaufwands am besten geeignet.
- Kontrollzählungen sind unabhängig der Technologie erforderlich.
- Eine Kalibrierung der Zählraten ist bei der Pyrobox zwingend erforderlich.
- Unterbrüche in der Zählung können bei allen Geräten auftreten. Die Gefahr ist bei der Infrarotkamera am grössten.

Empfehlung an den Kanton Solothurn

Die Einrichtung einer permanenten Fussverkehrszählstelle ist an den beiden untersuchten Standorten nur schon wegen den hohen Frequenzen sinnvoll. Weil keine Ausweichrouten vorhanden sind, eignen sich Zählungen auf Brücken grundsätzlich, um Veränderungen im Fuss- und Veloverkehrsaufkommen zu erfassen.

Wir empfehlen dem Kanton Solothurn, an Zählstandorten, wo bereits Induktionsschlaufen eingerichtet sind, den Fussverkehr mit einer Pyrobox zu erheben. Wenn bei einer neuen Zählstelle ein Stromanschluss möglich ist, kann ebenfalls eine Laserzählung in Betracht gezogen werden. Von einer Laserzählstelle mit Solarpanels und Batterie raten wir ab. Für kürzere Erhebungen stellt die Infrarotkamera eine interessante Option dar. Da die Probleme vom Entwickler erkannt sind, ist zu erwarten, dass die Ausfallprobleme in der nächsten Version gelöst werden.

8. Anhang

Projektbeschreibung der Forschung



Umwelt Mobilität Verkehr



Fussverkehr Schweiz
Mobilité piétonne Suisse
Mobilità pedonale Svizzera

Daniel Sauter
Urban Mobility Research

Forschungsprojekt SVI 2017/009: Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs



Projektbeschreibung

Problemstellung

Fussverkehrsdaten können auf allen Ebenen zweckdienlich in die Planung des Fussverkehrs einbezogen werden: Modellierung, Projektierung, Unterhalt und Controlling. Die technische Entwicklung der letzten Jahre hat Fussgängerzählungen vereinfacht und bezahlbar gemacht, wobei sich die Instrumente und Methoden z.T. ergänzen und zugleich auch immer mehr überlagern. In der Praxis bildet eine evidenzbasierte Planung des Fussverkehrs jedoch weiterhin die Ausnahme. Grund dafür sind folgende Schwierigkeiten:

- ☐ Flexibles Bewegungsverhalten von Fussgängern, das Erhebung z.T. anspruchsvoller macht als bei anderen Verkehrsmitteln
- ☐ Wenige Standards zur Erhebung und Nutzung von Fussverkehrsdaten
- ☐ Fragmentierte, projektbezogene Datengrundlage
- ☐ Systematische, permanente Erhebung des Fussverkehrs erst im Aufbau
- ☐ Komplexe technologische Entwicklungen im Bereich der Zählsysteme

Projektziel

Das Forschungsprojekt SVI 2017/009 adressiert diese Probleme und zeigt auf, wie die Planung des Fussverkehrs anhand von Zähldaten evidenzbasierter erfolgen kann. Ziel ist es, praxisorientierte Hinweise für die konkrete Vorbereitung, Durchführung und Aufbereitung von Zählungen zu erarbeiten.

Forschungsfokus

Es besteht ausgewiesener Forschungsbedarf zu den auf dem Markt verfügbaren Technologien, zu Erhebungsorten und erforderlicher Zählstellendichte sowie zur Art und Weise, wie die Daten in die Planung einfließen können.

Dazu werden Grundlagen für verschiedene Planungsphasen (übergeordnete Planung, Detailplanung, Monitoring) und Anwendungsbereiche (Modellierung, Projektierung von Anlagen, Wirkungsanalysen) erarbeitet. Weiter wird eine Übersicht über geeignete Erhebungstechnologien und deren Anwendungsbereiche erstellt.

Der räumliche Fokus des Forschungsprojektes liegt dabei auf öffentlichen Räumen im Siedlungsgebiet und den Schnittstellen des öffentlichen Verkehrs. Es werden heute marktfähige Technologien betrachtet und Grundlagen für Bedürfnisse auf allen Ebenen (Bund, Kantone, Agglomerationen, Städte und Gemeinden) erarbeitet.

Vorgehen

Das Forschungsprojekt SVI 2017/009 gliedert sich in drei Phasen:

In Phase 1 werden relevante Planungsfragen und der Datenbedarf eruiert, verfügbare Technologien systematisch zusammengestellt, vorhandene Daten und Projekte evaluiert und eine Synthese erstellt.

In Phase 2.1 werden **Piloterhebungen** mit interessierten Partnern durchgeführt. Dabei wird anhand ausgewählter Praxistests die Handhabbarkeit konkreter Fragestellungen möglichst mit unterschiedlichen Technologien vergleichend getestet. Ziel ist die Beantwortung offener Fragen und die systematische Sammlung von Erfahrungen zu konkreten Anwendungen. Die Erhebung soll zugleich auch für die Partner-Orte nützlich sein.

In Phase 2.2 werden mittels grösserer Datenbestände Erkenntnisse (z. B. Hochrechnungsfaktoren, Ganglinien nach Siedlungstypologie und Wegzwecken, der Wettereinfluss) überprüft und aktualisiert. Ziel ist es, Empfehlungen zur Verknüpfung verschiedener Datenquellen und zur Aufarbeitung von Zählungen zu formulieren.

Phase 3 beinhaltet die Erarbeitung des Forschungsberichtes, der den aktuellen Stand der Forschung zusammenfasst, neue Erkenntnisse zeigt und Empfehlungen für die Vorbereitung, Durchführung und Aufbereitung von Fussverkehrszählungen formuliert.

Nutzen

Das Forschungsprojekt SVI 2017/009 mit den darin eingeschlossenen praxisorientierten Empfehlungen soll die Hürden für Erhebungen des Fussverkehrs senken und zwar auf zwei Arten. Einerseits können folgende Resultate direkt in der planerischen Praxis verwendet werden:

- Hilfestellung zur Vorbereitung, Durchführung und Aufbereitung von Erhebungen
- Technologie-Übersicht und spezifische Eignung in der Planungspraxis
- Übersicht zur Verwendung und Kombination von verfügbaren Datensätzen

Andererseits wird mit der Veröffentlichung des Forschungsberichts eine breite Gruppe von Fachleuten in Verwaltung, Planung und der Wirtschaft für Bedeutung und Nutzen der Erhebungen des Fussverkehrs sensibilisiert. Das Forschungsprojekt SVI 2017 leistet so einen Beitrag dazu, die Planung des Fussverkehrs evidenzbasierter zu gestalten.

Forschungsteam

Pestalozzi & Stäheli GmbH – Umwelt, Mobilität, Verkehr

Christian Pestalozzi, Projektleitung, dipl. Ing. ETH/SIA, Verkehrsingenieur SVI

Andreas Stäheli, dipl. Bauing. FH, Verkehrsingenieur SVI, Raumplaner NDS/FH

Vera Conrad, dipl. Ing. Raumplanung, Dr.-Ing.

Matthias Mahler, BA Geografie

Fussverkehr Schweiz

Thomas Schweizer, dipl. Geograf, Verkehrsingenieur SVI

Dominik Bucheli, dipl. Geograf

Urban Mobility Research

Daniel Sauter, lic. phil. I, Soziologe, Büroinhaber