



Erholungsmonitoring Grün Stadt Zürich

«Proof of concept» für ein flächendeckendes Erholungsmonitoring im
Projektperimeter *Hürstwald* unter Einbezug verschiedener
Erfassungsmethoden

Erholungsmonitoring Grün Stadt Zürich

«Proof of concept» für ein flächendeckendes Erholungsmonitoring im
Projektperimeter *Hürstwald* unter Einbezug verschiedener
Erfassungsmethoden

Dezember 2021

Schlüsselwörter: Erholung, Stadtwald, Besuchermonitoring, Mobilfunk, Strava

Bild Titelseite: Waldweg in den *Hürstwald* (Quelle: Marvin Bürgin)

Auftraggeber:
Grün Stadt Zürich
Beatenplatz 2
8001 Zürich

Mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
und der Stadtentwicklung Zürich (STEZ)

Autoren:
Adrian Hochreutener, Martin Wyttenbach, Daniel Sauter

Projektbearbeitung seitens Grün Stadt Zürich:
Marvin Bürgin, Projektleitung
Nina Dähler, Projektsachbearbeitung
Wiebke Fonseca, Projektsachbearbeitung

Copyright © 2021
Forschungsgruppe Umweltplanung, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
ZHAW Wädenswil

Begriffsdefinitionen

Automatische Zählgeräte	Geräte, welche an einem Standort automatisch Passagen von Besuchenden erfassen. Im Rahmen dieses Projekts wurden Geräte eingesetzt, welche Velos und Fussgänger unterscheiden können (Kombizähler) und solche, welche ausschliesslich das Total erfassen (Pyroboxen).
Besuchermanagement	Instrument zur Regulierung von Besucherströmen, insbesondere in Schutz- und Erholungsgebieten. Ziel ist die Erhaltung sowie das gleichzeitige Erlebarmachen des Gebiets. Grundlage für das Management ist neben naturräumlichen Gegebenheiten ein Besuchermonitoring.
Besuchermonitoring	Wiederholte systematische Erhebung und Auswertung von Kennzahlen und Verhalten von Besuchenden in naturnahen Umgebungen (auch Erholungsmonitoring genannt).
Monitoringkonzept	Zusammenstellung und Beschreibung möglicher Methoden zur Durchführung eines Besuchermonitorings.
Naherholungsgebiet	Naturnahe Gebiete in Städten oder Agglomerationen, welche der Bevölkerung zur Erholung dienen, die einfach und schnell erreichbar sind.
Strava	Plattform und App, mit der sportliche Leistungen wie Joggen oder Radfahren aufgezeichnet und veröffentlicht werden können.
Swisscom	Mobilfunkanbieter mit dem grössten Marktanteil in der Schweiz.

Zusammenfassung

Wälder sind multifunktional, fast 50 % der Schweizer Bevölkerung besuchen Wälder ein bis zweimal pro Woche zur Erholung. In den letzten Jahren und auch während der aktuellen Covid-19 Pandemie haben urbane Grünräume diesbezüglich weiter an Bedeutung gewonnen. Solide Zahlen zur Nutzung der Gebiete durch Besuchende sind hilfreich, damit Ressourcen gezielt für den Unterhalt eingesetzt werden können, das Besucherlebnis optimiert werden kann, sowie allfällige negative Auswirkungen der Besuchenden auf die Natur vermindert werden können. Grün Stadt Zürich (GSZ) hat daher in einem «proof of concept» ein Besuchermonitoring unter Einbezug verschiedener Erfassungsmethoden im *Hürstwald* in Zürich-Seebach durchgeführt, um die Möglichkeiten und Grenzen eines solchen Monitorings zu untersuchen.

Während eines Jahres wurden die Erholungssuchenden im *Hürstwald* im Rahmen einer Vollerfassung mittels automatischen Zählstellen registriert, welche oftmals in Besuchermonitorings eingesetzt werden. Parallel dazu wurden Mobilfunkdaten von Swisscom und Strava (Plattform und App zur Aufzeichnung sportlicher Leistungen) bezogen. Diese drei Datenquellen wurden einzeln aufbereitet und anschliessend statistisch miteinander verglichen. Es wurde untersucht, unter welchen Umständen Mobilfunk- sowie Strava-Daten mit Daten von automatischen Zählstellen verglichen werden können.

Die Resultate zeigen, dass sich die Strava-Daten im *Hürstwald* sowohl räumlich als auch zeitlich sehr gut mit den Daten der automatischen Zählstellen vergleichen liessen. Aggregierte Daten (Kalenderwoche, Gebietstotal) waren besser vergleichbar als die höher aufgelösten (einzelne Tage und Standorte). Die Muster der Swisscom-Daten waren weder zeitlich noch räumlich mit den Daten der Zählstellen übereinstimmend. Die Grössenordnung der drei Erfassungsmethoden unterschied sich deutlich; während Swisscom ca. 65 % der Passagen gemäss den Zählstellen erfasste, wurden auf Strava nur 2 % erfasst.

Nur wenn bekannt ist, wie viele Menschen wann und wo im Wald unterwegs sind, können angemessene Managemententscheidungen getroffen und begründet werden. Auf der Grundlage der vorliegenden Studie empfehlen wir für das Besuchermonitoring im *Hürstwald* und anderen stadtnahen Wäldern den Einsatz von Strava-Daten in Kombination mit einigen automatischen Zählstellen zur verlässlichen Berechnung der Besuchszahlen. In einem nächsten Schritt sollte das Besuchermonitoring ausgebaut werden und naturräumliche Gegebenheiten einbezogen werden. Dank diesen Daten kann abgeleitet werden, welchen Einfluss die Besuchenden auf die Natur haben. Schliesslich erlauben konkrete und positive Besucherlenkungsmassnahmen im Rahmen eines Besuchermanagements die angemessene Nutzung des Stadtwaldes sowie die Koexistenz verschiedenster Nutzergruppen.

Abstract

Forests are multifunctional. In Switzerland, almost 50 % of the Swiss population visit forests one to two times a week for recreation. In recent years, including the current Covid-19 pandemic, urban green spaces have continued to gain importance. Solid visitor numbers are needed in order to optimise the use of maintenance resources, to improve the visitor experience and to mitigate possible negative impacts of visitors on nature. Grün Stadt Zürich (GSZ) has therefore started a visitor monitoring “proof of concept” in the *Hürstwald* near Zurich, using three monitoring methods to investigate the possibilities and limits of such a monitoring.

Over the course of a year, the recreationists in the *Hürstwald* were registered using automatic counting stations, which are often used in traditional visitor monitorings. In parallel, mobile phone data was obtained from Swisscom and Strava (platform and app for recording sporting performance). These three data sources were processed individually and then statistically compared with each other. The goal was to investigate under which circumstances and how mobile phone data could replace data from automatic counting stations.

The results show that the Strava data compare very well with the data from the automatic counting stations, both spatially and temporally. Aggregated data (calendar week, total area) were more comparable than data with higher resolution (single days and sites). The Swisscom data were neither temporally nor spatially comparable with the data from the counting stations. The magnitude of the three monitoring methods differed significantly. While Swisscom recorded about 65 % of the passages according to the counting stations, Strava recorded only about 2 %.

Appropriate management decisions can only be made and justified if the number of visitors in a forest and their visiting times and locations are known. Based on the present study, we recommend for visitor monitoring in the *Hürstwald* and other forests close to the city the use of Strava data in combination with some automatic counting stations to reliably calculate the number of visitors. In a next step, visitor monitoring should be expanded and environmental parameters could be included. Thanks to these data, the environmental impact of recreational use in the area can be estimated. Finally, specific and positive visitor guidance measures within the framework of visitor management allow the appropriate use of the urban forest and the coexistence of different user groups.

Inhaltsverzeichnis

Begriffsdefinitionen	I
Zusammenfassung	II
Abstract	III
1 Einleitung	2
1.1 Ausgangslage	2
1.2 Fragestellung und Ziele	3
2 Methoden	3
2.1 Perimeter und Erhebungszeitraum	3
2.2 Datenerhebung und -beschaffung	4
2.3 Datenauswertung	5
3 Resultate	6
3.1 Datengrundlage	6
3.2 Kennzahlen zu den Zählstellen	10
3.3 Statistische Analyse der Zusammenhänge	15
4 Diskussion	19
4.1 Resultate im Kontext	19
4.2 Schlussfolgerung	21
4.3 Ausblick	21
Abbildungsverzeichnis	23
Tabellenverzeichnis	24
Quellenverzeichnis	24
Anhang	26

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Freizeitaktivitäten in der Natur (u. a. Radfahren, Joggen, Spazieren usw.) sind in der Schweiz sehr beliebt. In den letzten Jahren wurde so viel Sport betrieben wie noch nie und das vermehrt draussen. Sportarten unter freiem Himmel wurden 2019 von der Schweizer Bevölkerung sogar am häufigsten ausgeführt, vor allem abends. Gesundheit, das Draussen-Sein sowie die Entspannung und der Stressabbau waren wichtige Motive (Lamprecht et al., 2020). In urbanen Räumen sind naturnahe Gebiete und Wälder wichtige Aufenthaltsorte für Familien und betreute Kindergruppen. Ausserdem dienen sie als Spiel- oder Erholungsorte (Picknicken, Ausruhen usw.) sowie der Gesundheitsförderung (BAFU, 2019; Marusakova et al., 2019). Die aktuelle Covid-19 Pandemie hat diese wichtige Bedeutung von Naherholungsgebieten noch weiter verstärkt (Wunderlich et al. in Aas et al., 2021; O'Brien, 2021). So waren während des Lockdowns im Frühjahr 2020 (16.3. – 11.5.) an ausgewählten Wegabschnitten im Sihlwald unter der Woche so viele Personen unterwegs wie normalerweise an einem Wochenendtag (unpublizierte Ergebnisse, pers. Mitteilung Ronald Schmid). Während den Sommermonaten 2020 war der Nutzungsdruck in den Zürcher Naherholungsgebieten ungebrochen hoch (*Corona-Sommer: Zürcher Naherholungsgebiete boomen*, 2020, Tele Züri) und die Stiftung Landschaftsschutz forderte mehr naturnahe Naherholungsgebiete im Mittelland (Stiftung Landschaftsschutz Schweiz, 2020). Auch die wissenschaftliche Gemeinde zeigte wie sich Freizeit und Erholung im Wald (Derks et al., 2020; Wolf & Wilkes, 2020) und das individuelle Bewegungsverhalten geändert haben (Baur, 2021; Molloy, 2021; Purves et al., 2020).

Mit der Bedeutung der Naherholungsgebiete steigt auch der Druck auf Natur und Umwelt sowie die Bedeutung des Gebietsmanagements. Verlässliche Zahlen zur Nutzung von Naherholungsgebieten durch Besuchende stellen solide Planungsgrundlagen dar, um Ressourcen optimal einzuteilen und das Besucherlebnis zu optimieren. Besuchende können auch negative Einflüsse auf Wildtiere (Botsch et al., 2018; Graf et al., 2018; Hochreutener et al., in prep.; Larson et al., 2016; Rupf, 2016; Sato et al., 2013), den Boden, die Vegetation, die Infrastruktur oder die Landschaft (Rupf, 2016) haben. Dank der Kenntnis zur Nutzung von Naherholungsgebieten durch Besuchende können diese negativen Einflüsse und auch potentielle Konflikte zwischen Besuchenden quantifiziert (Clivaz et al., 2013) und im besten Fall minimiert werden (Ankre et al., 2016; Rupf et al., 2014). Verlässliche und gebietspezifische Zahlen zur Art und Intensität der Freizeitnutzung versachlichen die oftmals emotionalen Diskussionen um Nutzen und Schützen und dienen dem Gebietsmanagement als verlässliche Entscheidungsgrundlage.

Grün Stadt Zürich (GSZ) hat die Forschungsgruppe Umweltplanung der ZHAW und Urban Mobility Research im Folgenden damit beauftragt, ein Besuchermonitoring im Rahmen einer Vollerfassung¹ durchzuführen und auszuwerten (die Datenerfassung wurde von Grün Stadt Zürich durchgeführt). Das Besuchermonitoring beschränkt sich auf den *Hürstwald* in der Stadt Zürich (Kapitel 2.1). Das Besuchermonitoring *Hürstwald* ist in zwei Module aufgebaut. In der Machbarkeitsstudie fand die Konzeption inklusive einmonatiger Datenerfassung und Auswertung statt. Die konzeptionelle Datenvergleichbarkeit konnte da aufgezeigt werden. Die Vergleichbarkeit der Daten war für längere, zusammengefasste Zeiträume deutlicher als für einzelne Tage und bei einer gebietsweisen Zusammenfassung verbesserte sich die Vergleichbarkeit weiter. Als Fazit der Machbarkeitsstudie wurde die Übertragbarkeit der Daten der automatischen Zählstellen auf die Mobilfunkdaten für grundsätzlich möglich gehalten (siehe dazu den Bericht zur Phase A: Hochreutener et al., 2020). Im vorliegenden Bericht wurden die Daten über ein Jahr erfasst und vertieft ausgewertet. Der vorliegende Bericht bildet den Abschluss der Vollerfassung über ein Jahr und zeigt die abschliessenden Ergebnisse der Datenvergleiche aus dem *Hürstwald*.

¹ Hinweis: Auch bei einer Vollerfassung können nicht alle Besuchenden erfasst werden. Im Kapitel 2.1 sind die Methoden zur Vollerfassung beschrieben.

1.2 Fragestellung und Ziele

Im *Hürstwald* soll geprüft werden, inwiefern sich neue Erfassungsmethoden für ein Besuchermonitoring eignen. Dazu wird untersucht, wie und ob sich Daten von lokalen Zählstellen mit Daten von den Drittanbietern Swisscom und Strava vergleichen lassen. Das Ziel des Projekts ist es, über den Zeitraum von einem Jahr (September 2020 – August 2021), herauszufinden wie genau sich die Daten untereinander vergleichen lassen, was die Vor- / Nachteile sowie die jeweiligen Grenzen sind. Es werden auch detaillierte Aussagen zu den einzelnen Standorten gemacht und es wird diskutiert unter welchen Bedingungen sich die Drittdaten für ein Besuchermonitoring eignen und ob sie die Daten der automatischen Zählstellen ersetzen können.

Folgende spezifischen Fragestellungen sollen in diesem Zusammenhang beantwortet werden:

- Wie sind die **Grössenordnungen** der Mobilfunk- und Mobilitätsdaten, wie gross ist die Streuung dieser und wie nah sind diese an den Zählmengen der automatischen Zählstellen?
- Wie sind die Zählzeiten der drei Erfassungsmethoden **zeitlich** verteilt und gibt es dabei Zusammenhänge?
- Wie sind die Zählzeiten der drei Erfassungsmethoden **räumlich** verteilt und gleichen sich die drei Muster?
- Gibt es **statistisch nachweisbare Zusammenhänge** zwischen den drei Erfassungsmethoden?

2 Methoden

2.1 Perimeter und Erhebungszeitraum

In der vorliegenden Studie wurde vom 1. September 2020 bis am 31. August 2021 eine Vollerhebung der Besucherfrequenzen im Testperimeter, dem nördlichen Teil des *Hürstwaldes*, vorgenommen.

Im Perimeter sind sowohl lineare Infrastrukturen wie Waldwege als auch flächige Erholungsinfrastrukturen, wie die *Hürstwiese*, enthalten. An allen offiziellen Eingängen (unterhaltene Wege) in den Wald wurde ein lokales Zählgerät installiert (siehe Kapitel 2.2; Abbildung 1). Damit wurden alle Besuchenden, welche den Perimeter betraten, erfasst (= Vollerfassung). Ergänzend zu den automatischen Zählstellen wurden für den Perimeter Daten zu den Besucherfrequenzen von Swisscom und Strava (siehe Kapitel 2.1) bezogen.

Während der Vollerfassung waren die Folgen der Covid-19 Pandemie in der Schweiz (u.a. Reisebeschränkungen, temporäre Schliessungen von Gastronomie, Fitnessstudios usw.) für viele Personen spürbar und die Bedeutung der Naherholungsgebiete steigerte sich (siehe auch 1.1). Die Besuchszahlen könnten daher, verglichen mit anderen Jahren, höher ausgefallen sein (siehe Kapitel 1.1). Die Pandemie hatte jedoch keinen Einfluss auf die in dieser Studie durchgeführten Datenvergleiche. Am frühen Morgen des 13. Juli 2021 zog der Gewittersturm Berndt über Zürich und richtete im Wald grosse Schäden an. Grün Stadt Zürich hat die Bevölkerung aufgefordert die Umgebung von Bäumen, wenn möglich zu meiden und informierte, dass Gefahrenzonen kurzfristig gesperrt werden (Stadt Zürich, 2021). Teile des *Hürstwaldes* waren nicht passierbar und zwei Zählstellen wurden beschädigt (siehe Kapitel 2.2).

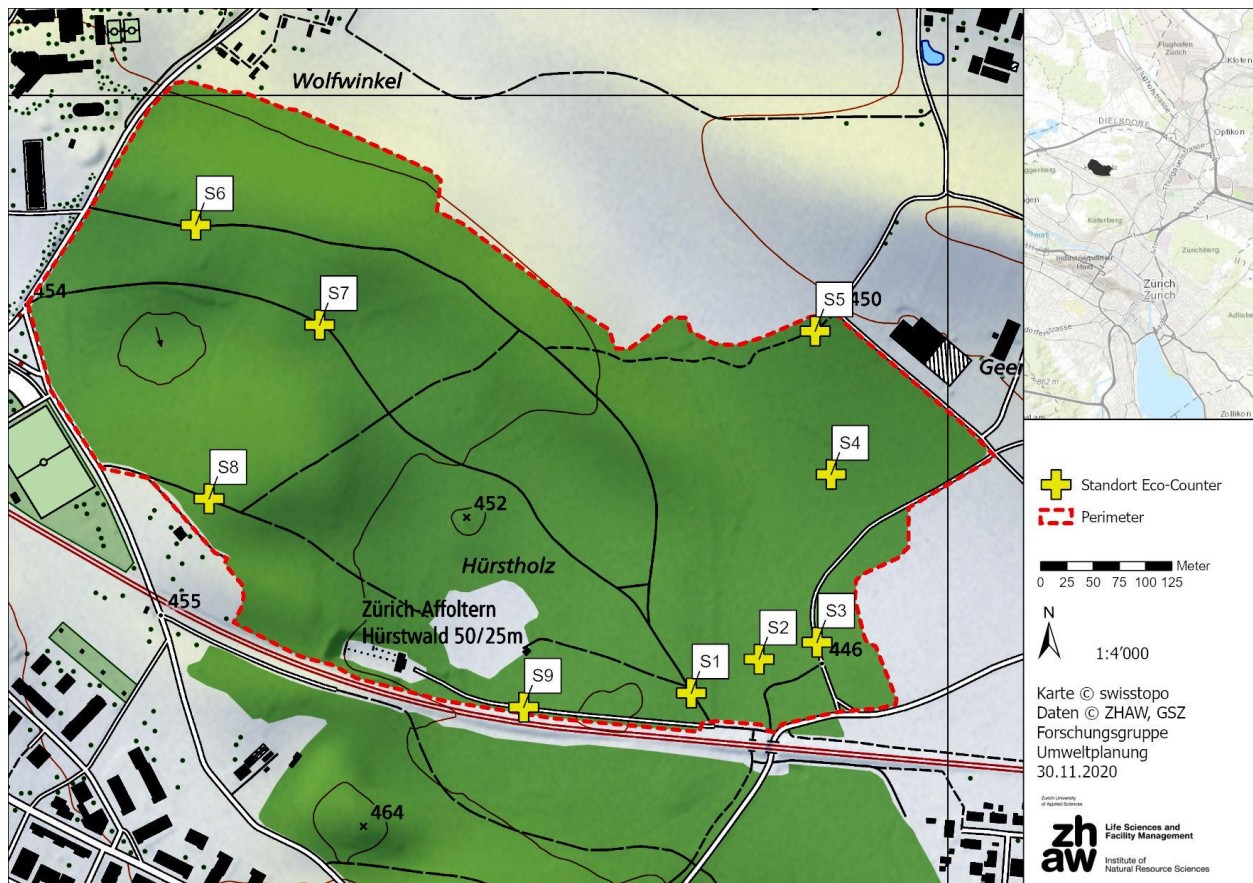


Abbildung 1: Lage des Hürstwaldes in Zürich (kleine Karte) sowie der Perimeter und die Übersicht der mit automatischen Zählstellen untersuchten Standorte (geodata © swisstopo; Koordinaten sowie verwendete Swisscom-Kacheln siehe Anhang S. 27).

2.2 Datenerhebung und -beschaffung

Automatische Zähldaten

Die Daten zu den Besucherfrequenzen im Perimeter wurden mit neun automatischen Zählstellen der Firma Eco-Counter erhoben; Sie dienten als Vergleichsbasis zu den Drittdaten und erfassten stündlich und richtungstrennt die effektiven Passagen in und aus dem Projektgebiet an allen wichtigen Eingängen in den Hürstwald (Abbildung 1). Die Daten wurden täglich via Mobilfunk (GSM) an einen Server übermittelt, von dem sie abgerufen werden konnten. Es wurden zum einen Pyroboxen (Infrarotzähler; <https://www.eco-comp-teur.com/en/produits/pyro-range/pyro-box/>) eingesetzt, welche erfassten Passagen, sobald eine Bewegung einen genügend grossen Temperaturunterschied zur Umgebung aufwies. An drei Standorten wurden zusätzlich Velos gezählt. Diese Kombizählgeräte (<https://www.eco-compteur.com/de/produits/multi-personen-fahrradzaehler/multi-natur/>) waren zusätzlich zu den Infrarotschranken mit Induktionsschleifen ausgestattet, welche die metallenen Felgen von Velos erkennen. Die Schleifen waren während der Aufnahmeperiode mit Ausnahme von Standort 3 nicht zu sehen (Fotos siehe Anhang 27). Die eingesetzten Zähler erfassen keine Personendaten und sind deshalb datenschutzrechtlich unproblematisch. Weil die Geräte horizontal zählen, kann es zu sogenannten Überdeckungen kommen, wenn sich zwei oder mehr Personen gleichzeitig vor dem Gerät vorbeibewegen. Dies kann zu einer Unterschätzung der realen Zahl von Passagen führen, v. a. an Orten mit vielen Freizeitnutzenden und hohen Frequenzen, da dort der Anteil der Personen zu zweit oder in Gruppen grösser ist als z. B. im Pendelverkehr. Dieser Fehler ist systematisch. Somit kann mittels Kalibrierungszählungen eine gute Annäherung an die realen Werte erzielt werden (siehe dazu Anhang, S. 27).

An den Standorten 1 und 3 wurden am Freitag, 21. August 2020, am Sonntag 27. Juni 2021 und am Mittwoch, 25. August 2021 Referenzzählungen von einigen Stunden durchgeführt. Die Daten des Zählers zeigten die oben erwähnte, systembedingte Unterzählung. Sie betrug zwischen -10 % und -30 %, was im üblichen Rahmen liegt. Die Genauigkeit des Geräts selbst war hoch (im Bereich der vom Hersteller genannten +/- 6 %, sofern man die Richtungen nicht berücksichtigt). Während der Untersuchungsperiode kam es aufgrund von Vandalismus mehrfach zu Datenlücken. Aus diesem Grund wurde bei den Standorten 1 und 3 zwei weitere Zählgeräte (Pyroboxen) für eine Doppelabdeckung installiert. Die Daten wurden daher aufbereitet und die fehlenden Werte soweit möglich manuell ergänzt, korrigiert und kalibriert. Die Dokumentation dazu ist im Anhang, S. 27 aufgeführt.

Der Sturm vom 13. Juli 2021 zerstörte an den Standorten 1 und 3 an den automatischen Zählstellen die Infrastruktur zur Erfassung der Velos, was daher im Juli und August zu keinen verwertbaren Velozählungen geführt hat. Zudem haben Vandalismus und technische Probleme bereits ab 13. Juni 2021 zu Ausfällen an den beiden Velozählstellen 1 und 3 geführt. Deshalb wurden für den ganzen Zeitraum die Daten der am gleichen Ort zusätzlich installierten Pyroboxen verwendet (siehe unten Kapitel 2.1). Dadurch konnten die Velos nicht separat ausgewiesen werden, sie sind aber im Total enthalten. Für die Zeit während der die Daten vollständig vorhanden sind, beträgt der Anteil der Fahrräder am Gesamtaufkommen an Standort S1 knapp 28 % und an Standort S3 knapp 15 %.

Das detaillierte Vorgehen der Datenauswertung ist im Anhang, S. 34 aufgeführt.

Mobilfunkdaten Swisscom

Swisscom verfügt über anonymisierte und aggregierte Mobilfunkdaten ihrer Kunden und stellt diese entgeltlich zur Verfügung. Die Mobilfunkdaten von Swisscom basieren auf nord-süd ausgerichteten Kacheln mit einer Seitenlänge von 100 m. Diese Kacheln enthalten als Attribut die stündliche und die tägliche Summe an Passagen. Da bei den vorliegenden Auswertungen nur der Langsamverkehr im *Hürstwald* von Interesse war, wurden Passagen ausgeschlossen, die sich weniger als 15 Sekunden in einer Kachel aufgehalten haben (Beispielsweise vorbeifahrende Autos oder Personen im Zug). Swisscom gibt an, dass ihre Daten repräsentativ für die Gesamtbevölkerung seien. Der Marktanteil von Swisscom ist bei der Berechnung berücksichtigt. Wenn sich pro analysierten Zeitabschnitt (Stunde / Tag) weniger als 20 Personen in einer Kachel aufgehalten haben, werden diese aus Datenschutzgründen nicht angezeigt (k-Anonymität). Die Zählmenge pro Kachel zeigt die geschätzte Anzahl Passagen im beobachteten Zeitintervall an. Zur Genauigkeit der Daten (mittlerer Fehler horizontale [geografische] Abweichung) im *Hürstwald* kann keine Angabe gemacht werden. Der mittlere Fehler über die ganze Schweiz liegt bei 150 m; In städtischen Gebieten wie dem *Hürstwald* sollte sie kleiner sein (Swisscom, 2020). Damit lediglich Personen gezählt wurden, welche sich mit grosser Wahrscheinlichkeit effektiv im Wald aufgehalten haben, wurden die Randkacheln restriktiv eingegrenzt.

Das detaillierte Vorgehen der Datenauswertung ist im Anhang, S. 34 aufgeführt.

Mobilitätsdaten Strava

Strava ist eine Plattform und App, mit der sportliche Leistungen wie Joggen oder Radfahren aufgezeichnet und untereinander verglichen werden können. Die EntwicklerInnen werten die aufgezeichneten Routen aus und stellen die Frequenzen auf ausgewählten Wegabschnitten VerkehrsplanerInnen kostenlos zur Verfügung. Die Strava-Daten für FussgängerInnen und VelofahrerInnen sind aggregiert zu Halbtagen (a.m. = 24:00 – 11.59 Uhr, p.m. = 12.00 – 23.59 Uhr) und zu Tagen verfügbar. Sie stellen keine absoluten Werte dar. Auf der Plattform werden nur Personen erfasst, die ihre Daten freigeben. Die Zählzahlen werden auf den nächsten vielfachen Wert von 5 gerundet. Wenn im betreffenden Zeitabschnitt weniger als 3 Personen auf einem Edge (von Strava definierter Wegabschnitt) unterwegs waren, werden diese nicht angezeigt. Damit möglichst wenig Daten verloren gehen, wurden die Auswertungen mit den Tagesdaten der FussgängerInnen und VelofahrerInnen addiert durchgeführt. Diese Daten wurden von den Wegabschnitten, an denen automatische Zählstellen positioniert waren, aus dem online-Interface exportiert und analysiert.

Das detaillierte Vorgehen der Datenauswertung ist im Anhang, S. 34 aufgeführt.

2.3 Datenauswertung

Das methodische Vorgehen, Begriffe im Zusammenhang mit der Statistik sowie die Berechnung von Kennzahlen, statistischen Modellen und das Darstellen der Ergebnisse ist im Anhang, S. 34 beschrieben.

3 Resultate

3.1 Datengrundlage

Automatische Zählgeräte

Im Untersuchungszeitraum vom 1. September 2020 bis am 31. August 2021 wurden durch die neun automatischen Zählstellen insgesamt 661'123 Passagen erfasst. Im *Hürstwald* wurden durch die Zählgeräte im Durchschnitt täglich 1'811, maximal 5'031 Passagen erfasst. Im April 2021 wurden mit knapp 80'000 Zählungen am meisten Passagen registriert (Tabelle 1). Mit insgesamt 180'000 Passagen war der Standort 1 am stärksten frequentiert (Tabelle 2).

Mobilfunkdaten Swisscom

Gemäss den Swisscom-Daten wurden während der Untersuchungsperiode in den zu den neun automatischen Zählstellen korrespondierenden Kacheln 465'621 Passagen gezählt. Über das ganze Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 1'735'718 Passagen gezählt (Mehrfachzählungen möglich, da absolute Summe pro Kachel angegeben). In den korrespondierenden Kacheln wurden durch die Swisscom im Durchschnitt täglich 1'176, maximal 1'875 Passagen erfasst. Im August 2021, nach dem Sturm Berndt, wurden mit knapp 50'000 Zählungen am meisten Passagen registriert (Tabelle 1). Mit insgesamt 100'000 Passagen war der Standort 8 am stärksten frequentiert (Tabelle 2).

Die Zählwerte in den Kacheln kamen in räumlichen Clustern vor. Während im Waldesinneren (z. B. Hürstwiese) die Werte relativ gesehen tief sind, sind sie entlang des westlichen Waldrandes in Siedlungsnähe (Fussballplatz) sowie entlang des nördlichen Waldrandes (Zufahrt und Restaurant Waidhof), deutlich höher (Abbildung 7).

Neben den Tagesdaten standen in dieser Studie ebenfalls Daten auf Stundenbasis zur Verfügung. Die nicht-aggregierten Daten der Swisscom zeigen im Tagesverlauf an den beispielhaften Standorten 1,3 und 8 jeweils kein vergleichbares Muster mit den Daten der automatischen Zählstellen. Dazu wurde der Durchschnitt der stündlichen Passagen berechnet und für die beiden Erfassungsmethoden geplottet. Während der stündliche Durchschnitt am Standort 1 und 3 gemäss den Swisscom-Daten (fast) immer bei null blieb, stieg er gemäss den automatischen Zählstellen auf bis zu 50 und zeigte ein für Naherholungsgebiete typisches Muster mit der Nutzungsspitze nachmittags ab 14 Uhr. Am Standort 8 fand durch die Swisscom hingegen eine bis zu 3-fache Überzählung statt. Das Nutzungsmuster ist dort annähernd vergleichbar (Abbildung 2). Auch die räumliche Verteilung stimmt unter Verwendung der Stunden-Daten nicht besser mit jener gemäss der automatischen Zählstellen überein (siehe Anhang S. 36).

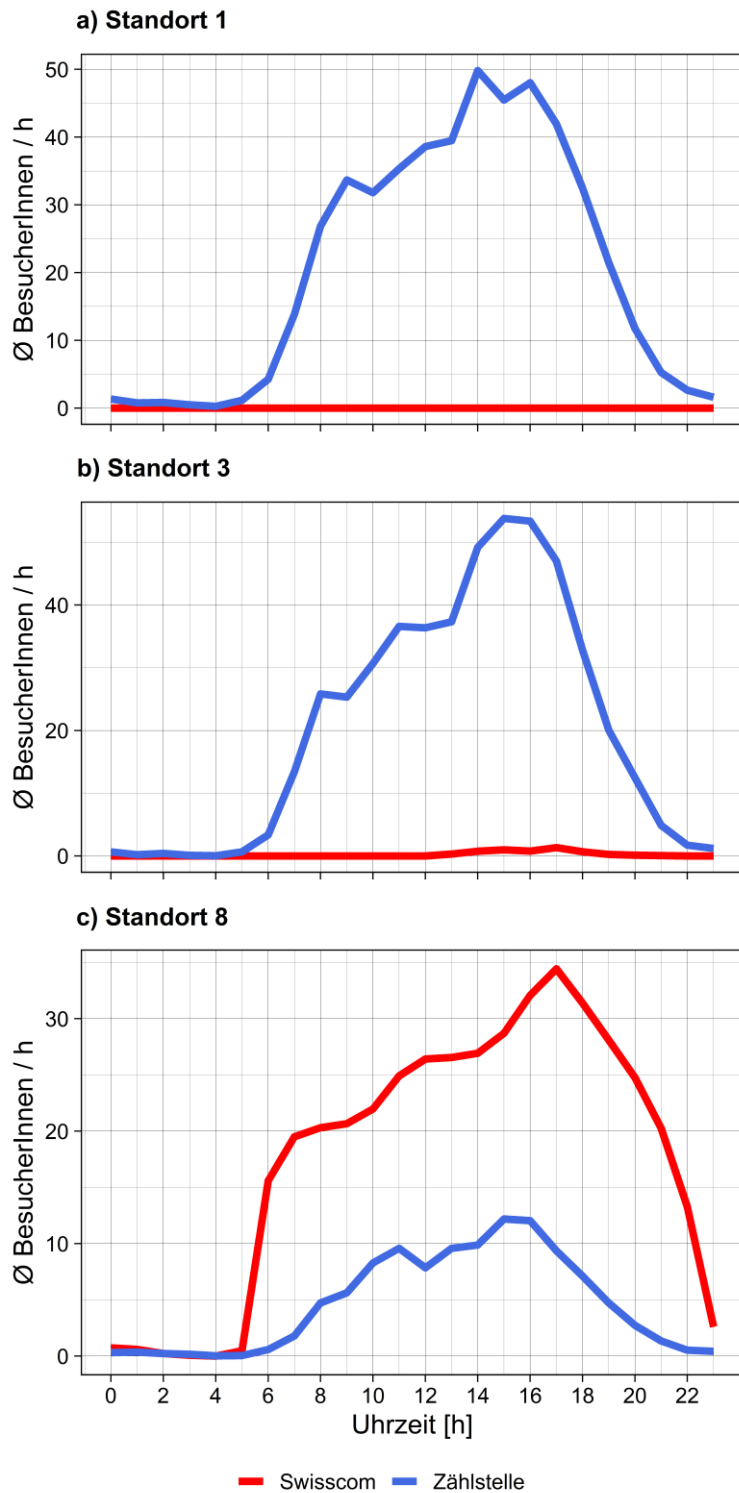


Abbildung 2: Tagesgänge der durchschnittlichen Nutzung gemäss den automatischen Zählstellen und den Swisscom-Daten an drei beispielhaften Standorten 1, 3 und 8 im Untersuchungsgebiet.

Mobilitätsdaten Strava

An den neun untersuchten Standorten wurden während der Untersuchungsperiode durch Strava etwa 12'000 Passagen erfasst. Das entspricht im Durchschnitt täglich 36, maximal 105 Passagen. Im April 2021 wurden mit knapp 2'000 Zählungen am meisten Passagen registriert (Tabelle 1).

Voraussetzung der statistischen Tests

Die durchgeführten statistischen Tests (siehe Anhang, S. 34) gehen von Normalverteilung sowie Varianzhomogenität aus. Wenn diese nicht gegeben ist, kann die Aussagekraft der Modelle beeinträchtigt sein. Die Häufigkeitsklassen (Histogramm) aller drei Erfassungsmethoden folgen einer leicht rechtsschiefen Normalverteilung (die häufigsten Werte sind niedrig). Statistische Tests (Delignette-Muller & Dutang, 2015; Komsta & Novomestky, 2015) bestätigen, dass die Daten mehrheitlich der Normalverteilung folgen, respektive alternative Verteilungen nur marginal besser sind. Die Varianzen sind beinahe homogen und die Aussagekraft der statistischen Modelle somit gut.

Grössenordnung und Streuung der täglichen Zählmengen

Die Verteilungen der Häufigkeitsklassen der drei untersuchten Erfassungsmethoden unterscheiden sich deutlich voneinander. Die Häufigkeitsklassen der automatischen Zählstellen folgen einer ziemlich flachen Kurve, wobei Klassen zwischen 1'000 und 3'000 am häufigsten waren. Die Swisscom-Daten folgen einer relativ regelmässigen Glockenkurve mit Zentrum um 1'200 Zählungen pro Tag, während die Strava-Daten bei weniger als 50 Passagen pro Tag deutlich akzentuiert sind (Abbildung 3).

Die drei Erfassungsmethoden unterscheiden sich auch in der Grössenordnung der täglichen Zählmengen für den ganzen Perimeter deutlich; die täglichen Zählmengen der automatischen Zählgeräte streuen zudem stark (relative Streuung = 269 %). Die Spannweite reicht dabei von etwas mehr als 100 bis mehr als 5'000 Passagen pro Tag. Die Streuung der Swisscom-Daten ist mit 95 % deutlich kleiner. Die Spannweite geht von knapp 700 bis mehr 1'900 Passagen pro Tag. Die Strava-Daten schliesslich zeigen mit 323 % die stärkste Streuung. Hier geht die Spannweite von 0 bis maximal 100 Passagen pro Tag und überlappt sich damit nicht mit den anderen beiden Erfassungsmethoden (Abbildung 4, links).

Die automatischen Zählstellen zeigen einen deutlichen Wochengang, wobei Samstage und Sonntage im Mittel stärker frequentiert waren als Werktage. Weder bei den Swisscom- noch den Strava-Daten ist ein solcher Wochengang erkennbar (Abbildung 4, rechts).

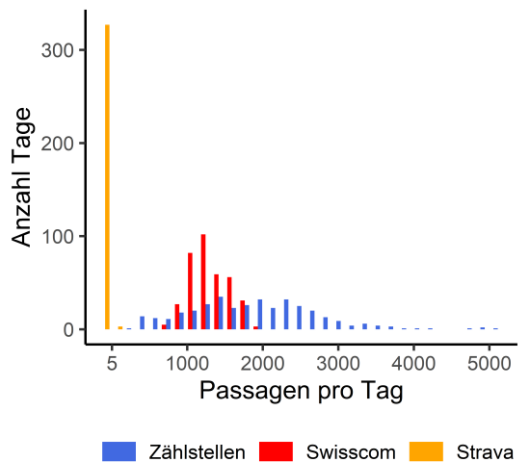
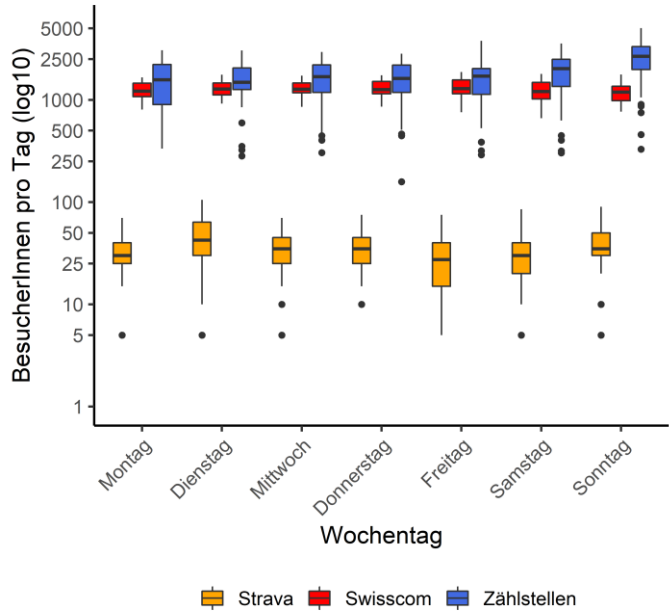
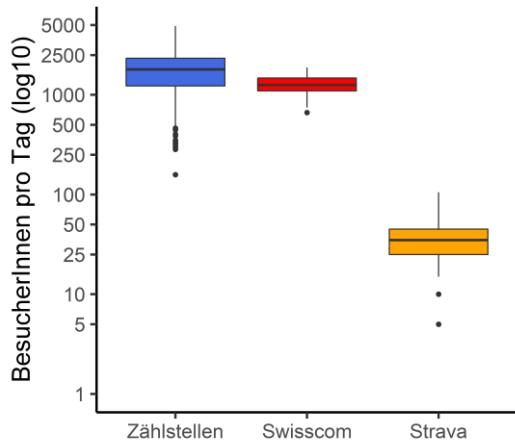


Abbildung 3: Verteilung der Zählmengen pro Tag auf Häufigkeitsklassen. Lesebeispiel: an etwas weniger als 100 Tagen wurden durch die Swisscom gut 1000 Passagen im *Hürstwald* erfasst.

Abbildung 4: Streuung der täglichen Zählmengen nach Erfassungsmethode für alle Wochentage zusammen (**links**) und unterteilt nach Wochentag (**rechts**). Inkl. Median [fetter Querstrich], Bereich in dem 50 % der Werte liegen [Box], Bereich der Whiskers [feine vertikale Linien], welche alle Werte ausser die Ausreisser [Punkte] umfassen. Hinweis: die y-Achse ist log10 transformiert.



3.2 Kennzahlen zu den Zählstellen

Zeitliche Zusammenhänge: Numerische Vergleiche im Jahresverlauf

Gemäss den automatischen Zählstellen waren die Monate September (2020), April und Juni (2021) am stärksten frequentiert, wobei pro Monat maximal 79'714 Passagen registriert wurden. Die am stärksten frequentierten Monate decken sich gemäss den Swisscom-Daten im April und im Juni, nicht aber im September. Die Strava-Daten weisen den April ebenfalls als am stärksten frequentiert aus, die beiden weiteren Monate decken sich aber nicht. Swisscom erfasste zwischen 55 und 160 % der monatlichen Nutzung, welche die automatischen Zählstellen registrierten. Bei Strava lag dieser Anteil bei ungefähr 2 % (Tabelle 1).

Tabelle 1: Anzahl nach Erfassungsmethode und prozentualer Anteil der Drittdaten an den automatischen Zählstellen pro Monat im Untersuchungsgebiet während dem Untersuchungszeitraum. Bei allen Erfassungsmethode sind die drei am stärksten frequentierten Monate fett gedruckt.

Monat	Anzahl automatische Zählstelle	Anzahl Kachel Swisscom	Anteil Swisscom / automatische Zählstelle [%]	Anzahl Wegabschnitt Strava	Anteil Strava / automatische Zählstelle [%]
9	68'128	38'612	56.68	~1000	~1
10	57'415	35'777	62.31	~1000	~1
11	58'550	33'912	57.92	~1000	~2
12	40'489	31'237	77.15	~1000	~2
1	40'221	30'729	76.40	<1000	~2
2	51'277	30'959	60.38	~1000	~2
3	67'064	39'787	59.33	~1500	~2
4	79'714	43'872	55.04	<2000	~2
5	67'135	41'445	61.73	~1500	~2
6	69'513	47'879	68.88	~1000	~2
7	31'468	43'102	136.97	<1000	~1
8	30'149	48'310	160.24	<1000	~2
Total pro Jahr	661'123	465'621	-	~12'000	-

Zeitliche Zusammenhänge: Entwicklungen nach Erfassungsmethode im Jahresverlauf

Da sich die Grössenordnungen der drei Erfassungsmethoden deutlich voneinander unterscheiden, wurden zur besseren Visualisierung lineare Regressionen berechnet und die wöchentliche Zählmengen der Swisscom- und Strava-Daten mit der bestimmten Steigung multipliziert (siehe Kapitel 3.3). Die so visualisierten wöchentlichen Zählmengen der drei Erfassungsmethoden folgen alle mehr oder weniger einem ähnlichen Muster, wobei in den Wochen im Frühjahr bis im Sommer (KW 7-25) die Nutzung allgemein relativ hoch und im Winter relativ tief war. Die Ganglinien der Strava-Daten stimmt optisch besser mit jener der automatischen Zählstellen überein als diejenige der Swisscom-Daten. Zum Beispiel brach die Nutzung gemäss automatischen Zählstellen und Strava nach dem Sturm am 13. Juli deutlich ein. In den Swisscom-Daten wurde dieser Einbruch kaum abgebildet (Abbildung 5).

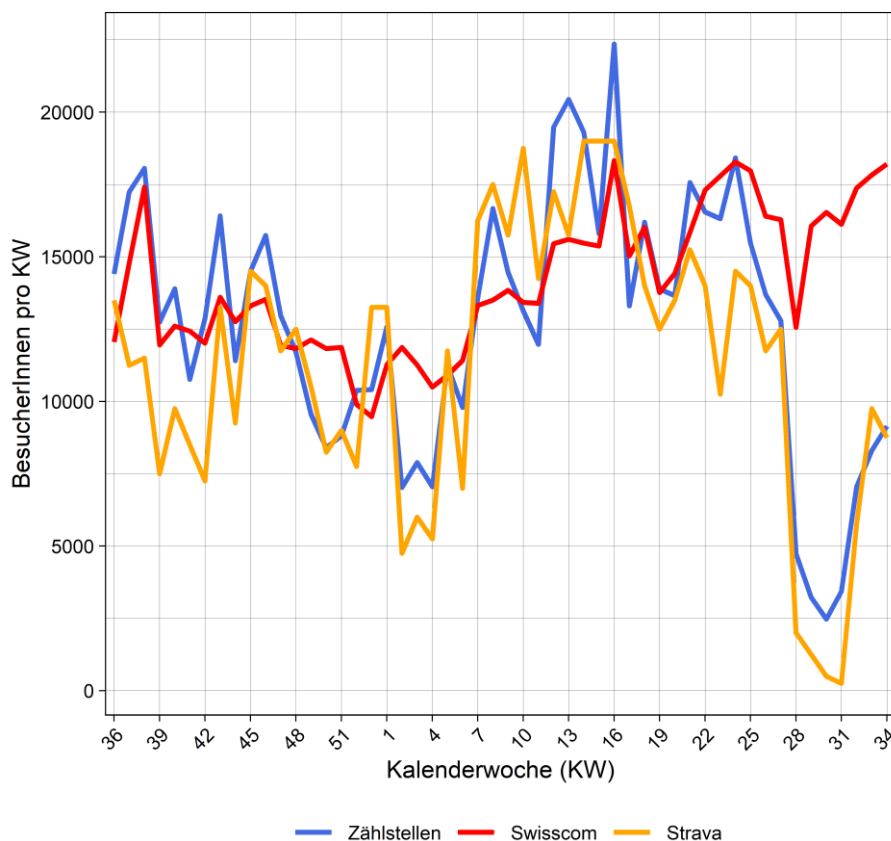


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der für das Gebiet aufsummierten wöchentlichen Zählmengen der automatischen Zählstellen, der Swisscom-Daten sowie der Strava-Daten. Die wöchentlichen Zählmengen der Swisscom- und Strava-Daten sind gemäss der berechneten Steigung im linearen Modell durch den Nullpunkt multipliziert (Swisscom = 0.63, Strava = 0.02); die y-Achse zeigt die effektiven Werte der automatischen Zählstellen an. Diese Berechnungen werden im Kapitel 3.3 erklärt. Die unskalierte Abbildung ist im Anhang, S. 37 gezeigt.

Unterteilt nach Kalenderwoche und Wochentag ist auch hier bei allen drei Erfassungsmethoden ein deutliches saisonales Muster erkennbar. Im Frühjahr war die Nutzung höher als in den Winterwochen (siehe dazu auch Tabelle 1 und Abbildung 5). Allerdings zeigen ausschliesslich die Daten der automatischen Zählstellen und jene von Strava auch einen (mehr oder weniger deutlich) sichtbaren Wochengang. Gemäss den Zählstellen ist die relative Nutzung jeweils an Sonntagen am höchsten. Die Strava-Daten zeigen dies ebenfalls, wobei auch Dienstag eine hohe relative Nutzung auswies. Der Einbruch in der relativen Nutzung ab der KW 28 nach dem Sturm Berndt (13. Juli) ist hier ebenfalls nur bei den Daten der automatischen Zählstellen und den Strava-Daten sichtbar (Abbildung 6).

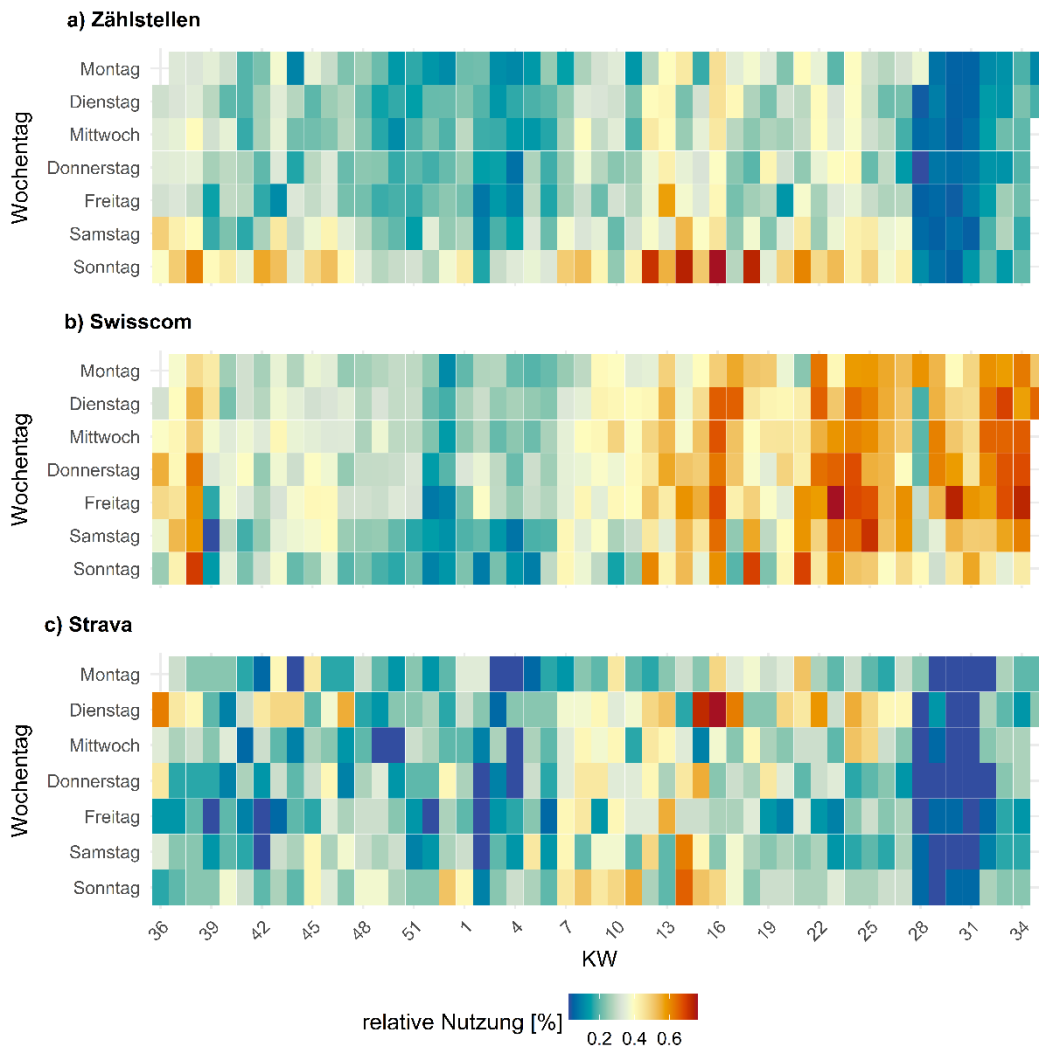


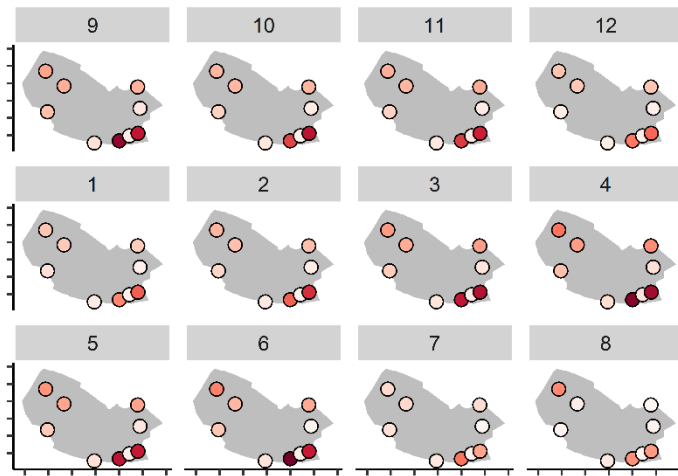
Abbildung 6: Zeitlicher Verlauf der im *Hürstwald* aufsummierten täglichen Zählmengen der automatischen Zählstellen, der Swisscom-Daten sowie der Strava-Daten. Blaue Farben zeigen eine geringe relative Nutzung, Rote eine intensivere.

Räumliche Zusammenhänge: Verteilung der monatlichen Zählmengen

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die zeitlichen Zusammenhänge für das Gebietstotal zwischen den drei Erfassungsmethoden beschrieben wurden, werden in diesem Kapitel raumzeitliche Zusammenhänge an den neun Standorten betrachtet (Abbildung 7). Während dem Erhebungszeitraum waren die Standorte 1 und 3 gemäss den automatischen Zählstellen mit teilweise mehr als 20'000 Passagen an allen Monaten am stärksten frequentiert. Der Standort 8 wurde mit weniger als 10'000 monatlichen Passagen relativ schwach frequentiert. Auch gemäss den Strava-Daten wurden die Standorte 1 und 3 mit 200 bis mehr als 400 Passagen an allen Monaten stark, der Standort 8 mit weniger als 100 Passagen schwach frequentiert. Auch der Standort 6 (nordwestlich) wies im Frühjahr eine hohe Begehung auf. Diese raumzeitlichen Muster spiegeln sich in den Swisscom-Daten nicht wieder. Hier wurde der Standort 8, respektive der westliche Waldrand mit bis zu mehr als 9'500 monatlichen Passagen während allen Monaten des Erhebungszeitraums am stärksten frequentiert². Auch der nördliche Waldrand zeigte (v.a. im Juli und August) eine hohe absolute Nutzung, welche so in den anderen beiden Erfassungsmethoden nicht festgestellt werden konnte. Der Standort 1 wurde mit weniger als 5'500 monatlichen Passagen gemäss den Swisscom-Daten eher schwach begangen.

² Die Abweichung am Waldrand, insbesondere am Standort 8, war deutlich. Aus diesem Grunde wurde der Standort 8 für die Berechnung des Modells, welches die Swisscom-Passagen pro Woche in Abhängigkeit der automatischen Zählstellen beschreibt, ausgeschlossen. Dieser Ausschluss verbesserte weder die Aussagekraft des Modells (erklärte Varianz = 89 %, Steigung = 0.50) noch zeigte sich eine Verbesserung der wöchentlichen Jahresganglinie.

a) Zählstellen

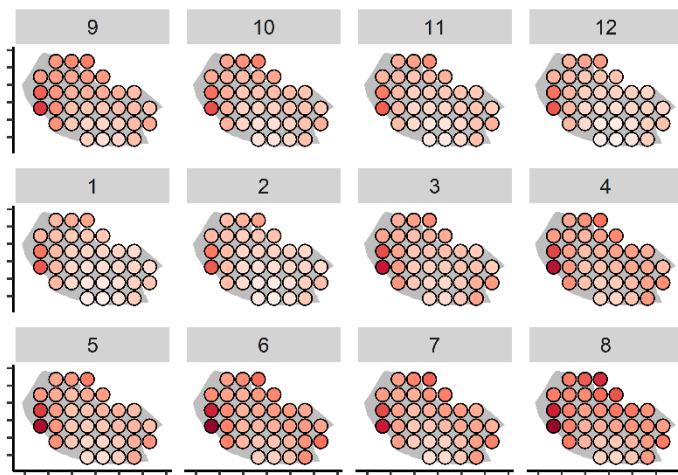


Anzahl pro Monat

- <5000
- 5'000-9'999
- 10'000-14'999
- 15'000-19'999
- >20'000

Abbildung 7: Räumliche Verteilung der absoluten Nutzung im *Hürstwald* pro Monat (Zahl im grauen Balken [9 = September]). Gemessen durch die automatischen Zählstellen (a), Strava (b) und Swisscom (c). Weisse Punkte zeigen eine geringe absolute Nutzung während rote Punkte eine Intensive absolute Nutzung an dem betreffenden Standort und Monat zeigen. Hinweis: die Skalen der Legenden unterscheiden sich für alle drei Erfassungsmethoden.

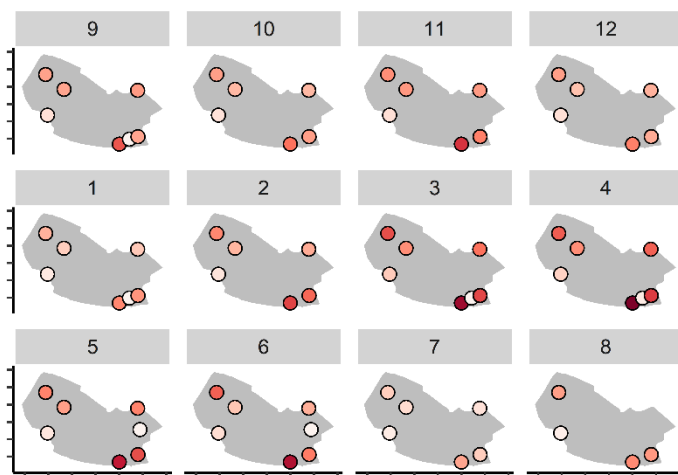
b) Swisscom



Anzahl pro Monat

- <3'500
- 3'500-5'499
- 5'500-7'499
- 7'500-9'499
- >9'500

c) Strava



Anzahl pro Monat

- <100
- 100-199
- 200-299
- 300-399
- >400

Räumliche Zusammenhänge: Numerische Vergleiche an den Standorten

Gemäss den automatischen Zählstellen sowie Strava sind die Standorte 1, 3 und 6 am stärksten frequentiert (Abbildung 7 und Tabelle 2). Laut den Swisscom-Daten sind die Kacheln an den Standorten 2, 6 und 8 am meisten begangen. Swisscom erfasste zwischen 20 (Standort 1) und 533 % (Standort 2) der detektierten Passagen der automatischen Zählstellen. Strava erfasste in der Regel weniger etwa 5 % der Zählmenge gemäss den automatischen Zählstellen (Tabelle 2; die Anzahl Passagen pro Standort sind gemäss den AGB von Strava maskiert).

Tabelle 2: Anzahl nach Erfassungsmethode pro Standort und prozentualer Anteil der Drittdaten an den automatischen Zählstellen im Untersuchungsgebiet während dem Untersuchungszeitraum. Bei den Zählstellen und den Swisscom-Daten sind die drei am stärksten frequentierten Standorte **fett** gedruckt.

Standort	Anzahl automatische Zählstelle	Anzahl Kachel Swisscom	Anteil Swisscom / automatische Zählstelle [%]	Anzahl Wegabschnitt Strava	Anteil Strava / automatische Zählstelle [%]
1	178'510	36'838	20.64	-	~2
2	9'723	51'901	533.8	-	~0.5
3	177'974	50'036	28.11	-	~1.5
4	11'892	48'493	407.78	-	~0
5	69'565	46'031	66.17	-	~2.5
6	88'183	58'441	66.27	-	~2.5
7	66'522	45'135	67.85	-	~2
8	39'971	99'714	249.47	-	~1.5
9	18'783	29'032	154.57	-	~0
Total pro Jahr	661'123	465'621	-	~12'000	-

3.3 Statistische Analyse der Zusammenhänge

Zusammenhänge im gesamten Hürstwald

Tägliche Vergleiche (Abbildung 8)

- Die täglichen Zählmengen der **automatischen Zählstellen** und jene der **Strava** für das gesamte Untersuchungsgebiet hängen gemäss dem linearen Modell sehr schwach (Steigung = 0.01) und hoch signifikant (p-Wert < 0.001) miteinander zusammen. Das beste Modell (gem. ANOVA) basiert auf 365 Datenpunkten und erklärt 37 % der Varianz. Der mittlere quadratische Fehler des Modells (RMSE) beträgt 16.07. Er ist damit kleiner als die Standardabweichung (20.32). Der Zusammenhang wird auch durch die Korrelation bestätigt (Pearson's product-moment: 0.611, p-Wert < 0.001).
- Die täglichen Zählmengen der **automatischen Zählstellen** und jene der **Swisscom** für das gesamte Untersuchungsgebiet hängen gemäss dem linearen Modell sehr schwach (Steigung = 0.08) und hoch signifikant (p-Wert < 0.001) miteinander zusammen. Das beste Modell basiert auf 365 Datenpunkten und erklärt 7 % der Varianz. Der mittlere quadratische Fehler des Modells (RMSE) beträgt 242.44. Er ist damit nur leicht kleiner als die Standardabweichung (251.84). Der Zusammenhang wird auch durch die Korrelation bestätigt (Pearson's product-moment: 0.266, p-Wert < 0.001).

Die Aussagekraft ist verglichen mit den wöchentlichen Modellen aufgrund der grossen Streuung der Daten geringer. Die Werte zu den statistischen Modellen sind im Anhang S. 38, Tab. i gezeigt.

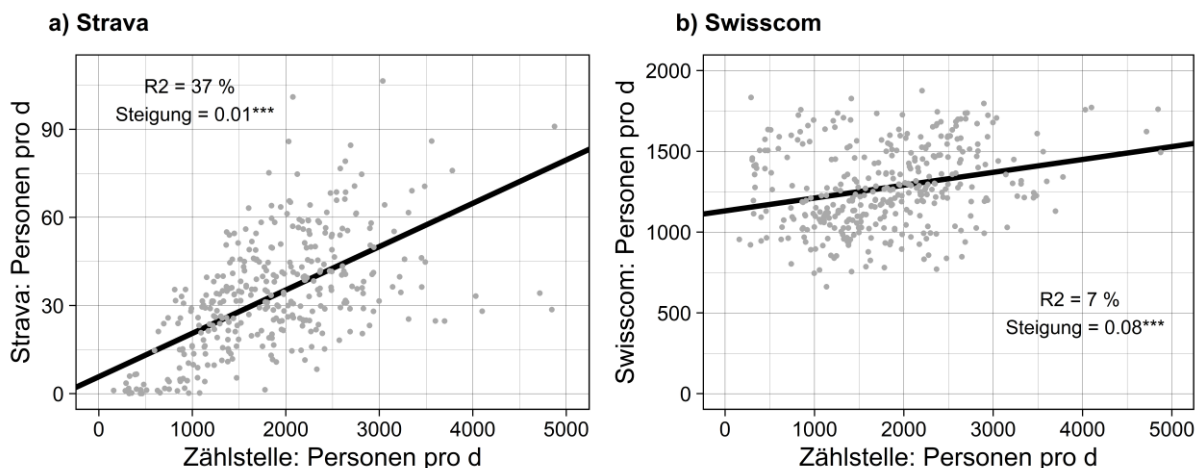


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen den **täglichen** Zählmengen (graue Punkte) der automatischen Zählstellen und jener gemäss Strava (a) und Swisscom (b). Die schwarze Linie ist die Regressionsgerade gemäss dem besten Modell.

Wöchentliche Vergleiche (Abbildung 9)

- a) Die wöchentlichen Zählmengen der **automatischen Zählstellen** und jene der **Strava** für das gesamte Untersuchungsgebiet hängen gemäss dem linearen Modell sehr schwach (Steigung = 0.02) und hoch signifikant (p-Wert < 0.001) miteinander zusammen. Das beste Modell basiert auf 52 Datenpunkten und erklärt 71% der Varianz. Der mittlere quadratische Fehler des Modells (RMSE) beträgt 50.45. Er ist damit halb so gross wie die Standardabweichung (95.67). Der Zusammenhang wird auch durch die Korrelation bestätigt (Pearson's product-moment: 0. 846, p-Wert < 0.001).

- b) Die täglichen Zählmengen der **automatischen Zählstellen** und jene der **Swisscom** für das gesamte Untersuchungsgebiet hängen gemäss dem linearen Modell sehr schwach (Steigung = 0.11) und signifikant (p-Wert < 0.027) miteinander zusammen. Das beste Modell basiert auf 52 Datenpunkten und erklärt 8 % der Varianz. Der mittlere quadratische Fehler des Modells (RMSE) beträgt 1456.33. Er ist damit fast so gross wie die Standardabweichung (1544.53). Der Zusammenhang wird auch durch die Korrelation bestätigt (Pearson's product-moment: 0. 846, p-Wert < 0.001).

Die Werte zu den statistischen Modellen sind im Anhang S. 38, Tab. ii gezeigt.

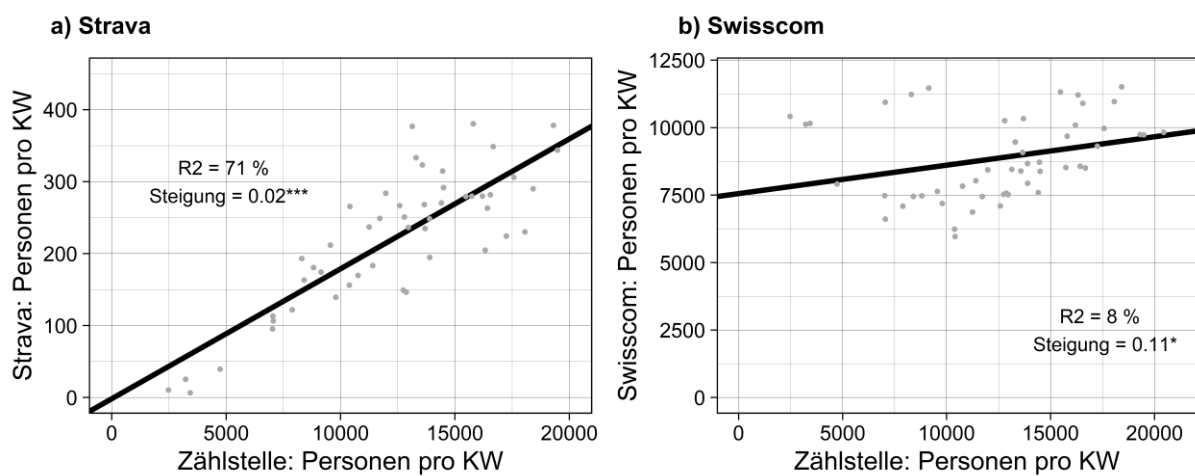


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen den Zählmengen / Kalenderwoche (graue Punkte) der automatischen Zählstellen und jener gemäss Strava (a) und Swisscom (b). Die schwarze Linie ist die Regressionsgerade gemäss dem besten Modell.

Monatliche Vergleiche (Abbildung 10)

- a) Die monatlichen Zählmengen der **automatischen Zählstellen** und jene der **Strava** für das gesamte Untersuchungsgebiet hängen gemäss dem linearen Modell sehr schwach (Steigung = 0.02) und hoch signifikant (p-Wert < 0.001) miteinander zusammen. Das beste Modell basiert auf 12 Datenpunkten und erklärt 79 % der Varianz. Der mittlere quadratische Fehler des Modells (RMSE) beträgt 141.75. Er ist damit halb so gross wie die Standardabweichung (337.35). Der Zusammenhang wird auch durch die Korrelation bestätigt (Pearson's product-moment: 0. 899, p-Wert < 0.001).

- b) Die monatlichen Zählmengen der **automatischen Zählstellen** und jene der **Swisscom** für das gesamte Untersuchungsgebiet hängen gemäss dem linearen Modell sehr schwach (Steigung = 0.07) und hoch signifikant (p-Wert < 0.001) miteinander zusammen. Das beste Modell basiert auf 12 Datenpunkten und erklärt keine Varianz (-7 %). Der mittlere quadratische Fehler des Modells (RMSE) beträgt 5978.99. Er ist damit fast so gross wie die Standardabweichung (6338.62). Der Zusammenhang wird durch die Korrelation nicht bestätigt (Pearson's product-moment: 0. 141, p-Wert p-Wert =0.5).

Die Aussagekraft ist verglichen mit den wöchentlichen Modellen aufgrund der stark zusammengefassten Zeiträume geringer. Die Werte zu den statistischen Modellen sind im Anhang S. 38, Tab. iii gezeigt.

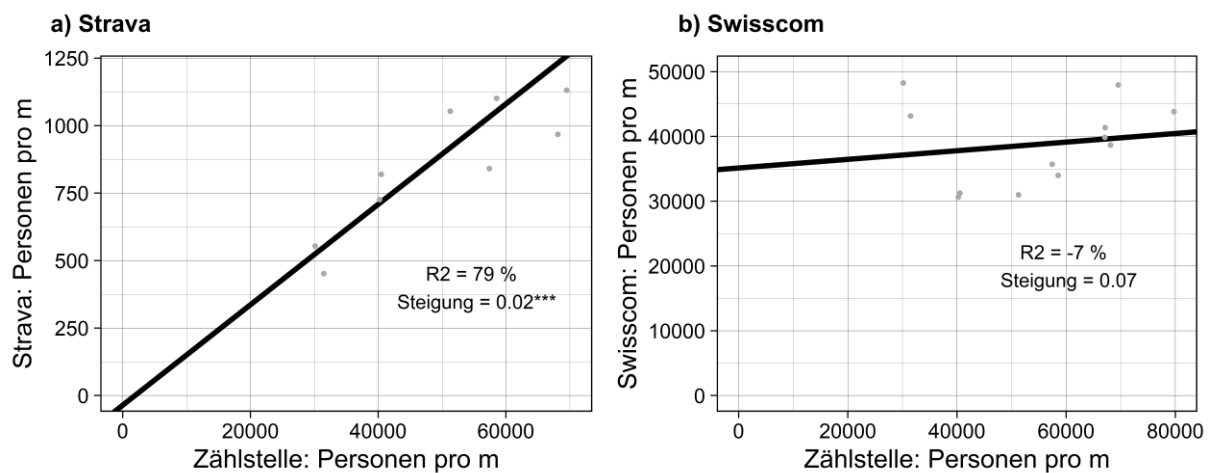


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen den Zählmengen / Monat (graue Punkte) der automatischen Zählstellen und jener gemäss Strava (a) und Swisscom (b). Die schwarze Linie ist die Regressionsgerade gemäss dem besten Modell.

Zusammenhänge an den einzelnen Standorten

An den 9 untersuchten Standorten hängen die 356 täglichen Daten der automatischen Zählstellen und jene von Strava gemäss den linearen Regressionen sehr schwach (Steigung 0.00 – 0.02) und in 8 Fällen hoch signifikant (p-Wert <0.001) miteinander zusammen. Diese Modelle erklärten im Schnitt 16 % der Varianz. Die Korrelationsberechnungen zeigen diesen Zusammenhang ebenfalls. Die wochenweise aggregierten Strava-Daten erklären mit 40 % (Durchschnitt) deutlich mehr der Varianz. Die Steigung der Modelle ist vergleichbar mit den täglichen Daten.

Die Swisscom-Daten an den Kacheln mit einer Zählstelle hängen in 6 Fällen (Steigung = 0.18 – 3.12) signifikant mit der jeweiligen zusammen (p-Wert <0.001) und erklären im Schnitt 6 % der Varianz. Die Korrelationsberechnungen stützen dies. Die Daten zu Wochen aggregiert erklären mit 12 % (Durchschnitt) etwas mehr der Varianz. Die Steigung der Modelle ist vergleichbar mit den täglichen Daten.

Die Zusammenstellung der täglichen und wöchentlichen Zusammenhänge zwischen den Daten der automatischen Zählstellen sowie den Strava- und den Swisscom-Daten an den einzelnen Standorten ist im Angang, S. 38 aufgeführt.

4 Diskussion

4.1 Resultate im Kontext

Nachdem die Rohdaten der drei Erfassungsmethoden aufbereitet wurden, liessen sich diese miteinander vergleichen. Die Anforderungen an die durchgeführten statistischen Tests wurden erfüllt. Die Aussagekraft der statistischen Berechnungen ist dank der langen Datenreihen sowie robuster Statistik solide. Strava erfasste während dem Untersuchungszeitraum im gesamten Untersuchungsgebiet etwa 2 % der Passagen der kalibrierten automatischen Zählstellen, die Swisscom (in den ausgewerteten Kacheln) etwa 65 %. Auffallend ist, dass sich die Grössenordnungen der drei Erfassungsmethoden deutlich voneinander unterscheiden (Abbildung 4). Gemäss den Zählstellen wurden im Mittel etwa 1'800 Passagen pro Tag erfasst. Das Mittel der Strava-Daten liegt bei 40, das der Swisscom-Daten bei 1'200. Auch die Häufigkeitsklassen der drei Erfassungsmethoden unterscheiden sich voneinander sowie die Nutzung des *Hürstwaldes* im Wochenverlauf. Alle drei Erfassungsmethoden zeigten die Spitze der Nutzung im Frühling und Frühsommer, v.a. im April und im Juni. Die Berechnung der linearen Zusammenhänge zwischen den drei Erfassungsmethoden auf Basis der wöchentlichen Zählmengen zeigte statistisch solide Zusammenhänge (Abbildung 8 - Abbildung 10). Dank dieser konnten die wöchentliche Zählmengen von Strava und Swisscom auf ein mit den automatischen Zählstellen vergleichbares Niveau hochgerechnet werden. Die visuelle Inspektion dieses Jahresganges zeigt deutlich, wie die Nutzung im Wald um Neujahr einbricht und dann im Frühjahr gemäss allen Erfassungsmethoden die Spitze erreicht. Es zeigen sich aber auch klare Unterschiede bei den Erfassungsmethoden. Der Einbruch um Neujahr wurde z. B. von den Swisscom-Daten nicht abgebildet und auch der viel stärkere Nutzungseinbruch nach dem Sturm in der KW 28 ist dort kaum sichtbar. Die Strava-Daten folgen der durch die automatischen Zählstellen aufgezeichneten Nutzung optisch deutlich besser (Abbildung 5).

Die räumliche Verteilung der Zählstellen-Daten zeigt, dass der süd-östliche Teil des Waldes (an den Zählstellen 1 und 3) während allen untersuchten Monaten mit bis zu mehr als 20'000 Passagen am stärksten frequentiert wurde (Abbildung 7). Das Innere des Waldes (die Zählstellen 2,4,7,8,9) wurde dagegen deutlich weniger begangen. Die nördlich gelegenen Wege (Zählstellen 5,6) zeigten im monatlichen Schnitt eine mittlere Begehung. Dieses Muster ist auch in den Strava-Daten erkennbar. Dort waren die Standorte an den Standorten 1 und 3 ebenfalls am stärksten (bis zu mehr als 400 monatliche Passagen), die Wege im Waldesinneren (2,4,5,8,9) am schwächsten frequentiert. Hingegen zeigen die Swisscom-Daten ein entgegengesetztes Bild. Gemäss dieser war der nördliche Waldrand als auch der westliche Waldrand mit bis zu mehr als 9'500 monatlichen Passagen am stärksten begangen. Die Nutzung innerhalb des Waldes nahm graduell zum südlichen Zentrum (Standort 1 und 3) hin ab. Dort wurde gemäss den anderen beiden Erfassungsmethoden die höchste Nutzung festgestellt.

Die drei eingesetzten Erfassungsmethoden haben individuelle Vor- und Nachteile und sie unterscheiden sich in Format und Auflösung. Der Aufwand für die Installation und Inbetriebnahme der automatischen Zählstellen ist recht hoch, dieser relativiert sich jedoch stark im Hinblick auf den wartungsarmen und mehrmonatigen Betrieb der Geräte. Sie liefern verlässliche Daten, es besteht aber die Gefahr von Vandalismus. Dies und ein Unwetter führten bei den automatischen Zählstellen zu Datenlücken. Dies erforderte eine mehrstufige Auf- und Vorbereitung der Daten. Der Bezug der Swisscom-Daten ist in Bezug auf die gewünschte Datenlieferung aufwendig und kostenintensiv. Sie sind jedoch gemäss Swisscom für die Gesamtbevölkerung repräsentativ und grossflächig verfügbar. Die Daten von Strava beschreiben hauptsächlich die Aktivitäten von Sportlerinnen und Sportlern, welche bereit sind, ihre Strecken aufzuzeichnen und mit anderen zu teilen. Sie sind darum grundsätzlich nicht für die Gesamtbevölkerung repräsentativ (Jestico et al., 2016; Kanton Zürich, Amt für Verkehr, 2020; Strava, 2020; Strava Inc., 2021), jedoch kostenlos auf Anfrage nahezu flächendeckend verfügbar. Wissenschaftliche Studien haben aber gezeigt, dass die räumliche Nutzung von Erholungssuchenden mit den Strava-Daten verlässlich abgebildet werden kann (Jäger et al., 2020; Jestico et al., 2016; Whitfield, 2016). Die Kombination von verschiedenen Methoden mit ihren jeweiligen Stärken kann aussagekräftige Ergebnisse liefern (Ghermandi & Sinclair, 2019; Norman & Pickering, 2019).

Generell zeigte sich, dass die entwickelten linearen Modelle für wochenweise und räumlich aggregierte Daten verallgemeinerbare, einheitlichere Ergebnisse liefern als höher aufgelöster (einzelne Tage, Standorte). Insbesondere das Modell für den wochenbasierten Vergleich der automatischen Zählstellen mit den Strava-Daten erreichte gute Aussagekraft betreffend der erklärten Varianz. Dieses Modell mit den Swisscom-Daten konnte nicht überzeugen, da sieben deutliche Ausreisser (Überzählung Swisscom) die Lage der Regressionsgeraden verzerrten. Die weitere Aggregation zu Monaten lieferte für Strava auch gute Resultate. Der Nutzen des Modells für die Praxis ist aber aufgrund der langen zusammengefassten Zeiträume begrenzt. Das Modell mit den zum Gebietstotal zusammengefassten täglichen Zählmengen der automatischen Zählstellen und der Swisscom überzeugt nicht - die Streuung war zu gross und der Nullpunkt auf der y-Achse im Modell (gemäss den automatischen Zählstellen) wurde von den Swisscom-Daten nicht erreicht. Dem Modell mit den zum Gebietstotal zusammengefassten täglichen Zählmengen der Strava-Daten liegt zwar ebenfalls eine grosse Streuung zugrunde, der Zusammenhang zur tatsächlichen Nutzung (gemäss den

automatischen Zählstellen) ist aber besser als bei den Swisscom-Daten (siehe Kapitel 3.3). Die täglichen und wochenweise aggregierten Strava-Daten stehen an acht von neun Standorten in einem guten Zusammenhang zu den Daten der automatischen Zählstellen, allerdings wird in den Modellen relativ wenig der Varianz erklärt. Bei den Swisscom-Daten war der Zusammenhang noch weniger deutlich (siehe Anhang S. 38). Auch wenn an einzelnen Standorten hochsignifikante Zusammenhänge mit den Daten der automatischen Zählstellen gefunden wurden, können diese Ergebnisse nicht verallgemeinert werden. Die Steigung der Modelle für die Standorte variiert zu stark und die erklärte Varianz ist zu gering. Somit ist es nicht möglich die Passagen an einem nicht-untersuchten Weg anhand der Swisscom-Daten zu prognostizieren.

Zusammenfassend haben wir in der vorliegenden Studie festgestellt, dass die Swisscom-Daten weder den zeitlichen Verlauf der Nutzung im *Hürstwald* noch die räumliche Verteilung realitätsnah abbilden. Auch die Verwendung von stundenbasierten Daten steigerte die Aussagekraft dieser Erfassungsmethode nicht, was in einer Machbarkeitsstudie noch vermutet wurde (siehe Abbildung 2 und Anhang, S. 36). Das gilt für die einzelnen untersuchten Standorten³ aber auch für den gesamten Untersuchungsperimeter. Die Auswertungen deuten darauf hin, dass die Siedlungsnähe (Fussballplatz, Restaurant inkl. Zufahrtstrasse) die durch Swisscom erfasste Nutzung beeinflusst. Zudem wird die Nutzung im Waldesinneren systematisch unterschätzt, was einen erneuten Versuch mit den Swisscom-Daten in einem grösseren Waldgebiet oder ausserhalb städtischer Umgebung nicht rechtfertigen lässt. Wir folgern, dass die Handynutzung im Naherholungswald zum einen nicht mit der durchschnittlichen Handynutzung übereinstimmt. Mutmasslich sind im Wald mehr Menschen ohne Handy unterwegs (z. B. Waldkindergarten und Senioren) als z. B. in Siedlungsnähe, u.a. auch auf Fussballplätzen. Da diese Basis der Swisscom-Daten somit vermutlich einen beträchtlichen Fehler ausweist, müssten auch die Hochrechnungen der Swisscom für den *Hürstwald* fehlerbehaftet sein. Zum anderen verfälscht der mittlere horizontale räumliche Fehler, welcher in der Schweiz gemäss Swisscom 150 m beträgt, die Zählstellen der Swisscom. Unsere Auswertungen legen die Vermutung nahe, dass der Fehler in Waldgebieten, wie dem *Hürstwald*, grösser als die mittleren 150 m ausfällt. Nach dem Sturm vom 13. Juli 2021 konnte z. B. das nördliche Waldareal nicht mehr betreten werden (Durchgänge im Wald durch umgestürzte Bäume versperrt; pers. Mitteilung Marvin Bürgin). Die automatischen Zählstellen an Standort 5 und 6 bilden das ab. Die Swisscom-Daten zeigten nach dem Sturm nur ein gering vermindertes Besuchsaufkommen. Es wird daher vermutet, dass die von Swisscom registrierte Nutzung, nicht die Nutzung im Wald, sondern diejenigen aus dem Siedlungsgebiet abgebildet hat. Die nächste gemäss Strava stark frequentierte Strasse liegt ca. 180 m entfernt, dazwischen befindet sich landwirtschaftliche Nutzfläche ohne Wegenetz. Eine ähnliche Situation zeigt sich an Standort 8 (siehe Abbildung 7) Damit weisen die Zahlen vermutlich nicht nur einen numerischen, sondern in kleineren Waldgebieten auch einen bedeutenden räumlichen Fehler auf.

Die Strava-Daten werden räumlich feiner aufgelöst geliefert als die Swisscom-Daten; sie erscheinen nicht in Kacheln mit 100 m Seitenlänge sondern werden aufgrund des GPS-Signals einem linearen Standort zugewiesen (Robb, 2018; Strava Inc., 2021). Der räumliche Fehler ist darum vermutlich bedeutend geringer als bei den Swisscom-Daten. Sowohl die zeitliche als auch die räumlichen Zusammenhänge mit den Daten der automatischen Zählstellen sind erwiesen, wobei sich die Grössenordnungen der Zählungen allerdings deutlich unterscheiden. Zudem stehen die Strava-Daten beinahe flächendeckend und für Planungsbehörden / -büros kostenlos zur Verfügung.

Wichtigste Aussagen der der vorliegenden Studie zur Eignung von Erfassungsmethoden in einem Stadtwald am Beispiel des *Hürstwaldes* in Zürich:

- ➔ Die Grössenordnungen der erfassten Passagen pro Standort unterscheiden sich zwischen den drei Erhebungsmethoden deutlich.
- ➔ Die räumlichen und zeitlichen Nutzungsmuster der wöchentlich und zum Gebietstotal zusammengefassten Strava-Daten sind mit den Daten der kalibrierten automatischen Zählstellen übereinstimmend.
- ➔ Die Swisscom-Daten bildeten die tatsächlichen Nutzungen im *Hürstwald* weder in zeitlicher noch räumlicher Hinsicht ab.

³ Hinweis: stark variierende Steigung der Modelle und somit keine Verallgemeinerung möglich.

4.2 Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie zeigt, dass die räumlichen und zeitlichen Muster der Strava-Daten mit den Daten der automatischen Zählstellen übereinstimmend sind. Die Vergleichbarkeit der Daten war dabei für wochenweise und zum Gebietstotal zusammengefasste Daten deutlicher als für einzelne Tage oder Standorte. Die Swisscom-Daten liessen sich grundsätzlich mit den Daten der automatischen Zählstellen vergleichen, wobei die raumzeitlichen Muster aber nicht mit der tatsächlichen Nutzung übereinstimmend sind.

In der vorliegenden Studie konnten Anforderungen an die Swisscom-Daten aus der Machbarkeitsstudie umgesetzt werden (Mindestaufenthaltsdauer in den Kacheln anpassen, Hochrechnung der Zahlen auf die Gesamtbevölkerung prüfen, Einbezug Daten auf Stundenbasis). Die Aussagekraft der statistischen Modelle ist in der vorliegenden Studie dank einem Jahr Datenaufnahme solider als in der Machbarkeitsstudie. Während in jener die Verwendung von Swisscom-Daten noch vielversprechend aussah, wurde dies in der vorliegenden Studie aufgrund der breiten Datengrundlage (längerer Betrachtungszeitraum) widerlegt.

Aus diesen Gründen empfehlen wir den Einsatz von Strava-Daten als Bestandteil des Besuchermonitorings im Naherholungswald der Stadt Zürich. Die Resultate aus dem Hürstwald können nicht vorbehaltlos auf andere Waldgebiete mit anderen Nutzungsmustern übertragen werden. Beim Einsatz von Strava-Daten für Monitorings ist es darum entscheidend jeweils auch die tatsächliche Nutzung im Wald mittels kalibrierter automatischer Zählstellen an ausgewählten Punkten zu erfassen (ebenfalls empfohlen von Strava Inc., 2021). Dies erlaubt die Berechnung von Korrelationsfaktoren und linearen Modellen, mit welchen die Strava-Daten dann flächig zu tatsächlichen Nutzungszahlen hochgerechnet werden können.

4.3 Ausblick

Wälder sind multifunktional - heute besteht eine Vielzahl von sozialen Anforderungen an den Wald und verschiedenste Nutzergruppen beanspruchen die Räume, welche früher der traditionellen Holznutzung vorbehalten waren (Wilkes-Allemann et al., 2015). Fast 50 % der Schweizer Bevölkerung besuchen Wälder ein bis zweimal pro Woche zur Erholung (Hunziker, 2012). Diese sind für die Gesundheit und die Entspannung wichtig (Lamprecht et al., 2020) und werden in Zukunft vermutlich noch bedeutsamer; unter anderem weil die Bevölkerung im Kanton Zürich weiter wachsen wird (Statistisches Amt, Kt. ZH, 2021). Auch die aktuelle Covid-19 Pandemie hat die Bedeutung von Naherholung verstärkt (Wunderlich et al. in Aas et al., 2021; O'Brien, 2021). Obwohl dieser Trend grundsätzlich begrüssenswert ist, können damit auch negative Auswirkungen einhergehen. Graf und seine KollegInnen (2018) zeigten z.B., dass Rehe in Stadtnähe, obwohl sie grundsätzlich gegenüber Menschen tolerant sind, Wege meiden. Dies schränkt ihren verfügbaren Lebensraum in Stadtwäldern, mit einem dichten Wegnetz, stark ein. Die verstärkte Nutzung in Kombination mit den neuen Nutzergruppen (u.a. Trail running, E-Mountainbike) führt vermutlich auch zu mehr sozialen Konflikten im Wald zwischen Spaziergängern, Bikenden, Personen mit Hund, ReiterInnen und Forstleuten (Wilkes-Allemann et al., 2015).

Damit die diversen Bedürfnisse und Anforderungen im Wald möglichst konfliktarm befriedigt werden können, braucht es ein evidenzbasiertes Besuchermanagement (Sato et al., 2013). Nur wenn bekannt ist, wann wie viele Menschen wo im Wald unterwegs sind, können angemessene Entscheidungen diesbezüglich getroffen und begründet werden. Dank diesen Daten kann abgeleitet werden, welchen Einfluss die Besuchenden auf die Natur haben (Cremer-Schulte et al., 2017). Mit diesem Wissen wiederum können Umstände, unter denen Nutzung und Schutz von naturnahen Gebieten miteinander vereinbar sind, definiert (Marion et al., 2016) und verschiedene Gebiete (Naturschutz, Erholung usw.; Stankey et al., 1985) ausgeschieden werden. Konkrete, v.a. positive Besucherlenkungsmaßnahmen, welche auf Nutzungszuweisungen basieren, erlauben den Schutz und die angemessene Nutzung des Stadtwaldes sowie die Koexistenz zwischen Nutzergruppen. Im Waldentwicklungsplan, in welchem eine multifunktionale Nutzung mit der Gebietsweisen Überlagerung der Vorrangfunktionen beschrieben ist, sind solche Ansätze bereits aufgegriffen. Eine Studie im Auftrag des BAFU hat zudem gezeigt, dass es im Schweizer Wald unter Einbezug der Öffentlichkeit möglich ist, mit der Gestaltung der Wege und mit waldbaulichen Massnahmen eine sanfte Lenkung der Besuchenden zu erreichen und damit die negativen Auswirkungen zu reduzieren (Dumollard et al., 2020).

Um eine flächendeckende Abschätzung der Gesamtnutzung im Zürcher Stadtwald zu machen, ist die Erstellung eines Monitoringkonzepts erforderlich, bei dem der Zürcher Stadtwald in Gebietstypen mit möglichst einheitlicher Erholungsnutzung eingeteilt wird (z.B. Uetliberg mit viel MTB Verkehr, oder Käferberg mit viel Joggen und Familienausflügen usw.). Auf der Grundlage dieser Gebietstypen kann ein griffiges Monitoringkonzept mit einem geeigneten Methodenmix zur Erfassung der BesucherInnen aufgestellt werden. Die Strava-Daten können in Kombination mit den im Gebiet verteilten automatischen Zählstellen verlässliche Daten zu den raumzeitlichen Nutzungsmustern der Besuchenden auf den Wegabschnitten liefern. Für ein besseres Verständnis der Übertragbarkeit der Strava-Daten sollten in Wäldern mit unterschiedlichen Gebietstypen Probeerhebungen durchgeführt werden, um zu prüfen wie viele Zählgeräte für eine zuverlässige Hochrechnung der Strava-Daten notwendig sind. Der Einsatz von Zählstellen erfolgt nur an ausgewählten Stellen, wodurch sich der finanzielle Aufwand gegenüber einer Vollerhebung verringert.

Gründe und Möglichkeiten zur Weiterführung des Monitorings im Stadtzürcher Naherholungswald.

- Die Naherholungsfunktion des Stadtzürcher Waldes ist bedeutend und wird in Zukunft noch wichtiger.
- Verlässliche Zahlen zur Nutzung des Waldes zeigen diese gesellschaftlichen Entwicklungen auf (z. B. Verhaltensänderung aufgrund Trends in der Freizeitnutzung), versachlichen emotionale Diskussionen und können bei politischen Entscheiden helfen.
- Ein Methodenmix könnte dabei helfen, die Freizeitnutzung im Zürcher Stadtwald auch grossflächig zu erfassen.. Dabei sollen zwischen verschiedenen Gebietstypen unterschieden werden, um der Diversität der Gebiete gerecht zu werden und ein möglichst genaues Resultat zu erhalten.
- Die Entwicklungsziele für den Zürcher Stadtwald können in einem dynamischen Besuchermanagement festgehalten werden (erlaubt Anpassungen an lokale und / oder sich ändernde Gegebenheiten). Dieses erlaubt eine evidenzbasierte, positive Besucherlenkung und die Koexistenz verschiedenster Erholungsnutzungsarten im Wald.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des <i>Hürstwaldes</i> in <i>Zürich</i> (kleine Karte) sowie der Perimeter und die Übersicht der mit automatischen Zählstellen untersuchten Standorte (geodata © swisstopo; Koordinaten sowie verwendete Swisscom-Kacheln siehe Anhang S. 27).....	4
Abbildung 2: Tagesgänge der durchschnittlichen Nutzung gemäss den automatischen Zählstellen und den Swisscom-Daten an drei beispielhaften Standorten 1, 3 und 8 im Untersuchungsgebiet.	7
Abbildung 3: Verteilung der Zählmengen pro Tag auf Häufigkeitsklassen. Lesebeispiel: an etwas weniger als 100 Tagen wurden durch die Swisscom gut 1000 Passagen im <i>Hürstwald</i> erfasst.	9
Abbildung 4: Streuung der täglichen Zählmengen nach Erfassungsmethode für alle Wochentage zusammen (links) und unterteilt nach Wochentag (rechts). Inkl. Median [fetter Querstrich], Bereich in dem 50 % der Werte liegen [Box], Bereich der Whiskers [feine vertikale Linien], welche alle Werte ausser die Ausreisser [Punkte] umfassen. Hinweis: die y-Achse ist log10 transformiert.	9
Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der für das Gebiet aufsummierten wöchentlichen Zählmengen der automatischen Zählstellen, der Swisscom-Daten sowie der Strava-Daten. Die wöchentlichen Zählmengen der Swisscom- und Strava-Daten sind gemäss der berechneten Steigung im linearen Modell durch den Nullpunkt multipliziert (Swisscom = 0.63, Strava = 0.02); die y-Achse zeigt die effektiven Werte der automatischen Zählstellen an. Diese Berechnungen werden im Kapitel 3.3 erklärt. Die unskalierte Abbildung ist im Anhang, S. 37 gezeigt.....	11
Abbildung 6: Zeitlicher Verlauf der im <i>Hürstwald</i> aufsummierten täglichen Zählmengen der automatischen Zählstellen, der Swisscom-Daten sowie der Strava-Daten. Blaue Farben zeigen eine geringe relative Nutzung, Rote eine intensivere.	12
Abbildung 7: Räumliche Verteilung der absoluten Nutzung im <i>Hürstwald</i> pro Monat (Zahl im grauen Balken [9 = September]). Gemessen durch die automatischen Zählstellen (a), Strava (b) und Swisscom (c). Weisse Punkte zeigen eine geringe absolute Nutzung während rote Punkte eine Intensive absolute Nutzung an dem betreffenden Standort und Monat zeigen. Hinweis: die Skalen der Legenden unterscheiden sich für alle drei Erfassungsmethoden.....	13
Abbildung 8: Zusammenhang zwischen den täglichen Zählmengen (graue Punkte) der automatischen Zählstellen und jener gemäss Strava (a) und Swisscom (b). Die schwarze Linie ist die Regressionsgerade gemäss dem besten Modell.	15
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen den Zählmengen / Kalenderwoche (graue Punkte) der automatischen Zählstellen und jener gemäss Strava (a) und Swisscom (b). Die schwarze Linie ist die Regressionsgerade gemäss dem besten Modell.	16
Abbildung 10: Zusammenhang zwischen den Zählmengen / Monat (graue Punkte) der automatischen Zählstellen und jener gemäss Strava (a) und Swisscom (b). Die schwarze Linie ist die Regressionsgerade gemäss dem besten Modell.	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl nach Erfassungsmethode und prozentualer Anteil der Drittdaten an den automatischen Zählstellen pro Monat im Untersuchungsgebiet während dem Untersuchungszeitraum. Bei allen Erfassungsmethode sind die drei am stärksten frequentierten Monate fett gedruckt.	10
Tabelle 2: Anzahl nach Erfassungsmethode pro Standort und prozentualer Anteil der Drittdaten an den automatischen Zählstellen im Untersuchungsgebiet während dem Untersuchungszeitraum. Bei den Zählstellen und den Swisscom-Daten sind die drei am stärksten frequentierten Standorte fett gedruckt.	14

Quellenverzeichnis

- Aas, Ø., Breiby, M., Selvaag, S. K., Eriksson, P.-A., & Børrestad, B. (2021). *The 10th MMV Conference: Managing outdoor recreation experiences in the Anthropocene—Resources, markets, innovations.*
- Ankre, R., Fredman, P., & Lindhagen, A. (2016). Managers' experiences of visitor monitoring in Swedish outdoor recreational areas. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 14, 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2016.04.008>
- BAFU. (2019). *Die gesundheitsfördernde Wirkung des Waldes.* <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-wald-und-holz/wald-und-holz--fachinformationen/waldzustand-und-waldfunktionen/freizeit-und-erholung-im-wald/wald.html>
- Baur, C. (2021). *Mobilitätsindex Zürich—Stadt Zürich.* https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index/ogd/anwendungen/2021/mobilitaets_index_zh.html
- Botsch, Y., Tablado, Z., Scherl, D., Kery, M., Graf, R. F., & Jenni, L. (2018). Effect of Recreational Trails on Forest Birds: Human Presence Matters. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00175>
- Bundesamt für Gesundheit. (2020). *Covid-19 Schweiz. Informationen zur aktuellen Lage.* <https://www.covid19.admin.ch/de/overview?ovTime=total>
- Clivaz, C., Rupf, R., & Siegrist, D. (2013). *Visiman: Beiträge zu Besuchermonitoring und Besuchermanagement in Parks und naturnahen Erholungsgebieten* (Bd. 10). Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum. HSR Hochschule für Technik Rapperswil.
- Corona-Sommer: Zürcher Naherholungsgebiete boomen. (2020, Juli 28). Tele Züri. <https://www.telezueri.ch/zueri-news/corona-sommer-zuercher-naherholungsgebiete-boomen-138590813>
- Cremer-Schulte, D., Rehnus, M., Duparc, A., Perrin-Malterre, C., & Arneodo, L. (2017). Wildlife disturbance and winter recreational activities in Alpine protected areas: Recommendations for successful management. *Eco Mont-Journal on Protected Mountain Areas Research*, 9(2), 66–73. <https://doi.org/10.1553/eco.mont-9-2s66>
- Delignette-Muller, M. L., & Dutang, C. (2015). fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions. *Journal of Statistical Software*, 64(4), 1–34.
- Derks, J., Giessen, L., & Winkel, G. (2020). COVID-19-induced visitor boom reveals the importance of forests as critical infrastructure. *Forest Policy and Economics*, 118, 102253. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102253>
- Dumollard, G., Martin, V., Rosset, C., & Lachat. (2020). *Analyse des effets réciproques entre les activités de loisirs et de détente, l'écosystème forestier, sa diversité d'habitats et d'espèces et ses autres services écosystémiques.*
- ESRI. (2020). *ArcGIS Pro.*
- Ghermandi, A., & Sinclair, M. (2019). Passive crowdsourcing of social media in environmental research: A systematic map. *Global Environmental Change*, 55, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.02.003>
- Graf, R. F., Signer, C., Reifler-Bächtiger, M., Wyttenbach, M., Sigrist, B., & Rupf, R. (2018). *Wildtier und Mensch im Naherholungsraum.* Swiss Academies Factsheets 13 (2). <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1168451>
- Hochreutener, A., Signer Claudio, Pickering, C., & Rupf, R. (in prep.). *A Systematic Review: The Effects of Summer and Winter Recreation on Mammals and Birds in Mountainous Regions.*
- Hochreutener, A., Wyttenbach, M., & Sauter, D. (2020). *Erholungsmonitoring Grün Stadt Zürich—Kurzbericht zur Datenerfassung der Phase A.* <https://www.stadt-zuerich.ch/zed/de/index/gsz/aktuell/aktuelle-projekte/erholungsmonitoring.html>
- Hunziker, M. (2012). *Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald: Waldmonitoring soziokulturell: Weiterentwicklung und zweite Erhebung - WaMos 2.* Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- Jäger, H., Schirpke, U., & Tappeiner, U. (2020). Assessing conflicts between winter recreational activities and grouse species. *Journal of Environmental Management*, 276, 111194. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111194>
- Jestico, B., Nelson, T., & Winters, M. (2016). Mapping ridership using crowdsourced cycling data. *Journal of Transport Geography*, 52, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.03.006>
- Kanton Zürich, Amt für Verkehr. (2020). *Eignung von STRAVA-Daten für Fragestellungen des Veloverkehrs.*
- Komsta, L., & Novomestky, F. (2015). *moments: Moments, cumulants, skewness, kurtosis and related tests.* <https://CRAN.R-project.org/package=moments>
- Lamprecht, M., Bürgi, R., & Stamm, H. (2020). *Sport Schweiz 2020: Sportaktivität und Sportinteresse der Schweizer Bevölkerung.* Magglingen: Bundesamt für Sport BASPO.

- Larson, C. L., Reed, S. E., Merenlender, A. M., & Crooks, K. R. (2016). Effects of Recreation on Animals Revealed as Widespread through a Global Systematic Review. *PLOS ONE*, 11(12), e0167259. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167259>
- Marion, J. L., Leung, Y.-F., Eagleston, H., & Burroughs, K. (2016). A Review and Synthesis of Recreation Ecology Research Findings on Visitor Impacts to Wilderness and Protected Natural Areas. *Journal of Forestry*, 114(3), 352–362. <https://doi.org/10.5849/jof.15-498>
- Marusakova, L., Sallmannshofer, M., Tyrvaïnen, L., O'Brien, L., Bauer, N., Schmechel, D., Kaspar, J., Schwarz, M., & Krainer, F. (2019). *Human Health and Sustainable Forest Management*.
- Molloy, J. (2021). *MOBIS Covid19 Mobility Report*. https://ivtmobis.ethz.ch/mobis/covid19/reports/latest_de
- Norman, P., & Pickering, C. M. (2019). Factors influencing park popularity for mountain bikers, walkers and runners as indicated by social media route data. *Journal of Environmental Management*, 249, 109413. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109413>
- O'Brien, L. (2021). *Why society needs nature: Lessons from research during Covid-19*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35190.93763>
- Purves, R., Straumann, R., & Wood, J. (2020). *Visualizing changes in urban movement*. <https://jwolon-don.github.io/mobv/docs/zurich/>
- R Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Robb, D. (2018, April 4). Building the Global Heatmap. *Strava-Engineering*. <https://medium.com/strava-engineering/the-global-heatmap-now-6x-hotter-23fc01d301de>
- RStudio Team. (2021). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio, PBC. <http://www.rstudio.com/>
- Rupf, R. (2016). *Planungsansätze im Outdoorsport—Wandern und Mountainbiking*. Swiss Academies Factsheets 11 (6).
- Rupf, R., Pröbstl, U., & Haider, W. (2014). *Choice-Experimente als Grundlage für Agenten-basierte Modelle zur Planung im naturorientierten Outdoorsport: Wandern und Mountainbiking in Tourismus- und Bergregionen sowie Schutzgebieten*. Wien : Universität für Bodenkultur.
- Sato, C. F., Wood, J. T., & Lindenmayer, D. B. (2013). The Effects of Winter Recreation on Alpine and Subalpine Fauna: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064282>
- Stadt Zürich. (2021). *Nach Sturmnacht: Bäume meiden! - Stadt Zürich*. <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/departement/medien/medienmitteilungen/2021/juli/210713a.html>
- Stankey, G. H., Cole, D. N., Lucas, R. C., Petersen, M. E., & Frissell, S. S. (1985). *The Limits of acceptable change (LAC) system for wilderness planning*. USDA, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.109310>
- Statistisches Amt, Kt. ZH. (2021). *Zukünftige Entwicklung*. Kanton Zürich. https://www.zh.ch/de/soziales/bevoelkerungszahlen/zukuenftige_entwicklung.html
- Stiftung Landschaftsschutz Schweiz. (2020). *Landschaftsschützer fordern mehr naturnahe Naherholungsgebiete*. <https://www.htr.ch/edition-francaise/article/landschaftsschuetzer-fordern-mehr-naturnahe-naherholungsgebiete-27378.html>
- Strava. (2020). *Strava Metro FAQ*. <https://metro.strava.com/faq>
- Strava Inc. (2021). *Strava Metro FAQ*. <https://metro.strava.com/faq>
- Swisscom. (2020). *Mobility Insights FAQ*. <https://mip.swisscom.ch/maps/search>
- Whitfield, G. P. (2016). Association Between User-Generated Commuting Data and Population-Representative Active Commuting Surveillance Data—Four Cities, 2014–2015. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 65. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6536a4>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Golemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Wilkes-Allemann, J., Pütz, M., Hirschi, C., & Fischer, C. (2015). Conflict situations and response strategies in urban forests in Switzerland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30(3), 204–216. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.1002217>
- Wolf, B., & Wilkes, J. (2020). Freizeit und Erholung im Wald in Zeiten von Covid-19—Entwurf. *Arbeitsgemeinschaft für den Wald AfW*, 22.

Anhang

I) Koordinaten Standorte	27
II) Aufbereitung Zählraten Eco-Counter.....	27
III) Hintergründe zur Methodik.....	34
IV) Vergleiche der zeitlichen Auflösung	36
V) Jahresgang, unskaliert	37
VI) Zusammenhänge im gesamten Hürstwald.....	38
VII) Zusammenhänge der Zählraten an den einzelnen Standorten	39

I) Koordinaten Standorte

Standorte mit den Koordinaten der automatischen Zählstellen sowie der ID der Kacheln in denen die Swisscom-Daten aggregiert sind.

Standort	Koordinaten automatischen Zählstelle	ID Swisscom-Kachel
1	2'681'755 / 1'252'430	43634335
2	2'681'820 / 1'252'462	43643677
3	2'681'875 / 1'252'478	43653021
4	2'681'888 / 1'252'638	43662366
5	2'681'873 / 1'252'775	43671712
6	2'681'283 / 1'252'876	43624998
7	2'681'401 / 1'252'781	43634338
8	2'681'295 / 1'252'615	43606317
9	2'681'595 / 1'252'416	43624994

II) Aufbereitung Zähldaten Eco-Counter

Bilddokumentation Zählstelle S3



Fotos Daniel Sauter

Protokoll von Bereinigung und Hochrechnung der EcoCounter-Daten im Projekt „Erholungsmonitoring Hürstwald“

Datensichtung und -bereinigung

Alle Tageswerte seit 1. Oktober 2020 bis 31. August 2021 wurden auf ihre Plausibilität hin überprüft und wo nötig korrigiert. Die Werte des Septembers 2020 wurden bereits früher bereinigt – siehe hierzu den Bericht zur Phase A (Hochreutener et al. 2020). Alle Tageswerte wurden systematisch kontrolliert und wo es verdächtige Unregelmässigkeiten gab, wurden die Stundenwerte näher angeschaut. Jede Zählstelle wurde dabei nach Richtung analysiert, auffällige Werte wurden herausgeschrieben. Auch die Vermerke im EcoVisio des Projektleiters GSZ, Marvin Bürgin, wurden näher angeschaut und in die Datenbereinigung aufgenommen. Beigezogen wurden auch die Wetterdaten von MeteoSchweiz (Standort Fluntern und – bei der Schneehöhe – der Standort Affoltern). Einen wesentlichen Einfluss hatten die starken Schneefälle im Januar 2021 sowie der Sturm mit den Folgeschäden vom und nach dem 13. Juli 2021. Besonders tiefe Tageswerte beim Aufkommen wie z.B. am 23. und 26. Oktober 2020 sind auf starke Niederschläge zurückzuführen.

Untenstehend werden die einzelnen Zählstellen nach der Art des aufgetretenen Problems oder der Unklarheit und der erfolgten Korrektur dargestellt, jeweils chronologisch. Auf die Integration der Kombigeräte an den Standorten 1 und 3 wurde aufgrund der diversen Probleme mit Sabotage und Vandalismus verzichtet und dafür die Daten der gleichenorts hängenden Pyros-Sensoren verwendet. Sie bilden Velos und Zufussgehende zusammen ab. Die Velodaten wurden zusätzlich separat analysiert, jedoch nicht einzeln in die Auswertungen miteinbezogen. Die bereinigten Daten auf Stunden- und Tagesebene wurden anschliessend mittels Hochrechnungsfaktoren kalibriert, die durch Kontrollzählungen gewonnen worden sind.

Zählstelle 1.2 (Pyro)

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
Fr, 23. & Mo, 26. Okt. 2020	Tiefe Werte (wie an versch. anderen ZS ebenfalls z.B. ZS 1 Kombi – starke Niederschläge).	Keine Korrektur
Mo, 9. Dez. 2020	Tiefer Wert, aber plausible Tagesganglinie, so auch an ZS 1 (Kombi); Grund unklar, Wetter nicht besonders auffällig.	Keine Korrektur
15. & 16. Januar 2021	Schnee = leicht tiefere Werte.	Keine Korrektur
Fr, 2. April 2021	Hoher Tageswert, aber vom Verlauf her plausibel.	Keine Korrektur
Sa, 10. – Mo, 12. Juli 2021 (kurz vor dem Sturm)	Hohe Werte, v.a. für einen Montag, aber im Tagesverlauf plausibel.	Keine Korrektur
13.-17. Juli 2021	Sturmeffekte mit niedrigerem Aufkommen, danach schnell relative Normalisierung.	Keine Korrektur

Zählstelle 2

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
Montage, 9. & 16. Nov. 2020	Unplausibel hohe Werte für Montage; Waldarbeiten? Waldkindergarten, da Spitze jeweils vor und nach dem Mittag?	Keine Korrektur: vermutlich Waldkindergarten. Sensor hatte keine Probleme.
Do, 19. Nov. 2020	Analog wie oben (9. & 16. Nov.).	Keine Korrektur (siehe oben)
20. Dez. 20 bis 10. Jan. 2021	Jeweils an den Sonntagen ist das Aufkommen besonders hoch, aber nicht unplausibel.	Keine Korrektur
Ab 13. bis ca. 24. Januar 2021	Sehr geringes Aufkommen wegen Schnellfall / Gefahr von abbrechenden Ästen.	Keine Korrektur
Ab Mitte März und v.a. im April	Deutlich gesteigertes Aufkommen, v.a. an Sonntagen (& z.B. auch Ostermontag, 5. April).	Keine Korrektur
24.-29. Mai 2021	Vermutlich eher zu tiefe Werte in Richtung „in den Wald hinein“, absolut aber sehr gering.	Keine Korrektur
Do, 17. Juni 2021	Vermerk „Vegetation“, unklar, seit wann das Problem bestand; insgesamt fällt die Zeit	Die Daten für den 17. Juni wurden ein bisschen gesenkt und

	nicht aus dem Rahmen, auch nicht nach Richtungen. Gemäss Projektleiter GSZ sind die Werte vor dem 17. Juni vermutlich ein wenig tiefer, da Teile des Sensors verdeckt waren. Am 17. wurde dies behoben.	jene für den 16. Juni dafür ein wenig erhöht.
8. Juli 2021	Sehr tiefer Wert beide Richtungen. Vermutlich Wettereffekt: hohe Niederschlagsmenge. Oder Effekt der oben erwähnten Vegetation?	Es ist der Wettereffekt: Keine Korrektur.
13. Juli 2021	Sehr tiefer Wert wegen Sturmfolgen, in den Folgetagen aber nur geringe Effekte? War der Weg passierbar oder sind die Zählwerte von Aufräumequipen?	Keine Equipen dort. Weg war nicht komplett versperrt. Vermutlich "Ausweichler". Keine Korrektur
Ab Ende Juli bis Ende August 2021	Sehr tiefe Werte im Vergleich – Sturmeffekt?	Keine Korrektur
Ganze Zähldauer	Ri „in den Wald hinein“ ist fast immer tiefer als Gegenrichtung; im Dezember sind die Werte an einzelnen Tagen gar „0“.	Keine Korrektur, da plausibel; nur sehr kleine absolute Werte insgesamt.

Zählstelle 3.1 (Pyro)

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
2. Okt. 2020	Sensor Ri „Wald hinein“ mit z.T. Nullwerten in einzelnen Stunden.	Korrektur auf Basis der anderen Richtung
17. - 22. Okt. 2020	Sensor Richtung „In Wald hinein“ verdeckt.	Korrektur auf Basis der anderen Richtung
18. & 19. April 2021	Daten Ri „Wald hinein“ fehlen (am 18. nur teilweise).	Korrektur auf Basis der anderen Richtung
Ab 13. Juli 2021	Sturmfolgeschäden: nur sehr geringes Aufkommen, ab ca. 8. Aug. wieder auf etwa der Hälfte des Vorsturmnieaus.	Keine Korrektur

Zählstelle 4

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
Ab Freitag, 15. Jan. 2021	Für einige Tage sehr tiefe Werte wegen Schnee/Gefahr herabfallender Äste.	Keine Korrektur
Ab Mitte Jan. bis Anfang März 2021	Richtung „Asphaltstrasse“ meist höherer Anteil, in den restlichen Monaten eher ausgeglichen. Grund unbekannt.	Keine Korrektur, da Grund unbekannt.
Fr, 12. & So, 28. März, So, 11. April 2021, So, 9. & Sa, 29. Mai	Jeweils Spitzentage, nicht unplausibel.	Keine Korrektur
Ab 6. Juni 2021	Sensorfehler; deutlich überhöhte Werte in beiden Richtungen, v.a. auch Richtung „Asphaltstrasse“. Nicht verwendbar.	Als Basis für die Korrektur wurde die Zählstelle 2 herangezogen, die ein sehr ähnliches Aufkommen und einen ähnlichen Verlauf aufweist. Hierzu wurden Anteile seit 1. April für die einzelnen Wochentage von ZS 4 an ZS 2 bestimmt und für die Zeit ab 6. Juni hochgerechnet. Dies auf Tages- nicht auf Stundenebene. (da kleines Aufkommen und die Swisscom aufgrund des Datenschutzes keine geringen Aufkommen hier publiziert).

Ab 13. Juli 2021	Sturmfolgeschäden, sehr viel geringeres Aufkommen; unklar, ob Gerät danach richtig gezählt hat, aber vermutlich schon, da Richtungen plausibel sind.	Keine Korrektur, da Werte absolut nur sehr gering.
-------------------------	--	--

Zählstelle 5

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
15. & 16. Jan. 2021	Keine Zählungen wegen Schnee/Gefahr herabfallender Äste.	Keine Korrektur
15. bis 30. Jan. 2021	Bei den Velos Aufkommen sehr gering, an einzelnen Tagen bei „0“; es hat in dieser Zeit immer wieder geschneit und der Schnee ist teilweise liegen geblieben; vermutlich sehr wenige Velos, diese sind aufgrund des Schnees nicht gezählt worden (Anzahl fällt vermutlich nicht ins Gewicht).	Keine Korrektur
Mi, 2. Juni 2021	Grosser Ausreisser bei den Velos 8 & 9 Uhr in den Wald hinein – unplausibel.	Korrektur aufgrund der gleichen Stunden von voran-gegangenen/nachfolgenden Tagen (leicht aufgerundet).
Ab 13. Juli 2021	Sturmfolgeschäden, keine Daten mehr.	Keine Korrektur

Zählstelle 6

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
Ab 18. bis 26. April 2021	Tiefere Werte Richtung Waldausgang, z.T. „0“; Grund unklar.	Korrektur auf Basis der anderen Richtung.
Ab 13. Juli 2021	Sturmfolgeschäden, kaum Aufkommen, ab Mi, 4. August wieder langsame Normalisierung.	Keine Korrektur
19. & 22. August 2021	Auffallend tiefe Werte; Wetter scheint nicht speziell gewesen zu sein (am 21.8. hat's heftig geschüttet, aber am 19.8. nicht). Gemäss Projektleiter GSZ könnte der Weg vor Sonntag gesperrt worden sein.	Keine Korrektur
31. August 2021	Sehr hoher Wert – Forstarbeiten.	Korrigiert mit Mittelwert von Woche 34: Mo 23. - Fr 27. Aug. mit ähnlichem Wetter.

Zählstelle 7

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
Ab 8. Juni 2021	Forstarbeiten – bis wann? Die Werte sind allerdings nur leicht unter dem allgemeinen Durchschnitt. Gemäss Projektleiter sind die Leute über den Weg bei Standort 6 ausgewichen. Werte dort sind klar erhöht.	Keine Korrektur
Ab 13. Juli 2021	Sturmfolgeschäden, v.a. Richtung Waldinneres kaum Aufkommen, aber auch Richtung Reckenholzstrasse sehr gering.	Keine Korrektur

Zählstelle 8

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
Bis 3. Oktober 2020	Zählraten vorhanden, dann wurde Gerät an Standort Nr. 8 geklaut.	Als Grundlage für die Hochrechnung dienen die Werte der Zählstelle 8 von der zweiten Septemberhälfte, da dann ähnliches Wetter wie Anfang Oktober geherrscht hat (kühl und regnerisch). Daneben wurden die Werte auch von der ‚benachbarten‘ Zählstelle 7 vergleichsweise hochgerechnet und mit den Daten einer ähnlichen Wetterlage ab 22. Oktober abgeglichen.
Ab 12. Oktober 2020	Zählstelle neu installiert als 8.1.	
13. Oktober 2020	Vermerk „Tier“: Um 1:00 Uhr gibt es 15 Auslösungen.	Die 15 nächtliche Auslösungen gelöscht.
Ab 18. Bis 31. Dez. 2020	Tiefe Werte – vermutlich Festtageffekt.	Keine Korrektur
19. Jan. 2021	Vermerk „Sensorfehler?“ – Bezieht sich gemäss Projektleiter GSZ vermutlich auf den 15. & 16. Januar mit dem vielen Schnee.	Keine Korrektur
5. bis 11. März 2021	Ausfall – Zeitraum ist gekennzeichnet durch relativ tiefe Temperaturen von 0 bis 5 Grad (Kälteeinbruch am 5. März, am 11. sind es wieder 10 Grad), teilweise Niederschlag.	Daten hochgerechnet auf Basis der durchschnittlichen Wochentage der folgenden zwei Wochen die ähnlich kalt sind, ebenfalls mit Niederschlag
28. April bis 7. Mai 2021	Sabotage – Zeitraum mit viel Niederschlag, und tiefen Temperaturen (Tagesmittelwert zwischen 6 und 12 Grad).	Daten hochgerechnet: es kommen die Werte der kalten Februartage mit Niederschlag als geeignetste Referenz zum Einsatz. Allerdings werden sie mit 1.2 (erster und letzter Tag der Reihe mit 1.5) multipliziert, was ein plausibles Resultat ergibt, auch im Vergleich zu andern Zählstellen.
10. bis 17. Mai 2021	Allgemein eher tiefes Aufkommen, regnerische Woche ist vermutlich der Grund.	Keine Korrektur
24. Mai (ab 13 Uhr) bis 27. Mai 2021	Sabotage	Als Grundlage für die Korrektur wurden die Werte der beiden folgenden Montage genommen und nochmals manuell korrigiert, wo Stunden als Ausreisser erschienen sind. Wegen der volatilen Wetterlage im ganzen Sommer liessen sich keine wirklich vergleichbaren Tage finden. Die vier vorliegenden Tage sind deshalb v.a. auf Stundenbasis nur beschränkt verlässlich.
17. Juni 2021	Vermerk „Reparatur“, Sensor war leicht verschoben, wurde am Vormittag korrigiert.	Korrektur für die Stunden von 10-12 Uhr aufgrund der drei vorangegangenen Tage, wettermässig ziemlich gleich
Ab 13. Juli bis Ende Aug. 2021	Sturmschäden, nur sehr geringes Aufkommen.	Keine Korrektur

Zählstelle 9

Zeitraum / Tag	Phänomen / möglicher Grund	Massnahme / Korrektur
3. Dez. 2020	Vermerk „Datenausfall“; Scheint aber nicht der Fall zu sein; es hat eher am 2. oder 4. Dez. tiefe Werte gegeben; der Projektleiter GSZ hat am 3. Dezember am Sensor gearbeitet, daher die Stunden 9 und 10 korrigieren.	Werte von 9-10 und 10-11 Uhr korrigiert mit Durchschnittswerten der gleichen Stunde in den Monaten Nov./Dez.
17. Jan. 2021	Keine Werte – vorher und nachher auch nur geringes Aufkommen – vermutlich Effekt des grossen Schneefalls	Keine Korrektur
Ab Mitte Febr. bis Mitte März 2021	Etwas geringes Aufkommen Richtung Parkplatz – Grund?	Keine Korrektur, Abweichungen sind absolut gesehen sehr gering.

Berücksichtigung der Velos

Die Velozählungen der Kombigeräte wurden zwar ebenfalls analysiert, aber nicht separat in die Auswertung aufgenommen. Dafür wurden nur die kombinierten Werte der an den gleichen Standorten 1 und 3 aufgestellten Pyrogeräte verwendet. Dabei ist keine Unterscheidung des Fuss- und Veloverkehrs möglich, aber alle Personen sind berücksichtigt.

Im Folgenden werden die Erfahrungen mit den Velozählungen kurz beschrieben. Entgegen der ersten Erwartungen waren die Velozählungen weniger stark von den Sabotagen betroffen als befürchtet. Die vergrabenen Schlaufen an den Standorten 1 und 5 sollten recht zuverlässig gezählt haben, bei der aufgeklebten Schlaufe an Standort 3 traten gegen Ende der Zähldauer einzelne Verschleisserscheinungen auf. Es ist nicht klar, ob und inwieweit dies die Zählqualität beeinträchtigt hat. Zum Teil gibt es relativ starke Ausschläge, die nicht alle gleich plausibel erscheinen. Die Velozählungen sind vom Vandalismus vor allem bezüglich der Richtungsangabe betroffen, die durch den (Pyro-)Sensor bestimmt wird, wenn ein Velo über die Schlaufe fährt. Gemäss Auskunft von Peter Unterberg der Firma Eco-Counter gelten folgende Regeln: Wenn beim MULTI der PYRO komplett ausfällt, dann zählt der ZELT (die Veloschlaufe) normal weiter und weil die Richtungsinformation fehlt, verteilt der "Smart-Sensor" die Richtung 50:50. Wenn beim PYRO "nur" die Richtungslinse vandalisiert ist, werden Velo wie Fußgänger alle in die gleiche Richtung gezählt. Da v.a. an den Standorten 1 und 3 beides vorkam, ist unklar, was wann wie genau passiert ist.

An Standort 1 sind die Velowerte gut bis zum 13. Mai 2021, dann gibt es eine grössere Lücke und nochmals Werte zwischen dem 5. Juni und 12. Juli. Dann kam der Sturm. Bei Standort 3 sind die Werte relativ gut bis 26. April, worauf bis 10. Mai eine Datenlücke folgt. Dann gibt es nochmals Werte bis zum Sturm, der die Zählstelle (zusammen mit den Massnahmen zu dessen Bewältigung) zerstört hat. An Standort 5 wurden die Velos bis auf die Zeit nach dem Sturm zuverlässig gezählt, danach war der Weg bzw. die Durchfahrt zu.

Die grossen Schneefälle zwischen dem 15. und 28. Januar haben dazu geführt, dass vermutlich deutlich weniger Velofahrende unterwegs waren (auch weil wegen des nassen Schnees vor Fahrten/Aufenthalten im Wald gewarnt wurde). Zugleich ist anzunehmen, dass mit Schneehöhen zwischen 10 und 20 Zentimetern die Schlaufen auch nicht mehr korrekt gezählt haben. Dies fällt vermutlich anzahlmässig jedoch kaum ins Gewicht.

Kontrollzählungen und Hochrechnungsfaktoren

Am Freitag, 21. August 2020 sowie am Sonntag, 27. Juni und am Mittwoch, 25. August 2021 wurden Kalibrierungszählungen an den Zählstellen 1 und 3 durchgeführt. An der Zählstelle 1 flossen die Zählungen von insgesamt 5.75 Stunden in die Analyse ein, bei der Zählstelle 3 waren es total 4 Stunden. Die Resultate sind in der untenstehenden Tabelle dargestellt.

Standort 1 (Pyro)	Total 5.75 Stunden		
	Richtung Seebacherstr	Richtung Hürstwiese	Total Pyro
Reales Aufkommen	144	130	274
Zählgerätewert	116	106	222
Diff. nach Gerätelegik	-7	-9	-16
in % Gerätelegik	-5%	-7%	-6%
Diff. nach Aufkommen	-28	-24	-52
in % Aufkommen	-24%	-23%	-23%
Standort 3 (Pyro)	Total 4 Stunden		
	Ri Seebacherstrasse	Ri In den Wald hinein	Total Pyro
Reales Aufkommen	51	78	129
Zählgerätewert	48	69	117
Diff. nach Gerätelegik	2	5	7
in % Gerätelegik	4%	6%	5%
Diff. nach Aufkommen	-3	-9	-12
in % Aufkommen	-6%	-13%	-10%

Die Daten zeigen, dass die Unterzählungen zwischen -10 % und -30 % betragen, was im üblichen Rahmen liegt. Die Genauigkeit der Geräte selbst war hoch (im Bereich der vom Hersteller genannten +/- 6 %, sofern man die Richtungen nicht berücksichtigt).

Aufgrund der Kontrollzählungen an den Standorten 1 und 3 sowie den Erfahrungen aus vergleichbaren Zählungen wurden wegen der systembedingten Unterschätzung des Aufkommens folgende Hochrechnungsfaktoren festgelegt und angewendet. Der Faktor hängt vom Aufkommen und der verfügbaren Wegbreite bzw. der Häufigkeit von Personen, die nebeneinandergehen oder -fahren ab. Je höher Je höher das Aufkommen, desto häufiger sind tendenziell die Überdeckungen und desto höher fällt der Korrekturfaktor aus. Die Überdeckung hängt zudem noch von der Wegbreite ab: je schmaler der Weg, desto geringer die Wahrscheinlichkeit einer grossen Zahl von Überdeckungen. Je grösser die Anzahl Personen und je breiter der Weg, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass Personen nebeneinander gehen. Aus diesen Abschätzungen und Erfahrungen wurden für die einzelnen Zählstellen folgende Hochrechnungsfaktoren angewandt:

Zählstellen 1 & 3:	Faktor: 1.20
Zählstellen 6 & 7:	Faktor: 1.15
Zählstellen 8 & 9:	Faktor: 1.10
Zählstellen 2, 4 und 5	Faktor: 1.05

III) Hintergründe zur Methodik

Aufbereitung der Zähldaten

Automatische Zählstellen

Für die Auswertungen wurde v.a. das R-Package «tidyverse» (Wickham et al., 2019) verwendet. Für den Vergleich mit den Swisscom- und Strava-Daten wurden die Summen des Fuss- und des Veloverkehrs zu einem Total (Langsamverkehr) addiert. Die Daten aller automatischen Zählstellen wurden dann zu einem täglichen Gebietstotal aggregiert. Für den weiteren Vergleich wurden die tagesbasierten Daten zu Wochensummen, zum Monats- und Jahrestotal aufsummiert.

Mobilfunkdaten Swisscom

In dieser Studie überprüften wir aufgrund der Erfahrungen in einer Machbarkeitsstudie die Mindestaufenthaltsdauer in den Kacheln. Swisscom analysierte dazu die täglichen und wöchentlichen Zählmengen, die mit verschiedenen Schwellenwerten (15s, 30s, 90s) gefiltert wurden, und verglich sie mit den bereitgestellten Daten der automatischen Zählstellen im *Hürstwald* vom September 2020. Insgesamt beobachtete sie einen Unterschied in der Größenordnung der Zählungen, aber nicht in ihrer zeitlichen Entwicklung (stündlich oder täglich). Dennoch stellte Swisscom fest, dass aufgrund der k-Anonymisierung Schwellenwerte gleich oder höher 30s dazu führten, dass die Informationen für bestimmte Tagesstunden herausgefiltert wurden. Daher wurde der Schwellenwert von 15 Sekunden gesetzt.

Für die Auswertungen wurde v.a. das R-Package «tidyverse» (Wickham et al., 2019) verwendet. Es wurde zuerst das tägliche Besuchertotal für den *Hürstwald* berechnet. Dazu wurden die Werte der Kacheln addiert, an denen eine automatische Zählstelle im Einsatz stand. Die Kacheln wurden so gewählt, dass der Weg, welche die automatische Zählstelle erfasste, von der betreffenden Kachel möglichst optimal abgedeckt ist. Für den weiteren Vergleich wurden die tagesbasierten Daten zu Wochensummen, zum Monats- und Jahrestotal aufsummiert.

Mobilitätsdaten Strava

Für die Auswertungen wurde v.a. das R-Package «tidyverse» (Wickham et al., 2019) verwendet, um die Strava-Daten einzulesen, das tägliche Total / Wegabschnitt und das tägliche Gebietstotal zu berechnen. Die Totale ergaben sich aus den Variablen «forward_trip_count» und «reverse_trip_count». So wurden die tatsächlichen Passagen auf den Wegabschnitten summiert und nicht die Anzahl verschiedener Personen. Für den weiteren Vergleich wurden die tagesbasierten Daten zu Wochensummen, zum Monats- und Jahrestotal aufsummiert.

Auswertungen: Vorgehen, Begriffe und Kennzahlen

Alle Daten wurden im R Studio (Version 1.4.1106; RStudio Team, 2021) ausgewertet. Für die Übersichtskarte wurde die Software ArcGIS Pro (Version 2.6, ESRI, 2020) verwendet. Die Signifikanzschwellen wurden bei $\alpha < 0.1$ (kaum Signifikanz), $\alpha < 0.05$ (geringe Signifikanz), $\alpha < 0.01$ (hohe Signifikanz) und $\alpha < 0.001$ (höchste Signifikanz) gesetzt. Der Zusammenhang / die Korrelation zwischen zwei Erfassungsmethoden, also die Steigung, wurde in die Klassen «sehr schwach» ($\leq 0.2 / \geq 1.8$), «schwach» ($0.2 - \leq 0.5 / 1.5 - \leq 1.8$), «mittel» ($0.5 - \leq 0.7 / 1.3 - \leq 1.5$), «stark» ($0.7 - \leq 0.9 / 1.1 - \leq 1.3$) und «sehr stark» ($0.9 - \leq 1.1$) eingeteilt.

Die Natur der Daten wurde zuerst mittels Boxplots und eines Histogramms beschrieben. Die y-Achse wurde teilweise log10-skaliert, da sich die Spannweiten der drei Erfassungsmethoden deutlich unterschieden. Die täglichen Summen der drei Erfassungsmethoden (automatische Zählstellen, Swisscom, Strava) wurden aufgrund der Datumangabe mit dem Package «tidyverse» (Wickham et al., 2019) zusammengeführt. Erste Auswertungen zur Situation an den Standorten basierten auf den monatlichen absoluten Frequenzen pro Erfassungsmethoden für die neun Standorte. Mit diesen Werten wurde dann wiederum die prozentuale Differenz zwischen den Erfassungsmethoden berechnet. Es wurde angenommen, dass die kalibrierten Werte der automatischen Zählstellen 100 % entsprechen. Anschließend wurden die zum Gebietstotal aggregierten Zählmengen nach Erfassungsmethode unterteilt in einem Liniendiagramm dargestellt. Damit wird der wöchentliche Verlauf der Zählmengen im untersuchten Jahr beschrieben. Ergänzend wurde eine Abbildung erstellt, in welchen die relative Nutzung im *Hürstwald* für jeden einzelnen Tag und die drei Erfassungsmethoden visualisiert ist. Mittels Heatmap wurden die monatlichen Zählmengen pro Erfassungsmethode angeordneten visualisiert – je mehr Passagen in einer Kachel gezählt wurden, desto kräftiger leuchtet jeweils die betreffende Kachel auf.

Es wurde mittels einer Korrelation nach Bravais-Pearson der lineare Zusammenhang zwischen den täglichen Passagen je nach Erfassungsmethode im Untersuchungsgebiet berechnet. Zudem wurden mit dem Package «stats» (R Core Team, 2021) lineare Regressionen (Befehl «lm») zwischen den täglichen, wöchentlichen sowie den monatlichen Zählmengen der drei Erfassungsmethoden gerechnet. Die Grundvoraussetzung der Normalverteilung wurde zuvor mittels dem Package «fitdistrplus» (Delignette-Muller & Dutang, 2015) geprüft. Bei den drei Erfassungsmethoden war diese gemäss den Analysen grösstenteils gegeben. Die Regressionslinie wurde dabei auch durch den Nullpunkt gezwungen, da davon ausgegangen wurde, dass auch tatsächlich keine Personen auf dem betreffenden Standort unterwegs waren, wenn die automatischen Zählstellen keine Passagen erfassten. Mittels einer ANOVA aus dem Package «stats» (R Core Team, 2021) wurde anschliessend geprüft, ob die Modelle durch den Nullpunkt tatsächlich besser waren als die Modelle mit einem y-Achsenabschnitt. Das statistisch bessere Modell (kleinere «residual sum of squares») war ausschliesslich jenes, welches nicht durch den Nullpunkt gezwungen wurde. Diese wurden anschliessend beschrieben und mittels Regressionsgerade visualisiert. Zudem wurde der RMSE berechnet. Die absoluten Zählmengen, die Differenzen der drei Erfassungsmethoden sowie der Zusammenhang zwischen ihnen wurden anschliessend auch für jeden Standort separat gerechnet.

In diesem Kasten sind die wichtigsten statistischen Grundlagen und Begrifflichkeiten erläutert, deren grundlegendes Verständnis zur Interpretation der Resultate beiträgt.

Statistische Modelle

- Ein Modell ist ein vereinfachtes Abbild der Realität. Für diesen Bericht wurden verschiedene lineare Modelle berechnet. Diese Modelle benötigen normalverteilte Daten, d. h. die Daten sind gemäss einer Glockenkurve verteilt.
- Lineare Modelle zeigen den Zusammenhang zwischen zwei Erfassungsmethoden (z. B. Tagessummen automatischer Zählstellen und Swisscom). Dieser Zusammenhang wird «Steigung» genannt. Die Steigung wird zusammen mit zwei Streuungsmassen angegeben: der Standardfehler und das Konfidenzintervall. Der p-Wert sagt, wie vertrauenswürdig das Modell ist.
- Die Steigung von berechneten Modellen kann mittels einer Regressionsgeraden (Linie) visualisiert werden.

Signifikanz

- In der Statistik spricht man von einem signifikanten Resultat, wenn mit grosser Sicherheit (mindestens 90 %) davon ausgegangen werden kann, dass es kein Zufall ist.
- Signifikanzwerte werden als «p-Werte» angegeben. Ein p-Wert von < 0.001 bedeutet z. B., dass das Resultat mit 99.9 %iger Wahrscheinlichkeit kein Zufall ist. Das Resultat wird demnach als sehr verlässlich angesehen.

Erklärte Varianz und Overdispersion

- Die erklärte Varianz beschreibt, wie viel Prozent der Streuung der Werte das Modell beschreibt. 90 % erklärte Varianz bedeutet beispielsweise, dass das berechnete Modell 90 % der Werteverteilung beschreiben kann.
- In diesem Bericht wird jeweils der «Adjusted R-squared» angegeben, da dieser die Modellkomplexität (Anzahl der verwendeten erklärenden Variablen) miteinbezieht und somit ein genaueres Mass für die Modellgüte ist.
- Beim Modellieren von Zähldaten, welche häufig eine Poisson-Verteilung haben, kann Overdispersion auftreten. Das bedeutet, dass die Varianz in den Daten grösser ist als die vom Modell erwartete Variation. Die Modellannahmen sind damit verletzt. Der Standardfehler wird im Allgemeinen unterschätzt, die erklärenden Variablen erscheinen signifikanter und die erklärte Varianz kann höher ausfallen, als sie tatsächlich ist. Die Modellergebnisse von Modellen mit Overdispersion sind daher nur bedingt valide.

RMSE

- Der mittlere quadratische Fehler (RMSE) ist eine Methode, um festzustellen, inwieweit ein Regressionsmodell in der Lage ist, einen Datensatz zu beschreiben.
- Je größer der Wert ist, desto größer ist die Diskrepanz zwischen den vorhergesagten und den beobachteten Werten, was auf eine schlechte Übereinstimmung des Regressionsmodells mit den beobachteten Werten hinweist. Je kleiner der RMSE ist, desto besser ist das Modell.
- Anhand des RMSE können verschiedene Modelle miteinander verglichen werden und es kann festgestellt werden, welches Modell besser zu den Daten passt.

IV) Vergleiche der zeitlichen Auflösung

In dieser Studie lagen neben den Daten der automatischen Zählstellen auch die Daten der Swisscom sowie der Stava auf Stundenbasis vor. Die Strava-Daten auf Stundenbasis zeigten oftmals keine Werte, da die Zählmengen jeweils nicht den kritischen Wert von 3 Passagen p Stunde überschritten (siehe auch Kapitel 2.2, Mobilitätsdaten Strava). Weil die Datenlage dadurch zu knapp ausfiel, wurden keine weiteren Analysen auf Stundenbasis zu Strava gemacht. Die Swisscom-Daten auf Stundenbasis enthielten dagegen ausreichend Werte für eine weiterführende Analyse. Die Abweichung der zu Monatssummen aggregierten Stundendaten im Vergleich zu den aggregierten Tagesdaten ist beträchtlich (Hinweis: vermutlich aufgrund der nicht erfassten Werte wenn weniger als 20 Personen pro Zeitabschnitt in der Kachel erfasst wurden). Am westlichen Waldrand besteht eine positive Abweichung, also eine Mehrzählung, von bis zu 200 % während im Waldesinneren eine Unterzählung stattfand (Abweichung bis – 200 %; Abb. i).

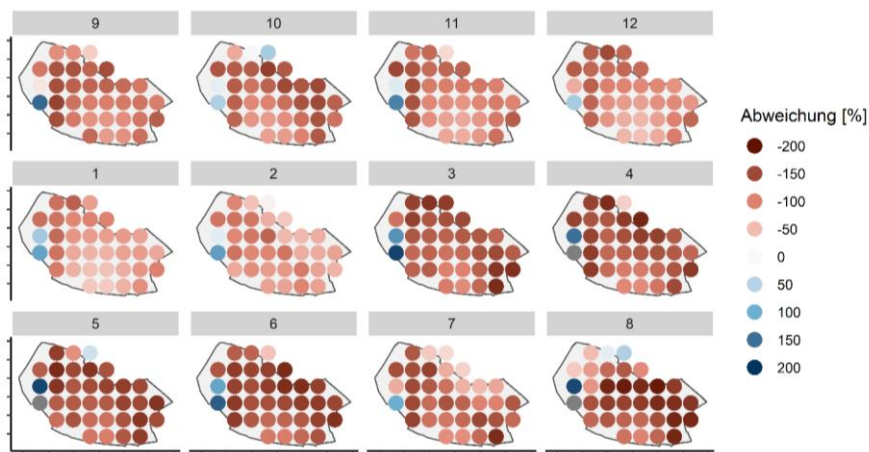


Abb. i: Räumliche Verteilung der relativen Abweichung der aggregierten Stundendaten gegenüber den aggregierten Tagesdaten pro Monat (Zahl im grauen Balken [9 = September]). Blaue Punkte zeigen eine positive Abweichung während rote eine negative Abweichung zeigen.

V) Jahresgang, unskaliert

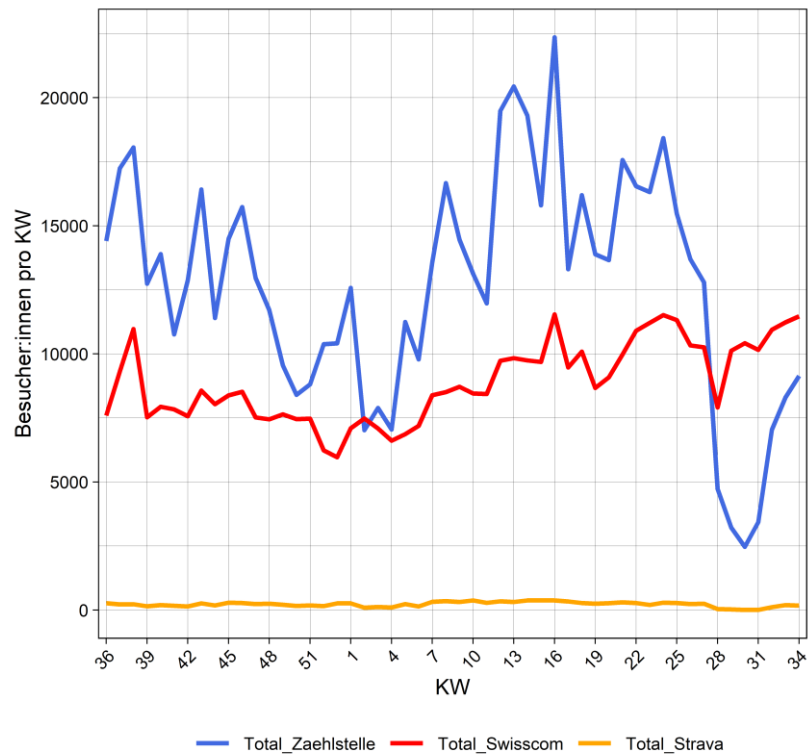


Abb. ii: Zeitlicher Verlauf der für das Gebiet aufsummierten absoluten wöchentlichen Zählmengen der automatischen Zählstellen, der Swisscom-Daten sowie der Strava-Daten.

VI) Zusammenhänge im gesamten Hürstwald

Tab. i: Zusammenhang zwischen den **täglichen** Zählmengen gemäss den automatischen Zählstellen und den Strava-Daten (a) sowie den Swisscom-Daten (b) nach den besten Modellen. Signifikante p-Werte sind **fett** gedruckt.

	Schätzung	Standardfehler	Konfidenzintervall	p-Wert
a) y-Achsenabschnitt Strava	5.8	2.00	1.86 – 9.75	0.004
a) Steigung Strava	0.01	0.00	0.01 – 0.02	<0.001
b) y-Achsenabschnitt Swisscom	1131	30.25	1071.94 – 1190.91	<0.001
b) Steigung Swisscom	0.08	0.02	0.05 – 0.11	<0.001

Tab. ii: Zusammenhang zwischen den **wöchentlichen** Zählmengen gemäss den automatischen Zählstellen und den Strava-Daten (a) sowie den Swisscom-Daten (b) nach den besten Modellen. Signifikante p-Werte sind **fett** gedruckt.

	Schätzung	Standardfehler	Konfidenzintervall	p-Wert
a) y-Achsenabschnitt Strava	-1.49	21.57	-44.81 – 41.83	0.945
a) Steigung Strava	0.02	0.00	0.01 – 0.02	<0.001
b) y-Achsenabschnitt-Swisscom	7559.20	622.60	6308.67 – 8809.73	<0.001
b) Steigung Swisscom	0.11	0.05	0.01 – 0.20	0.027

Tab. iii: Zusammenhang zwischen den monatlichen Zählmengen gemäss den automatischen Zählstellen und den Strava-Daten (a) sowie den Swisscom-Daten (b) nach den besten Modellen. Signifikante p-Werte sind **fett** gedruckt.

	Schätzung	Standardfehler	Konfidenzintervall	p-Wert
a) y-Achsenabschnitt Strava	-35.59	164.56	-402.24 – 331.07	0.833
a) Steigung Strava	0.02	0.00	0.01 – 0.03	<0.001
b) y-Achsenabschnitt Swisscom	35128.04	6941.26	19661.95 – 50594.13	<0.001
b) Steigung Swisscom	0.07	0.12	-0.20 – 0.34	0.594

VII) Zusammenhänge der Zählraten an den einzelnen Standorten

Automatischen Zählstelle – Strava-Daten

Tab. iv: Zusammenhang zwischen den täglichen Zählmengen der automatischen Zählstellen und den Strava-Daten. Signifikante p-Werte sind **fett** gedruckt. * Am Standort 9 wurden durch Strava keine Daten erfasst.

Standort	y-Achsenabschnitt	Steigung	Standardfehler	Konfidenzintervall	p-Wert	Erklärte Varianz [%]	Korrelation	p-Wert
1	3.32	0.01	0.00	0.01 – 0.01	<0.001	21	0.456	<0.001
2	-0.08	0.01	0.00	0.00 – 0.01	<0.001	5	0.227	<0.001
3	2.18	0.01	0.00	0.01 – 0.01	<0.001	22	0.471	<0.001
4	0.04	0.00	0.00	-0.00 – 0.00	0.697	0	-0.020	0.7
5	0.69	0.02	0.00	0.02 – 0.03	<0.001	29	0.536	<0.001
6	2.54	0.02	0.00	0.01 – 0.02	<0.001	21	0.460	<0.001
7	-0.12	0.02	0.00	0.02 – 0.03	<0.001	28	0.526	<0.001
8	0.82	0.01	0.00	0.00 – 0.01	<0.010	1	0.135	0.010
9*	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. v: Zusammenhang zwischen den wöchentlichen Zählmengen der automatischen Zählstellen und den Strava-Daten. Signifikante p-Werte sind **fett** gedruckt.

Standort	y-Achsenabschnitt	Steigung	Standardfehler	Konfidenzintervall	p-Wert	Erklärte Varianz [%]
1	8.84	0.02	0.00	0.01 – 0.02	<0.001	58
2	-0.68	0.01	0.00	0.00 – 0.01	0.003	14
3	5.21	0.01	0.00	0.01 – 0.02	<0.001	44
4	0.29	-0.00	0.00	-0.00 – 0.00	0.622	0
5	-0.32	0.02	0.00	0.02 – 0.03	<0.001	65
6	10.91	0.02	0.00	0.01 – 0.02	<0.001	54
7	-2.29	0.02	0.00	0.02 – 0.03	<0.001	60
8	2.83	0.01	0.00	0.00 – 0.01	<0.001	23
9	-	-	-	-	-	-

Automatischen Zählstelle – Swisscom-Daten

Tab. vi: Zusammenhang zwischen den täglichen Zählmengen den automatischen Zählstellen und den Swisscom-Daten. Mittlere bis sehr starke Zusammenhänge (Steigung) sowie signifikante p-Werte sind **fett** gedruckt.

Standort	y-Achsenabschnitt	Steigung	Standardfehler	Konfidenzintervall	p-Wert	Erklärte Varianz [%]	Korrelation	p-Wert
1	78.48	0.05	0.00	0.04 – 0.06	<0.001	19	0.443	<0.001
2	134.59	0.29	0.07	0.15 – 0.43	<0.001	4	0.206	<0.001
3	124.61	0.03	0.01	0.01 – 0.04	0.001	3	0.179	<0.001
4	130.32	0.08	0.06	-0.03 – 0.19	0.172	0	0.072	0.2
5	124.28	0.01	0.02	-0.02 – 0.04	0.527	0	0.033	0.5
6	146.63	0.06	0.01	0.04 – 0.07	<0.001	10	0.319	<0.001
7	127.58	-0.02	0.01	-0.05 – 0.00	0.099	0	-0.086	0.010
8	257.48	0.14	0.03	0.08 – 0.20	<0.001	6	0.242	<0.001
9	67.48	0.23	0.03	0.18 – 0.29	<0.001	15	0.387	<0.001

Tab. vii: Zusammenhang zwischen den wöchentlichen Zählmengen den automatischen Zählstellen und den Swisscom -Daten. Mittlere bis sehr starke Zusammenhänge (Steigung) sowie signifikante p-Werte sind **fett** gedruckt.

Standort	y-Achsenabschnitt	Steigung	Standardfehler	Konfidenzintervall	p-Wert	Erklärte Varianz [%]
1	494.87	0.06	0.01	0.03 – 0.09	<0.001	26
2	889.87	0.54	0.24	0.05 – 1.03	0.030	7
3	875.32	0.02	0.03	-0.03 – 0.07	0.355	0
4	936.40	-0.04	0.18	-0.40 – 0.31	0.805	2
5	929.38	-0.04	0.05	-0.13 – 0.05	0.415	0
6	940.93	0.10	0.02	0.06 – 0.15	<0.001	30
7	890.29	-0.02	0.04	-0.09 – 0.05	0.534	-1
8	1741.53	0.21	0.09	0.03 – 0.39	0.020	9
9	362.02	0.54	0.10	0.34 – 0.73	<0.001	37