



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA



Schweizer Wanderwege  
Suisse Rando  
Sentieri Svizzeri  
Sendas Svizras



# ANWENDUNGSORIENTIERTE ÜBERSICHT ZU AUTO- Matischen ZÄHLUNGEN AUF WANDERWEGEN

## EINE PRAXISHILFE

VERFASSER

DANIEL SAUTER, URBAN MOBILITY RESEARCH  
SUSANNE FRAUENFELDER, SCHWEIZER WANDERWEGE

DATUM

8. AUGUST 2022

## IMPRESSUM

AUFTRAGGEBER/ HERAUSGEBER	BUNDESAMT FÜR STRASSEN ASTRA, BEREICH LANGSAMVERKEHR, BERN SCHWEIZER WANDERWEGE, BERN
AUTOREN	DANIEL SAUTER, URBAN MOBILITY RESEARCH, ZÜRICH SUSANNE FRAUENFELDER, SCHEIZER WANDERWEGE, BERN
PROJEKTPARTNER	WIR DANKEN DEN AUSKUNFTGEBENDEN FÜR IHRE ZAHLREICHEN UND WERTVOLLEN HINWEISE: RONALD SCHMIDT, STIFTUNG WILDNISPARK ZÜRICH CLAUDE BALSIGER, ALLEGRA TOURISMUS PATRIK EMMENEGGER, GEMEINDE ENGELBERG PHILIPP OESCHGER, TOURISMUS ENGELBERG STEFAN STEURI, NATURPARK GANTRISCH MARVIN BÜRGIN, GRÜN STADT ZÜRICH
FOTOS UND ILLUSTRATIONEN	CLAUDE BALSIGER, MARVIN BÜRGIN, CHRISTIAN PESTALOZZI, RONALD SCHMIDT, STE- FAN STEURI, BIOSFERA VAL MÜSTAIR, FORSCHUNGSGRUPPE UMWELTPANUNG ZHAW, UNIVERSITÄT LAUSANNE, ECO-COUNTER, PARAMETRIC, RECONYX, SWISSTRAFFIC, TRAFX. DANIEL SAUTER: ALLE ÜBRIGEN FOTOS
COPYRIGHT	ASTRA / SCHWEIZER WANDERWEGE / URBAN MOBILITY RESEARCH, AUGUST 2022
ZITIERVORSCHLAG	SAUTER DANIEL, FRAUENFELDER SUSANNE: ANWENDUNGSORIENTIERTE ÜBERSICHT ZU AUTOMATISCHEN ZÄHLUNGEN AUF WANDERWEGEN. EINE PRAXISHILFE. HRSG. BUNDESAMT FÜR STRASSEN ASTRA UND SCHWEIZER WANDERWEGE, BERN 2022.
DOWNLOAD	DER BERICHT UND WEITERE UNTERLAGEN KÖNNEN VON FOLGENDER WEBSITE HER- UNTERGELADEN WERDEN: <a href="http://WWW.WANDERWEGE.SCHWEIZER-WANDERWEGE.CH">WWW.WANDERWEGE.SCHWEIZER-WANDERWEGE.CH</a>
SPRACHLICHE GLEICHBEHANDLUNG	IM BERICHT WERDEN, WENN IMMER MÖGLICH NEUTRALE BEGRIFFE FÜR DIE PERSO- NEN VERWENDET (WANDERENDE, MOUNTAINBIKENDE ETC.). WIRD ZWECKS PRÄGNANZ NUR EINE GESCHLECHTSFORM VERWENDET, IST IMMER JEDE PERSON GEMEINT.

## VORWORT

Frequenz-Messdaten sind für vielfältige Fragestellungen einsetzbar, u.a. für die Einschätzungen der Nutzungsintensität von Wanderrouten, für Erfolgskontrollen von Aufwertungs- oder Lenkungs-massnahmen, für Präferenzanalysen bestimmter Wegtypen und -kategorien sowie zur Entwicklung von Lösungsansätzen und Gefahreinschätzungen für Koexistenz- und Entflechtungsmassnahmen. Frequenz-Messdaten können somit wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Wanderwegnetz-Planung, die Qualitätsförderung, die Kommunikation und die Koordination unterschiedlicher Inter-essen liefern.

Aufgrund der zunehmenden Popularität des Wanderns im Sommer, als auch im Winter und anderer Outdoorsportarten, kann es einerseits zur Bildung von besonders beliebten Besucher-Hotspots kommen, als auch zu intensiver und mehrfachgenutzten Wanderweginfrastrukturen. Diese Entwicklung erfordert einerseits neue Lenkungs- und Unterhaltsmassnahmen auf dem bestehenden Wanderwegnetz als auch neue Ansätze für die Planung und den Bau von möglichen Parallelinfrastrukturen. Für massgeschneiderte und zukunftsfähige Lösungsansätze sind verlässliche Daten-grundlagen als Entscheidungsbasis essenziell und diese wiederum erfordern verlässliche gross- oder kleinräumige Monitorings und Nutzerstromanalysen.

Ziel der vorliegenden Praxishilfe ist es, potenzielle Projektinitiierende auf kantonaler und/oder kommunaler Ebene, als auch Tourismusorganisationen und weitere in der Langsamverkehrsplanung involvierte Akteure einerseits mit dem Ablauf eines **exemplarischen Monitoringprozesses** bekannt zu machen und die erforderlichen Planungs- und Arbeitsschritte aufzuzeigen. Andererseits auf die zentralsten **Entscheidungskriterien für die Wahl der Zählgeräte** hinzuweisen, sodass diese der spezifischen Fragestellung, Zielsetzung und den Rahmenbedingungen des geplanten Monitorings möglichst optimal entsprechen.

Ergänzend zu dieser Praxishilfe wurde zu diesem Zweck [im Anhang/ Kapitel 8 eine Übersichtsta-belle](#) erstellt, anhand von welcher die verschiedenen Zähltechnologien miteinander verglichen werden können. Diese kann auch als separates Dokument heruntergeladen werden:

[www.wanderwege.schweizer-wanderwege.ch](http://www.wanderwege.schweizer-wanderwege.ch)

Da automatische Zählgeräte noch einer verhältnismässig jungen Technologie entsprechen und stetig weiterentwickelt werden, handelt es sich bei den dokumentierten Zählgeräten um eine Mo-mentaufnahme, welche stetig aktualisiert werden muss.

Diese Tatsache widerspiegeln auch die in dieser Praxishilfe dokumentierten **Praxisbeispiele**, wobei alle Projektleitenden Pioniergeist aufweisen und ihre Erfahrungen zum realen Einsatz der Zähltech-nologien im Sinne des Wissenstransfers zu Verfügung stellen. An dieser Stelle sei den Auskunftge-benden für die grosszügige Kooperation sowie die wertvollen und zahlreichen Hinweise zur Erar-beitung dieser Praxishilfe herzlich gedankt.

Da nebst physischen Zählgeräten auch digitale Tracking-Datensätze stets häufiger zur Eruierung von Nutzerströmen und deren Intensität für unabhängige Evaluationen beigezogen oder mit diesen kombiniert werden, werden zudem in **Kapitel 4 zu «Big Data»** aktuelle Möglichkeiten aufgezeigt, wie diese Datensätze für Monitoringprozesse eingesetzt werden können.

In diesem Sinne wird mit dieser Praxishilfe das übergeordnete Ziel verfolgt, die Initiierung und Durchführung von Zählprojekten zu vereinfachen und den Kontakt und Erfahrungsaustausch unter Projektleitenden zu fördern, sodass künftig ein breiteres Netzwerk von Zählungen auf Wanderwe-gen entstehen kann.

# INHALT

1	Monitoringprozess.....	5
1.1	Konzeption: Zielsetzung, Fragestellung.....	6
1.2	Planung der Erhebung.....	7
1.3	Durchführung der Zählung .....	8
1.4	Datenverarbeitung: Prüfung, Bereinigung .....	9
1.5	Auswertung, Interpretation, Kommunikation.....	9
1.6	Datenmanagement und Dokumentation .....	10
1.7	Schätzung von Arbeitsaufwand und Kosten .....	11
2	Entscheidungskriterien und Zähltechnologien.....	13
2.1	Wichtigste Kriterien für die Auswahl eines geeigneten Zählgeräts.....	13
2.2	Beschrieb der Zählgeräte .....	15
3	Praxisbeispiele .....	31
3.1	Wildnispark Zürich.....	33
3.2	Naturpark Gantrisch .....	37
3.3	Silvapiana .....	41
3.4	Engelberg.....	45
3.5	Stadt Zürich: Hürstwald .....	49
4	Big Data: Nutzergenerierte Daten .....	53
4.1	Einleitung .....	53
4.2	APP-/GPS-Daten – z.B. STRAVA.....	54
4.3	Mobilfunkdaten – z.B. SWISSCOM.....	55
4.4	Bluetooth/WIFI-Daten.....	56
4.5	Pilot-Anwendungen nutzergenerierter Daten.....	57
4.6	Vergleich von nutzergenerierten Daten mit Zählgerätedaten.....	60
4.7	Zukunftsentwicklungen .....	62
5	Literatur .....	63
6	Abbildungs-/ Tabellenverzeichnis.....	64
7	Übersicht zusätzliche Dokumente .....	66
8	Anhang: Übersicht über Zähltechnologien und -geräte sowie deren Eigenschaften .....	67

# 1 MONITORINGPROZESS

Der Monitoringprozess umfasst eine Reihe von einzelnen Arbeitsschritten. Die Zählung selber ist nur ein Schritt unter verschiedenen wichtigen Schritten der Vor- und Nachbereitung. Hierzu ist ein systematisches Vorgehen notwendig mit guter, sorgfältiger und vorausschauender Planung. Der Aufwand und die Komplexität beim Aufbau eines Zählstellennetzes oder nur schon einer einzigen, kurzzeitigen automatischen Zählung werden häufig unterschätzt. Eine realistische Planung des Arbeitsaufwandes sowie der personellen und finanziellen Ressourcen sind dementsprechend essenziell, wobei die Kosten für die Anschaffung eines Zählgeräts nur einen – meist nicht entscheidenden – Anteil am gesamten finanziellen Aufwand einer Zählung bzw. eines Monitorings ausmachen.

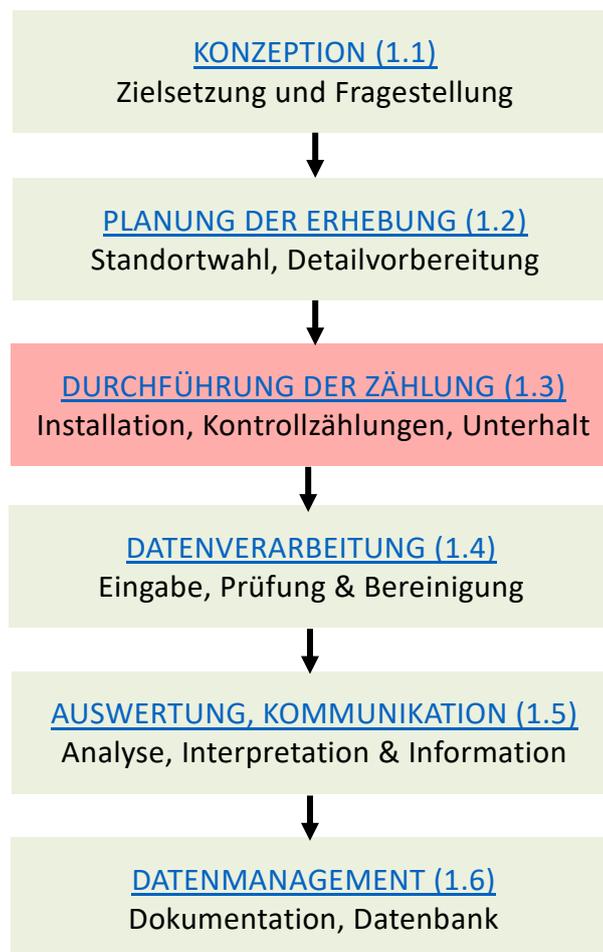


Abbildung 1: Der Monitoringprozess als Ablaufschema mit den Arbeitsschritten vor und nach der Zählung

Die beiden ersten wichtigen Schritte sind die Konzeption der Erhebung und die detaillierte Planung derselben. Wenn nicht schon ein Zählgerät vorhanden ist, entscheidet sich in diesem Schritt, welches Gerät für die beabsichtigte Zählung am besten geeignet ist.

Die Zählung selber umfasst einige wesentlichen Schritte von der Installation inkl. einer guten Tar- nung über Kontrollzählungen bis zum Unterhalt. Eine sorgfältige Auswahl der Technologie bzw. des Zählgeräts, aber auch des Standorts sind zentrale Faktoren. Nur so kann eine lückenlose und valide Zählung erfolgen. Im Anschluss daran ist der Aufbereitung, Auswertung und Dokumentation der Daten ebenso viel Aufmerksamkeit zu schenken, wie allen Schritten davor.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte im Sinne einer Checkliste dargestellt. Diese enthält nur die wichtigsten Punkte. Je nach Ziel und Anwendung ist ein noch höherer Detaillierungsgrad

notwendig. Hier wird empfohlen, im Vorfeld je nach Bedarf mit den im Bericht angegebenen Kontaktpersonen einen Erfahrungsaustausch zu vereinbaren.

Zahlreiche der folgenden Empfehlungen stammen aus Protokollen, Präsentationen und Dokumenten, die im Rahmen des Erfahrungsaustauschs im [Netzwerk «Monitoring Fuss- und Veloverkehr»](#) erarbeitet worden sind. Auch aus der Praxis sind viele Einsichten eingeflossen ohne dass die jeweiligen Auskunftgebenden namentlich erwähnt sind. Der Dank geht an alle, die zu dieser Fülle an Erfahrungswissen beigetragen haben.

## 1.1 KONZEPTION: ZIELSETZUNG, FRAGESTELLUNG

<b>Konzeption und Vorabklärungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klare Definition von Ziel und Fragestellung: Was ist das Ziel des Projekts? Was ist die Fragestellung, was wollen wir herausfinden?</li> <li>• Welcher Typ von Erhebung eignet sich zur Beantwortung der Fragestellung? Ist eine Zählung hierzu hilfreich/notwendig?</li> <li>• Ist allenfalls die Kombination einer Zählung mit nutzergenerierten Daten sinnvoll (siehe <a href="#">Kap. 4</a>)?</li> <li>• Ist eine oder sind mehrere Querschnittszählungen angedacht? Oder soll eine Kordonzählung durchgeführt werden, bei der alle Zugänge in ein Gebiet gezählt werden? Entsprechend anders ist an die Zählung heranzugehen.</li> <li>• Wie gross ist das Projektgebiet / der Perimeter?</li> <li>• Ist eine Vergleichbarkeit mit künftigen Erhebungen notwendig? Wenn ja, welche Vorkehrungen sind dafür schon bei der Ersterhebung zu treffen?</li> <li>• Wurden früher bereits ähnliche Erhebungen durchgeführt?</li> <li>• Plant jemand anderer eine ähnliche Erhebung oder hat einen entsprechenden Datenbedarf? Wäre eine Kooperation sinnvoll?</li> <li>• Wer muss vorab informiert oder konsultiert werden? Mit einer Koordination innerhalb einer Organisation sollen Überschneidungen, unnötige Wiederholung vermieden und Synergien genutzt werden.</li> <li>• Gibt es ein einheitliches Verständnis von Fachbegriffen und Kennwerten unter den Beteiligten, insbesondere den Auftraggebenden und -nehmenden? Um Missverständnissen vorzubeugen, kann es sinnvoll sein, die Begrifflichkeiten und Definitionen vorab zu klären.</li> <li>• Wer finanziert das Projekt? (falls noch nicht klar) – zur Kalkulation von Kosten und Aufwand siehe <a href="#">Kap. 1.7</a>.</li> <li>• Bestehen die erforderlichen zeitlichen / personellen und finanziellen Ressourcen, um das Projekt durchzuführen?</li> <li>• Was ist der Zeitplan? Ist eine Zählung im vorgesehenen Zeitrahmen möglich?</li> </ul>
--------------------------------------	---

## 1.2 PLANUNG DER ERHEBUNG

<p><b>Planung</b></p>	<p>Im Hinblick auf die Erhebung müssen folgende Fragen geklärt werden, denn sie wirken sich zum Teil auf die Gerätewahl (Technologie) und/oder das weitere Vorgehen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzzeit- oder Dauerzählung (temporär/permanent bzw. eine Kombination davon, siehe <a href="#">Kap. 2.1</a>)?</li> <li>• Sollen nur Zufussgehende oder auch Velo, Autos, Reitende etc. gezählt werden?</li> <li>• Vorhandene Wegbreite?</li> <li>• Erwartete Frequenzen?</li> <li>• Erhebungszeitpunkt, Jahreszeit der Zählung (z.B. auch in der Wintersaison bei Schnee und Eis?)</li> <li>• Mögliche weitere Wittereinflüsse (Nässe, Feuchtigkeit – notwendige Witterungsbeständigkeit des Geräts)?</li> <li>• Energieverfügbarkeit (vermutlich meist Batterie oder Solarpanel)?</li> <li>• Wo ist die Installation innerhalb des gewählten Perimeters sinnvoll/möglich? Wahl des Standorts auf Makro- und ev. Mikroebene (siehe nächsten Abschnitt)</li> <li>• Mögliche Einflüsse auf die Zählung durch Ferien, spezielle Anlässe/Veranstaltungen – werden sie gewollt einbezogen oder sind sie nicht erwünscht?</li> </ul> <p>&gt; Entscheid: Technologie und Gerätetyp (<a href="#">Kap. 2</a>): was eignet sich für welche Zählung?</p>
<p><b>Standortwahl im Detail</b></p>	<p>Je nach zu zählenden Mobilitätsformen sind unterschiedliche Kriterien für die Standortwahl relevant:</p> <p>Alle Geräte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leute sollen möglichst zügig und normal am Sensor vorbeigehen können (nicht abgelenkt, sondern zielstrebig), d.h.: keine Wegweiser, Infotafeln, Kreuzungen, Ausblicke, Sitzbänke, Abfalleimer usw. in der Nähe, was dazu führen könnte, dass Leute stehen bleiben oder sich sammeln, oder es zu stockendem Verkehr kommt.</li> </ul> <p>Infrarotsensoren &amp; Radarzählgeräte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichst schmaler Weg (damit Personen nacheinander und nicht nebeneinander gehen).</li> <li>• Keine Weiden auf denen sich Tiere befinden oder wo sie frei herumlaufen können.</li> <li>• Keine Strassen oder Bahnlinien gegenüber den Sensoren.</li> <li>• Keine Vegetation vor oder nahe gegenüber dem Zählgerät.</li> <li>• Keine direkte Sonne oder spiegelnde Oberflächen, keine bewegten Objekte, keine senkrechten oder waagerechten Strukturen (Zäune, Geländer) gegenüber dem Gerät.</li> </ul> <p>Kombi- und Velozählgeräte bzw. Plattensensoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichst flach, keine Steigungen/kein oder nur geringes Gefälle (einzelne Geräte bedingen einen Geschwindigkeitsunterschied zwischen Wandern und Mountainbikenden, um sie separat erfassen zu können; dies ist auf ebenen Wegen am besten möglich).</li> <li>• Standort so wählen, dass der Kies auf Plattensensoren und Veloschlaufen nicht "abgefahren", "weggebremst" oder weggespült wird.</li> </ul>

<b>Konkrete Vorbereitungen der Erhebung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detaillierter und realistischer Zeitplan: von wann bis wann wird gezählt, wann müssen die Daten fertig aufbereitet und für die Veröffentlichung bzw. Weitergabe vorhanden sein?</li> <li>• Arbeitsplan erstellen: wer macht was, wann?</li> <li>• Umgang mit Störungen: wer ist für den Unterhalt und die Wartung zuständig, wer geht ins Feld?</li> <li>• Wer muss über die Zählung informiert werden? Welche Projektsprechperson kann für Anfragen kontaktiert werden?</li> </ul>
---	--

### 1.3 DURCHFÜHRUNG DER ZÄHLUNG

<b>Installation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation des Zählgeräts inkl. Tarnung; Berücksichtigung des Installationsaufwandes gemäss Gerätetyp (siehe <a href="#">Übersichtstabelle</a>) Tarnung: im Wald z.B. in Wanderwegmarkierungen oder Baumstämmen (dient einerseits zum Schutz vor Vandalismus, andererseits ist die Tarnung auch eine Frage der Ästhetik im Naturwald); "nackte" Pfosten oder gut sichtbare Geräte (z.B. Pyroboxen) sollten nicht im Naturwald verwendet werden, sondern nur am Rand bzw. am Waldeingang oder dort wo sowieso schon andere Infrastruktur wie Zaunpfosten, Laternen, Brücken usw. vorhanden sind (siehe dazu das Praxisbeispiel Wildnispark Zürich, <a href="#">Kap. 3.1</a>).</li> <li>• Wichtig ist die anschliessende Einrichtung der Zählstelle im jeweiligen Dashboard des Anbieters.</li> <li>• Fotografische und schriftliche Dokumentation der Installation, z.B. Richtungsangaben IN/OUT, spezielle Einstellungen am Gerät etc. (siehe <a href="#">Logbuch-Beispiel</a>).</li> <li>• Gerätekurztest: 20x in jeder Richtung und mit jeder relevanten Mobilitätsart schauen, wie das Gerät zählt, um sicherzustellen, dass die Installation funktioniert und die Parameter richtig eingestellt sind (siehe <a href="#">Beispiel Zählvorlage Sensortest</a>).</li> </ul>
---------------------	---

<b>Kontrollzählung / Kalibrierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontroll- bzw. Kalibrierungszählung ist nach jeder Neuinstallation, einem Austausch des Sensors oder einer anderen Veränderung an der Installation notwendig. Mit der Kalibrierung werden folgende Einflüsse kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Eigenheiten des Sensors</li> <li>– Besonderheiten der Installation (Montagehöhe, Wegbreite, usw.)</li> <li>– Besucherverhalten (nebeneinander gehen, usw.).</li> </ul> </li> <li>• Die Kontrollzählung sollte vorzugsweise bei Nieder-, Mittel- &amp; Hochlast für mindestens je eine Stunde durchgeführt werden. Bei sehr geringen Frequenzen auch länger (mindestens 100 Passagen pro Zählgerät).</li> <li>• Die Zählung sollte immer an einem Stück von mindestens einer Stunde erfolgen. Zählungen von 15 Minuten sind nicht genug aussagekräftig und zu stark von Zufällen abhängig.</li> <li>• Stunden mit zu vielen oder zu hohen Ausreissern sind wegzulassen bzw. zu wiederholen.</li> <li>• Bei schmalen Wegen, wo nur eine Person durchgehen bzw. -fahren kann, sind Kontrollzählungen etwas weniger dringend als an breiten</li> </ul>
---------------------------------------	---

	<p>Wegen mit vielen nebeneinander gehenden Personen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Ergebnisse der Kontrollzählung sollten dokumentiert werden.</li> <li>• Wie bei einer Kalibrierungszählung vorzugehen ist, zeigt dieses <a href="#">Video aus dem Wildnispark Zürich</a>.</li> </ul>
<b>Unterhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmässige Gerätekontrolle (wenn möglich 1x pro Monat) und allfällige Wartungsarbeiten durchführen (Reparaturen, Batteriewechsel, Freischneiden von Vegetation).</li> <li>• Beobachtung der automatisch übermittelten Alarme vom Dashboard: keine Verbindung, keine Daten („0“-Werte), grosse Abweichungen als Hinweise nutzen; eine tägliche Kontrolle der Zahlen im Dashboard wird empfohlen.</li> <li>• Allfällige Störungen (z.B. Baustellen), Ereignisse (z.B. Sportveranstaltungen) und Reparaturen dokumentieren: was war das Problem und was wurde gemacht z.B. Führen eines Logbuches / Wartungsprotokolls (siehe <a href="#">Beispiel aus dem Wildnispark Zürich</a>).</li> <li>• Regelmässige Auslese der Daten vor Ort (falls keine automatische Übermittlung ins Dashboard möglich ist).</li> </ul>

## 1.4 DATENVERARBEITUNG: PRÜFUNG, BEREINIGUNG

<b>Dateneingabe, -prüfung und -bereinigung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dateneingabe, falls nicht schon durch automatische Übermittlung ins Dashboard erfolgt.</li> <li>• Plausibilitätsüberprüfung.</li> <li>• Datenaufbereitung &amp; ev. Kalibrierung: Standardkorrektur bei grösseren Abweichungen aufgrund der Kontrollzählung.</li> <li>• Vorgehen bei Ausfällen, Datenlücken und unplausiblen Werten, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausschluss der Daten: bei Störungen, Arbeiten am Zähler oder aus ähnlichen Gründen werden die jeweiligen Tage oder Stunden ausgeschlossen, d.h. auf No Data gesetzt (nicht auf 0, das ist wichtig).</li> <li>- Korrektur oder Hochrechnung von fehlenden oder unplausiblen Werten: ist die Ausfallzeit gering oder sind nur einzelne Werte betroffen, können diese auch aufgrund von Analogschlüssen korrigiert oder hochgerechnet werden.</li> <li>- Wettereinflüsse werden nicht korrigiert.</li> </ul> </li> </ul>
--	--

## 1.5 AUSWERTUNG, INTERPRETATION, KOMMUNIKATION

<b>Auswertung/ Interpretation ev. Bericht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung und Datendarstellung z.B. in Excel; allenfalls reicht auch die Darstellung im Dashboard des Anbieters.</li> <li>• Einschätzung der Datenqualität, allfällige Vorbehalte.</li> <li>• Interpretation der Daten, wichtigste Resultate hervorheben. Wurden die ursprünglichen Fragen beantwortet und die Zielsetzung erreicht?</li> <li>• Braucht es langfristige orientierte Indikatoren, die z.B. auch Vergleiche mit anderen Projekten ermöglichen würden?</li> </ul>
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ist das Verfassen eines Berichts erforderlich?</li> <li>• Schlussfolgerungen für Handlungsempfehlungen formulieren.</li> </ul>
<b>Kommunikation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbreitung/Kommunikation der Resultate / Öffentlichkeitsarbeit: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wer muss/soll davon wissen: intern/extern?</li> <li>- In welcher Form sollen die Ergebnisse veröffentlicht werden?</li> <li>- Sind es Rohdaten oder bearbeitete Werte?</li> <li>- Stunden-, Tages-, Monats- oder Jahresangaben?</li> <li>- Sollen die Daten z.B. mit dem Wettereinfluss abgeglichen werden (ist beim Wandern und Veloverkehr häufig relevant)?</li> <li>- Sauber und transparent darstellen, was wirklich gezählt wurde und allenfalls anhand von Definitionen deklarieren, was die Zahlen aussagen; z.B. Unterschiede zwischen Anzahl Besuchern und Anzahl Besuchen, oder dass eine Frequenzzählung noch kein Besucherstrom ist.</li> <li>- Werden die Daten interpretiert oder kommentarlos veröffentlicht?</li> </ul> </li> </ul>

## 1.6 DATENMANAGEMENT UND DOKUMENTATION

<b>Zählstellen- und Datenmanagement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht über die Standorte, Lizenzen, Garantien, vorgenommenen Reparaturarbeiten, speziellen Vorkommnisse, den Stand der Batterieladung, alle Arbeiten am Zähler, Kalibrierungszählungen etc. Am besten in Form eines <a href="#">Logbuchs</a> für jeden Zähler bzw. jede Zählstelle.</li> <li>• Wenn die Daten auf einer OpenData-Plattform zugänglich gemacht werden: wie wird sichergestellt, dass die Daten regelmässig nachgeführt werden?</li> </ul>
<b>Dokumentation / Datenbank</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation früherer Erhebungen – zuweilen weiss man innerhalb der Organisation/Verwaltung nicht (mehr), dass eine bestimmte Erhebung schon früher durchgeführt und/oder ein Auftrag extern vergeben wurde.</li> <li>• Notwendig und sinnvoll ist eine zentrale digitale Dokumentation bzw. Datenbank über bereits durchgeführte Erhebungen und Zählungen zu haben z.B. auf einer GIS-Applikation.</li> <li>• In der Dokumentation enthalten sein sollte z.B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Art der Erhebung (Zählung, Befragung etc.),</li> <li>- die berücksichtigten Mobilitätsformen bzw. Nutzenden (Fuss- oder Veloverkehr, Reiter, MIV etc.),</li> <li>- die Art der Dokumente (Daten, Bericht, Videos etc.),</li> <li>- die Art des methodischen Vorgehens bei der Datenbereinigung mit den vorgenommenen Anpassungen.</li> </ul> </li> <li>• Suchfunktion und intuitives Verzeichnis, um die Auffindbarkeit zu gewährleisten.</li> <li>• Gewährleistung der langfristigen Sicherung der Daten.</li> </ul>

## 1.7 SCHÄTZUNG VON ARBEITSAUFWAND UND KOSTEN

Die wenigsten Nutzenden von Zählgeräten führen detailliert Buch über ihren Arbeitsaufwand und ihre Kosten. Zum Teil sind die Aufgaben auch an Dritte wie z.B. Planungsbüros ausgelagert bzw. delegiert und es werden Pauschalbeiträge an diese bezahlt. Die Stiftung Wildnispark Zürich führt als eine der wenigen Zählgeräte-Anwendenden eine detaillierte Zeit- und Finanzbuchhaltung, die einen Hinweis auf den Aufwand zulässt. Zwar beziehen sich die Angaben vor allem auf die Eco-Counter-Zählgeräte, aber er dürfte für andere Anbieter und Geräte in einer ähnlichen Grössenordnung liegen.

### ARBEITSAUFWAND NACH EINZELNEN SCHRITTEN

#### **Installation und Unterhalt**

Die Montage erfolgt am besten zu zweit, so dass man auch Testzählungen machen kann. Einzelne Geräte sind innerhalb einer halben Stunde installiert, wenn ein Pfosten gesetzt und einbetoniert oder eine Velozählstelle verlegt werden muss, dauert es wesentlich länger (mindestens einen halben Tag für zwei Personen).

#### **Kontrollzählungen und Kalibrierung**

Zu Beginn einer Installation mindestens 3-5 Stunden pro Zählstelle, nach einer gewissen Zeit ist dies zu wiederholen (mind. alle 3 Jahre). Nach Reparaturen oder sonstigen Veränderungen am Gerät muss nochmals neu kalibriert werden.

#### **Wartung**

Für die Wartung (Kontrolle, Batteriewechsel, Reparaturen etc.) sind zwischen 10 und 15 Arbeitsstunden pro Jahr und Zählstelle vorzusehen. Je nachdem ist auch der Anreiseweg zu abgelegenen Zählstellen zu berücksichtigen. Dies fällt insbesondere ins Gewicht, wenn man die Daten manuell auslesen muss.

#### **Datenprüfung, -aufbereitung, Auswertung und Veröffentlichung**

Je nach Fragestellung und Umfang 5 - 15h pro Jahr und Zählstelle.

#### **Dokumentation**

Für die Dokumentation der Arbeiten an den Zählgeräten z.B. in Form von Logbüchern sind rund 2 Arbeitsstunden pro Jahr und Zählstelle einzuplanen.

Insgesamt ist mit einem durchschnittlichen Aufwand in einem normalen Betriebsjahr (ohne Neuinstallation oder grundlegende Reparaturen) mit einem Aufwand von rund 25-30 Arbeitsstunden pro Zählgeräte zu rechnen. Bei vielen Geräten lassen sich Synergien erzielen, das Total liegt entsprechend tiefer, insbesondere wenn die Auswertungen grösstenteils automatisiert generiert werden.

Im Wildnispark Zürich fallen für die etwa 25 Zählsysteme insgesamt rund 300 bis 450 Arbeitsstunden pro Jahr für alle oben erwähnten Arbeitsschritte zusammen an.

### KOSTEN FÜR ANSCHAFFUNG UND UNTERHALT DER ZÄHLGERÄTE

Die Kosten für die Anschaffung und den Unterhalt der Geräte sowie die Auswertungen sind sehr verschieden. Die Spannweite beginnt bei einigen hundert Franken für eine automatische Kamera (Wildtierkamera), bei der der Auswertungsaufwand allerdings sehr gross ist und geht bis zu einigen

tausend Franken. Die meisten Gerätepreise liegen aktuell im Bereich zwischen CHF 2'200 und rund CHF 5'000, wobei für eine zusätzliche Lizenzgebühr von CHF 300 meist eine automatisierte Übermittlung und ein Auswertungsinstrument mit Dashboard angeboten wird. Der Auswertungsaufwand ist entsprechend niedriger.

Auch die Installationskosten unterscheiden sich, z.B. ob man ein mobiles Zählgerät temporär einsetzt oder ob man das Zählgerät permanent einbaut.

## 2 ENTSCHEIDUNGSKRITERIEN UND ZÄHL-TECHNOLOGIEN

### 2.1 WICHTIGSTE KRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL EINES GEEIGNETEN ZÄHLGERÄTS

Bevor die einzelnen Zähltechnologien und -geräte vorgestellt werden (siehe nachfolgendes [Kap. 2.2](#)), werden die wichtigsten Kriterien für die Auswahl und den Einsatz der jeweils geeigneten Zähltechnologie in Kurzform dargestellt. Dies soll helfen, die Technologien und Geräte schon im Hinblick auf die eigenen Anforderungen zu betrachten.

#### 1. Wird das Gerät für eine Kurzzeit- oder eine Dauerzählung eingesetzt (temporär/permanent)?

Für einen temporären Einsatz eignen sich automatische Kameras (Wildtierkameras), die Wärmebildkamera, die Induktionsschleifen EASY ZELT und der Druckschlauch. Für einen permanenten Einsatz kommen der Laserscanner; Plattensensoren, die Induktionsschleifen ZELT und das Kombigerät MULTI in Frage. Sowohl für Kurzzeit- wie für Dauerzählungen sind alle Infrarotsensoren sowie die Radargeräte und das Magnetometer geeignet.

- Permanente Zählungen eignen sich in erster Linie für ein langfristiges Besuchermonitoring, z.B. um die Entwicklung der Wegenutzung über die Zeit zu beobachten oder für Vergleiche zwischen Standorten oder als Referenz von periodischen oder projektbezogenen Zählungen.
- Periodische Zählungen können permanente Zählungen ergänzen und zeitlich und örtlich rotierend an dafür geeigneten Orten eingesetzt werden. Die Periodizität solcher Zählungen kann saisonal sein oder eine Zählung alle x Jahre, z.B. alle 5 Jahre umfassen.
- Projektbezogene Zählungen werden bei konkreten Einzelfragestellungen durchgeführt. Typischerweise wird dabei das Zählgerät nur einmal pro Ort eingesetzt, mit Ausnahme von Vorher-Nachher-Erhebungen z.B. zur Erfolgskontrolle von ergriffenen Massnahmen. Ein einmaliger Einsatz dient z.B. der Grundlagenbeschaffung für die Planung einer neuen Infrastruktur, einem Umbau oder auch für eine betriebliche Massnahme.

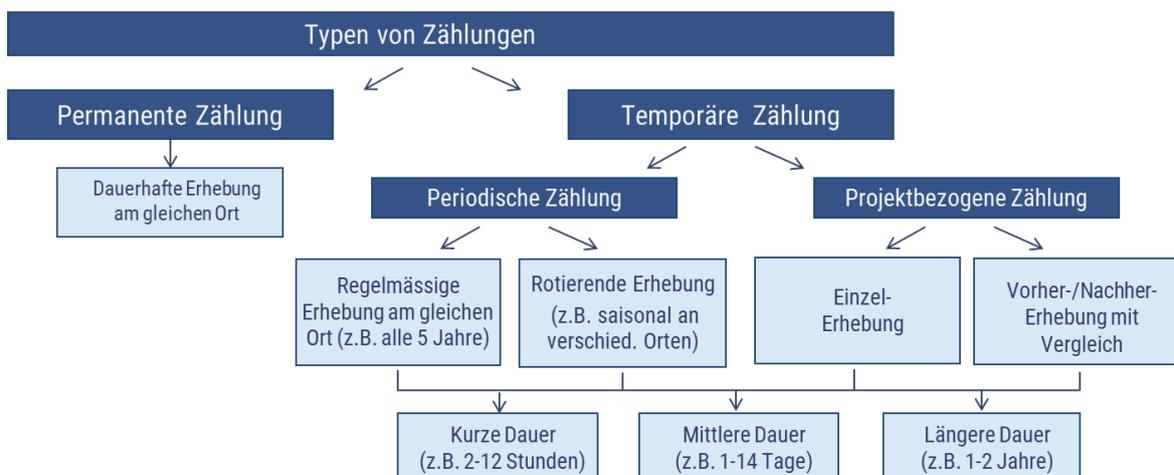


Abbildung 2: Übersicht über permanente, periodische und projektbezogene Zählungen (Quelle: Sauter und Rüttimann, 2021<sup>1</sup>)

<sup>1</sup> Sauter Daniel und Rüttimann Daniel, 2021: Zählstellenausbau 2021 – 2025 Fuss- und Veloverkehr im Kanton St. Gallen, im Auftrag des Kantons St. Gallen.

## 2. Wer soll gezählt werden?

Wenn alle Personen ohne Unterscheidung der Bewegungsform erfasst werden sollen, kommen die Infrarotsensoren in Frage. Zufussgehende/Wandernde allein werden nur von Plattensensoren und dem Radargerät PCR2-ODS erfasst. Die Zählung von nur Velofahrenden/Mountainbikenden kann mit Induktionsschleifen, Druckschlauch sowie Magnetometer erfolgen. Eine Mehrfach-/Kombierfassung der einzelnen Wegnutzenden ist mit dem Induktions- und Infrarotgerät MULTI, dem Radar TCR-LSS Slow Traffic, dem Laserscanner sowie den automatische Kameras (Wildtierkamera) und der Wärmebildkamera möglich. Auf Wegen, die fast ausschliesslich von einer Nutzergruppe genutzt werden, können natürlich auch die Personenzähler auf Infrarotbasis eingesetzt werden, da die Nutzergruppe eindeutig ist.

## 3. Soll auch in den Wintermonaten mit (viel) Schnee und/oder bei tiefen Temperaturen gezählt werden können?

Ein Teil der Geräte ist nicht geeignet für Orte, an denen im Winter regelmässig relativ viel Schnee liegt und tiefe Temperaturen herrschen. Wenig geeignet für solche Bedingungen sind alle im Boden eingelassenen Zähler (Plattensensoren, Induktionsschleifen, Magnetometer und Druckschlauch) sowie der Laserscanner (zählt nicht mit Schnee im Hintergrund). Wenn also z.B. auch Schneesporttreibende im Winter erfasst werden sollen, ist auf andere Systeme zurückzugreifen. Bei winterlichen Bedingungen gut einsetzbar sind die Infrarotsensoren, Radargeräte und die Wildtierkameras. Die Wärmebildkamera funktioniert nur in einem Temperaturbereich bis zu -10 Grad.

## 4. Wie breit und wie abgegrenzt ist der Weg, auf dem das Zählgerät eingesetzt werden soll?

Die meisten Geräte funktionieren am besten auf schmalen Wegen – je schmaler desto besser. Da sind Störfaktoren am geringsten, weil z.B. nicht zu viele Personen nebeneinander gehen/ fahren können. In der Praxis werden deshalb z.T. auch künstliche Engstellen geschaffen, z.B. mit der Platzierung eines Felsbrockens oder eines Holzsauns auf einem zu breiten Weg. Einzelne Geräte sollten zudem möglichst nahe am Weg platziert werden, bei anderen kann die Distanz auch etwas grösser sein, so dass diese z.B. im Wald gut versteckt werden können. Zu den Geräten mit den geringeren Reichweiten gehören die Infrarotsensoren von TRAFx und Swisstraffic, der Laserscanner, der Magnetometer (für Mountainbikes) und – sofern man die Richtung erfassen will – der Plattensensor. Besonders schwierig sind Situationen mit offenen Flächen, z.B. auf Alpweiden ohne Abzäunung, da dann auch Tiere mitgezählt werden oder diese die Zählgeräte beschädigen können.

## 5. Auf welchem Belag soll das Gerät eingesetzt werden?

Meist kann ein Standort entlang einer gewissen Strecke flexibel und so gewählt werden, so dass der Belag nicht ein entscheidendes Kriterium für die Technologie sein muss. Trotzdem sind einzelne Geräte vor allem für Hart- und andere eher für Naturbelag geeignet. Diese Frage betrifft alle Geräte, die im Boden eingelassen werden, also vor allem die Velozähler. Hier sind z.B. Wurzeln im Boden oder ein Felsuntergrund ein Problem. Das gilt auch für den Plattensensor. Dieser kann zudem nur in bestimmten Fällen auf Hartbelag eingesetzt werden (z.B. bei einer speziell gestalteten Pflästerung). Das Magnetometer ist nur auf Naturwegen (oder unmittelbar neben dem Weg) und das EASY ZELT-Gerät nur auf Hartbelag einsetzbar. Alle Geräte, die über dem Boden installiert werden, sind vom Belag unabhängig.

## 6. Wo soll das Gerät installiert werden?

Die folgenden Kriterien sind nicht ausschlaggebend für die Auswahl der Technologie, können aber die Spezifikationen des Geräts bestimmen und sind v.a. bei der kleinräumigen Standortwahl zu berücksichtigen.

- a) **Netzabdeckung mit Mobilfunk oder LoRaWAN.** Sollen die Daten automatisch übermittelt werden, so ist eine entsprechende Netzabdeckung zwingend. Wo keine Datenübermittlung möglich ist, müssen die Zählgeräte manuell vor Ort ausgelesen werden. Mit Ausnahme der beiden TRAFx-Geräte, der Wärmebildkamera von Nilousense und der meisten Wild-

tierkameras übermitteln alle Geräte die Daten bei Netzabdeckung automatisch in bestimmten Zeitintervallen an einen Server.

- b) **Versorgung mit Strom.** Einige Geräte verbrauchen nur wenig Strom und können mit einer langlebigen Batterie betrieben werden, andere benötigen mehr Energie. Hier bieten sich Solarpanels und/oder ein wieder aufladbarer Akku an. Bei Solarpanels ist darauf zu achten, dass in Wäldern, Tälern und bestimmten Lagen v.a. im Winter die Sonne rar ist. Deshalb kann sich ein alternatives Gerät mit einer Batterie oder eine Lösung mit einem Akku aufdrängen. Wenig Strom verbrauchen die Infrarotgeräte, die Plattensensoren und die Induktionsschleifen. Sie können mit Batterien mindestens ein Jahr lang betrieben werden. Alle anderen Geräte brauchen mehr Strom.
- c) **Tarnungsmöglichkeiten.** Um die Geräte vor Vandalismus zu schützen, ist eine gute Tarnung wesentlich. Diese ist bei permanent installierten Geräten normalerweise einfacher als bei temporär installierten. Gut getarnt sind alle Gerätetypen, die im Boden eingelassen werden (z.B. Plattensensoren und die Velozähler von Eco-Counter). Ebenfalls gut tarnen lassen sich Infrarotsensoren, z.B. indem sie in Pfosten, alten Baumstämmen oder in Wanderwegrauten versteckt werden.

#### 7. Weitere Kriterien, die allenfalls zu berücksichtigen sind

Über die bisher genannten Kriterien hinaus spielen beim Entscheid für ein Gerät natürlich weitere Fragen eine Rolle. Dazu gehören z.B. die ...

- a) **Messgenauigkeit.** Hierzu kann (noch) nicht zu allen Geräten eine unabhängige und zuverlässige Einschätzung gegeben werden. Nach Hersteller- und Anbieterangaben sind alle Geräte bei korrekter Installation sehr genau (über 90%). Allerdings kann dieser Wert aufgrund bisheriger Erfahrungen z.T. stark davon abweichen. Hierzu wäre eine unabhängige und vergleichende Studie in der Praxis zur Prüfung der Messwerte erforderlich.
- b) **Witterungsbeständigkeit.** Nicht alle Geräte scheinen in der Praxis so witterungsbeständig zu sein, wie angegeben. Allerdings lassen sich nicht alle Angaben unabhängig prüfen. Auch hierzu wäre eine separate und unabhängige Praxisstudie erforderlich.
- c) **Support- und Beratungsqualität durch den Hersteller bzw. Anbieter.** Aufgrund der Rückmeldungen aus der Praxis ist die Servicequalität z.T. sehr unterschiedlich. Sie hängt z.T. auch von sich verändernden Personal- und Rahmenbedingungen ab. Eine definitive Einschätzung und Empfehlung kann deshalb nicht abgegeben werden.
- d) **Kosten bzw. Kosten-Nutzen-Verhältnis.** Das Kriterium der Kosten steht bei vielen Projekten oft am Anfang der Überlegungen, sei dies in Bezug auf die Anschaffung oder die Miete von Zählgeräten. Im vorliegenden Bericht wird dieser Punkt bewusst am Ende genannt, da sich dieser ergibt in erster Linie aus den bisher genannten Kriterien ergibt. Die Erfahrung zeigt, dass es sich unter dem Strich nicht lohnt, auf ein günstiges Gerät zu setzen, sich dadurch aber ein Mehraufwand im Unterhalt (personelle Ressourcen) ergibt oder sich das Gerät nicht wirklich für den angestrebten Zählzweck eignet.

## 2.2 BESCHRIEB DER ZÄHLGERÄTE

Im Folgenden werden die einzelnen Technologien und Zählgerätetypen in ihrer Funktionsweise und mit deren Vor- und Nachteilen beschrieben. Ergänzt werden diese Angaben mit solchen zu Herstellern bzw. Anbietern, der genauen Produktbezeichnung und dem Weblink zum Produkt. Zudem wird darauf hingewiesen, in welchen Gebieten die Geräte bereits eingesetzt werden/wurden.

In Ergänzung zu den hier folgend aufgeführten Informationen der Produktebeschreibungen werden in einer **Übersichtstabelle** zu den einzelnen Zählgeräten und deren Merkmalen weitere praktische Angaben zur Reichweite (abgedeckte Wegbreite), Installationshöhe, Witterungsbeständigkeit, Messgenauigkeit, Datenschutz, Anschaffungs- und Betriebskosten sowie Montage- und Wartungsaufwand etc. angegeben. Dies soll als Hilfestellung zum Gerätevergleich und als Entscheidungsrasiermesser dienen. Die Übersicht ist im [Anhang/ Kapitel 8](#) aufgeführt und kann als separate Tabelle von folgender Website heruntergeladen werden: [www.wanderwege.schweizer-wanderwege.ch](http://www.wanderwege.schweizer-wanderwege.ch)

Bei dieser Gelegenheit kann auch darauf hingewiesen werden, dass im Rahmen eines Forschungsprojekts der SVI (Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten) im Januar 2022 eine Übersicht über geeignete Zählgeräte zur Erfassung des Fussverkehrs im urbanen Raum veröffentlicht worden ist (siehe Pestalozzi Christian et al. 2022<sup>2</sup>).

Die Aufstellung der Geräte für die Wanderwege folgt untenstehender Struktur:



**Alle Personen:** Zuerst werden alle Gerätetypen genannt, welche Personen generell erfassen, ohne aber die Bewegungsform bzw. das Verkehrsmittel unterscheiden zu können. Zufussgehende, Velofahrende oder Schneesporttreibende werden alle auf gleiche Art erfasst. Diese Geräte eignen sich an Orten, an denen nur das Gesamtaufkommen gemessen werden soll oder wo die Nutzung eindeutig ist, also z.B. nur Zufussgehende oder Schneesporttreibende zirkulieren.



**Nur Zufussgehende.** Als Zweites werden Gerätetypen genannt, die nur Zufussgehende/ Wandernde erfassen, nicht aber Velofahrende. Je nach Gerät können auch einzelne Schneesporttreibende wie z.B. Schneeschuhlaufende gezählt werden. Die Geräte sollten also nur an Orten zum Einsatz kommen, wo kaum andere Nutzende vorbeikommen, denn es kann sein, dass andere Wegnutzende die Zählung verfälschen.



**Nur Velos bzw. Mountainbikes:** Im dritten Abschnitt folgen Gerätetypen, die nur Velos bzw. Mountainbikes erfassen können. Sie eignen sich für Mountainbiketrails oder reine Velowege. Je nach Gerät können auf dem gleichen Querschnitt auch noch andere Verkehrsmittel unterwegs sein (MIV, Zufussgehende) welche aber die Zählung der Velos nicht beeinflussen.



**Kombi-Geräte mit Unterscheidung von Zufussgehenden und Velofahrenden bzw. Mountainbikenden:** Als letztes werden Kombi-Geräte beschrieben, die zwischen Zufussgehenden und Velofahrenden bzw. Mountainbikenden unterscheiden können. Gegebenenfalls können zusätzlich auch Reitende gezählt werden. Diese Geräte eignen sich speziell für Fragestellungen, bei denen ein differenziertes Bild der Wegnutzung gewonnen werden soll und wo es Sinn macht, am gleichen Ort und allenfalls mit demselben Gerät gleich mehrere Nutzungen abzubilden.

Die Erfahrungswerte mit den einzelnen Geräten sind sehr unterschiedlich. Zum Teil gibt es langjährige Berichte aus der Praxis, zum Teil basieren die Informationen vorwiegend auf den Angaben der Anbieter, z.B. von deren Website oder aus Gesprächen mit den Verantwortlichen. Zudem stammen einzelne Erfahrungen aus anderen Kontexten, z.B. aus dem städtischen Raum und nicht von peripheren Wanderwegen. Sofern die Angaben nicht unabhängig überprüft werden konnten, wird dies mit dem Computer-Symbol  vermerkt.

<sup>2</sup> Pestalozzi Christian, Bucheli Dominik, Sauter Daniel, 2022: Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs, Forschungsprojekt SVI 2017/009.

Tabelle 1: Übersicht über die im Folgenden einzeln dargestellten Geräte und Technologien

TYP	TECHNOLOGIE	PRODUKT (Herstellerbezeichnung)	HERSTELLER
PERSONEN (ohne Unterscheidung der Mobilitätsform)	Infrarotsensor	PYRO (nur Sensor, in Box oder Pfosten)	Eco-Counter
	Infrarotsensor	INFRARED TRAILCOUNTER	TRAFx
NUR ZUFUSSGEHENDE / WANDERNDE	Plattensensor	SLAB	Eco-Counter
	Radar	PCR2-ODS Outdoor Personenzähler 	Parametric
NUR VELOFAHRENDE / MOUNTAINBIKENDE	Induktionsschleife	ZELT; EASY ZELT	Eco-Counter
	Druckschlauch	TUBE Fahrradzähler 	Eco-Counter
	Magnetometer	MOUNTAIN BIKE COUNTER	TRAFx
MEHRFACH / KOMBI (Getrennte Erfassung von Fuss- und Veloverkehr, ev. Reitenden, Autos)	Infrarotsensor und Induktionsschleife	MULTI	Eco-Counter
	Infrarotsensor	Swiss BIKE+PED light  *	Swisstraffic
	Radar	TCR-LSS Slow Traffic Counter	Parametric
	Laserscanner	Swiss BIKE+PED crowd	Swisstraffic
	Wärmebildkamera	Nilousense IRview 	Nilousense
	Automatische Kamera (Wildtierkamera)	Diverse Produkte und Modelle	Reconyx, Bushnell, Cudde- back etc.

\* Dieses Gerät kann nach Herstellerangaben auch allein zur Zählung von Wandernden oder Mountainbikenden eingesetzt werden. Erfahrungen dazu aus der Praxis fehlen aber zurzeit noch weitgehend.

<b>Infrarotsensor</b>	<b>PERSONEN (ohne Unterscheidung der Mobilitätsform)</b>	
Hersteller/Anbieter	Eco-Counter	
Produktname	PYRO Personenzähler	
Website	<a href="https://de.eco-counter.com/produits/pyro-personenzaehler/">https://de.eco-counter.com/produits/pyro-personenzaehler/</a>	
Im Einsatz z.B. in	Jurapark Aargau, Wildnispark Zürich, Naturpark Gantrisch, Parc régional Chaseral, Parc naturel régional Jura vaudois, Parc naturel du Jorat etc.	
Funktionsweise	<p>Der Infrarotsensor wird zur Personenzählung (Wandernde, Reitende, Velofahrende, Schneesporttreibende) eingesetzt, wobei diese nicht voneinander unterschieden werden können. Der Sensor reagiert auf die Wärmeveränderung beim Vorbeigehen, bzw. -reiten oder -fahren.</p> <p>Den Sensor gibt es in verschiedenen Ausführungen: eingebaut in einen Pfosten, als Box oder als frei einbaubaren Sensor, z.B. in eine Wanderwegrhombe. Die Sensoren werden auf einer Höhe von ca. 80-90cm montiert, jene für Reiter auf 220-230 cm; gezählt wird horizontal. Beim frei installierbaren Sensor ist in der Nähe noch ein Schacht für das Speichergerät (Logger), die Batterie und die Übermittlungseinheit anzulegen. Die Batterie hält ca. 2 Jahre.</p>	
Vorteile	<p>Der Pyrosensor ist einfach zu montieren und kann sowohl für permanente wie temporäre Zählungen eingesetzt werden.</p> <p>Der Sensor allein lässt sich gut tarnen. Die Box hingegen fällt im Wald stark auf (Vandalismusgefahr!). Deshalb ist diese eher für Orte mit Infrastruktur in der Umgebung geeignet.</p> <p>Geräte sind seit langem auf dem Markt und haben sich bewährt.</p>	
Nachteile	<p>Durch die seitliche Erfassung kommt es bei zwei oder mehr nebeneinander gehenden Personen zur Überdeckung, d.h. das Gerät erfasst nur je eine Person. In den Sensorlöchern kann sich Schnee ansammeln oder sie werden von Spinnenweben, Wildbienen und anderen Kleintieren besetzt. Beim neueren Modell „Evo“ ist dies jedoch nicht mehr möglich.</p>	
Wichtig zu beachten	<p>Vorsicht bei direktem Einfall von Sonnenlicht, Spiegelungen und waagrechten oder senkrechten Strukturen gegenüber dem Sensor (Richtungsfehler!).</p>	



Abbildung 3: Pyrosensoren im Feldeinsatz; oben links: schematische Darstellung der Funktionsweise (Eco-Counter)

**Infrarotsensor**                      **PERSONEN** (ohne Unterscheidung der Mobilitätsform)



Hersteller/Anbieter

TRAFx

Produktname

Infrared Trail Counter

Website

<https://www.trafx.net/products#IR-counter>

Im Einsatz z.B. in

Naturpark Gantrisch, Landschaftspark Binntal

Funktionsweise

Das Zählsystem basiert auf einem Infrarotsensor, der die Wärmeunterschiede bei vorbeigehenden bzw. -fahrenden Personen misst. Der längliche Sensor wird meist horizontal oder leicht schräg von oben an einem Baum, Kandelaber oder an einer anderen stabilen Oberfläche befestigt. Dazu muss noch eine Box in der Nähe befestigt werden. Die Reichweite des Geräts beträgt rund 6m, beste Resultate werden bis 3m erreicht. Weil keine automatische Datenübermittlung stattfindet (die Daten müssen manuell am Gerät ausgelesen werden), hält die Batterie 8 bis 10 Jahre.

Vorteile

Die Infrarotgeräte sind einfach in der Montage und Bedienung. Sie lassen sich relativ gut tarnen (z.B. an Baumstämmen oder in Pfosten). Sie sind preislich attraktiv und die Batterien halten lange.

Nachteile

Die Geräte sind nicht sehr witterungsbeständig und lassen sich nicht aus der Ferne auslesen. Sie sind deshalb im Unterhalt und Betrieb aufwändig. Die Batterien halten weniger lang als versprochen. Zudem besteht das Problem der Überdeckung, wenn zwei oder mehr Personen nebeneinander den Sensor passieren. Schnelle Velos werden nicht gezählt. Anbieter nur per E-Mail und oft nicht sehr gut erreichbar, z.T. lange Antwortzeiten.

Wichtig zu beachten

Einzelne Wettersituationen wie Regen oder Schnee können zu Fehlzählungen führen.

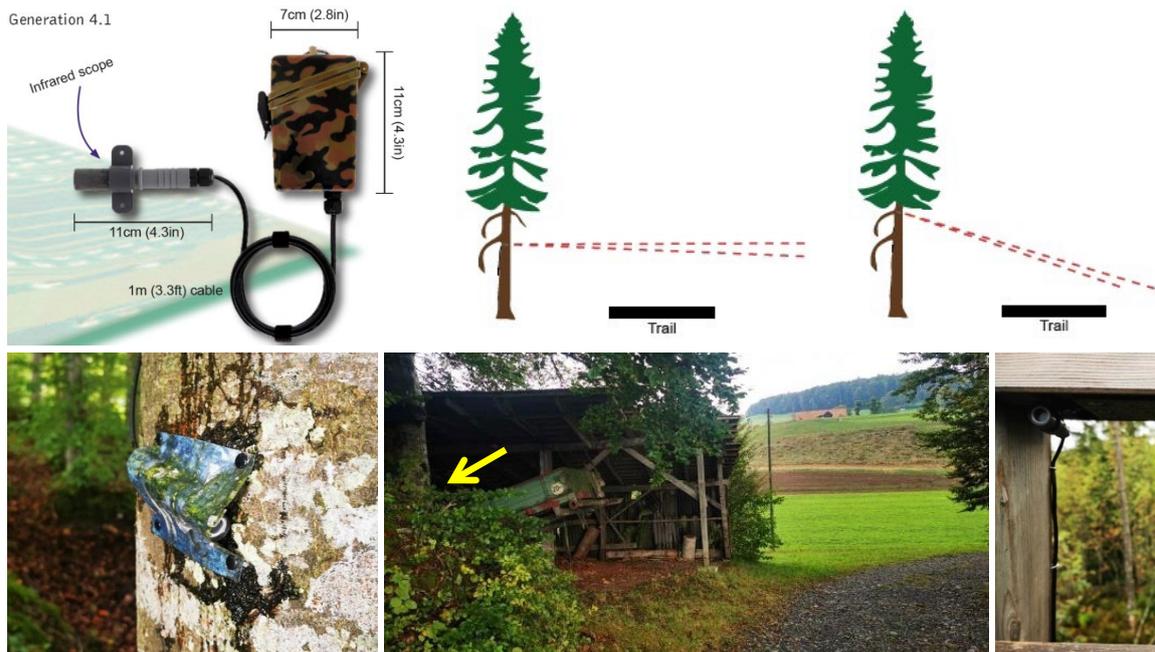


Abbildung 4: Oben: Ansicht Zählgerät und Montagemöglichkeiten (Quelle: TRAFx) Unten: Sensor an einem Baum, gut versteckt am Wegrand bzw. an einer Brücke (Fotos: Stefan Steuri, Naturpark Gantrisch)

<b>Plattensensor</b>	<b>NUR ZUFUSSGGEHENDE / WANDERNDE</b>	
Hersteller/Anbieter	Eco-Counter	
Produktname	Plattensensor, SLAB	
Website	<a href="https://de.eco-counter.com/produits/platten-personenzaehler/plattensensor/">https://de.eco-counter.com/produits/platten-personenzaehler/plattensensor/</a>	
Im Einsatz z.B. in	Schweizerischer Nationalpark, UNESCO-Welterbe Swiss Alps Jungfrau-Alertsch, Wildnispark Zürich	
Funktionsweise	Plattensensoren werden zur Zählung des Fussverkehrs eingesetzt. Dabei wird eine Platte im Boden eingelassen. Diese reagiert auf Druckveränderung, wenn jemand darauf tritt. Die Erfassungsbreite einer Platte von 50x60 cm kann durch das Nebeneinanderlegen vergrössert werden. Zur Erfassung der Gehrichtung werden zwei Platten hintereinandergelegt. Der Sensor wird mit Batterien betrieben, die ca. 2 Jahre halten.	
Vorteile	Unsichtbar, sicher vor Vandalismus, v.a. für Naturbelag geeignet, lange Batterie-laufzeit, einmal installiert, zählt der Sensor einfach und problemlos.	
Nachteile	Funktioniert nicht bei Schnee und Frost und nicht gut bei Mischnutzungen von Fussgängern und Velos. Installation ist relativ aufwändig. Der Boden muss dafür geeignet sein (keine Felsen oder Wurzeln).	
Wichtig zu beachten	Es muss auf genügende Überdeckung mit Kies oder Erde geachtet werden.	



Abbildung 5: Der Plattensensor im Einsatz im Wildnispark Zürich oben rechts (Foto: Ronald Schmidt) bzw. im Aletschwald unten; auf dem linken Bild beim Einbau (Foto: Forschungsgruppe Umweltplanung, ZHAW); oben links: Funktionsgrafik (Quelle: Eco-Counter)

<b>Radar</b>	<b>NUR ZUFUSSGEGEHENDE / WANDERNDE</b>	 
Hersteller/Anbieter	Parametric GmbH	
Produktname	Outdoor Radar People Counter PCR2 Solar 	
	<a href="http://parametric.ch/de/products/pcr2-ods/">http://parametric.ch/de/products/pcr2-ods/</a>	
Im Einsatz z.B. in	Dornbirn, Österreich: Rappenloch	
Funktionsweise	<p>Das System basiert auf Radartechnologie und ist speziell zur Zählung von Zufussgehenden entwickelt worden. Dies erfolgt mittels einer Mustererkennung bei geringer Geschwindigkeit. Ähnlich wie bei Infrarotgeräten können allerdings neben- oder dicht hintereinander gehende Personen nicht separat erfasst werden, wenn der Winkel dazwischen weniger als 40° beträgt. Je nach Situation und dem Anteil von Gruppen beträgt deshalb die Genauigkeit zwischen 50% und 95%. Am besten ist es, wenn der Wegdurchgang schmal und nur für jeweils eine Person möglich ist.</p> <p>Die Erfassungsbreite beträgt zwischen 1-10 Metern, die erfasste Geschwindigkeit bis zu 20km/h. Das Gerät kann horizontal oder schräg von oben zählen (maximale Höhe: 4m). Normalerweise wird es auf einer Höhe von 1.2-1.4m installiert. Die Stromversorgung erfolgt über Solarpanels und die Datenübermittlung mittels LoRaWAN, dem Long Range Wide Area Network der Swisscom. Damit sind die Geräte sehr energieeffizient und der Wartungsaufwand sehr gering.</p>	
Vorteile	<p>Das Zählgerät ist relativ klein, wartungsarm und kann einfach montiert werden. Es braucht zudem wenig Strom, sofern es eine Verbindung mit dem LoRaWAN-Netzwerk herstellen kann (finden des richtigen Frequenzbereichs).</p>	
Nachteile	<p>Das Gerät weist eine grosse Spannweite bezüglich Genauigkeit auf v.a. wenn mehrere Personen gleichzeitig das Gerät passieren. Zudem muss der Standort sehr sorgfältig gewählt werden.</p> <p>Nicht alle Einstellungen können vom Kunden selber vorgenommen werden, d.h. es besteht beim Betrieb eine Abhängigkeit vom Anbieter. Dieser ist nach Angaben aus der Praxis nicht immer gut erreichbar, was zu zeitlichen Verzögerungen führen kann.</p> <p>Weil erst wenige Erfahrungen aus der Praxis vorliegen, sind gültige Aussagen zur Zuverlässigkeit des Geräts noch nicht möglich.</p>	
Wichtig zu beachten	<p>Im Erfassungsbereich sollten sich keine anderen bewegten oder reflektierenden Objekte befinden. Es muss genügend Sonneneinstrahlung für das Solarpanel vorhanden sein.</p>	

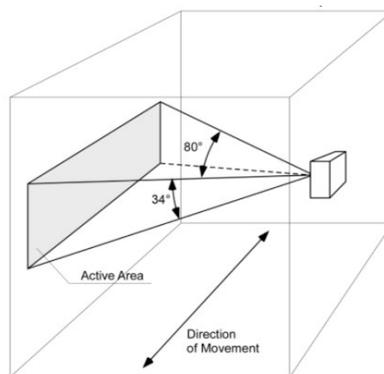


Abbildung 6: Das PCR2-Radarzählgerät (Fotos links und rechts) und die Abdeckung des Zählbereichs (Mitte) (Foto links und Grafik Mitte: Parametric)

<b>Induktionsschleifen</b>	<b>NUR VELOFAHRENDE / MOUNTAINBIKENDE</b>	
Hersteller/Anbieter	Eco-Counter	
Produktname	ZELT Fahrradzähler (Unterkategorien: ZELT Easy und Selective)	
Webiste	<a href="https://de.eco-counter.com/produits/zelt-fahrradzaehler/">https://de.eco-counter.com/produits/zelt-fahrradzaehler/</a>	
Im Einsatz z.B. in	vielen Kantonen (AG, BL, BS, GE, GR, LU, NW, SH, SO, VD) und Städten (Zürich, Bern, Köniz und Luzern); Wildnispark Zürich	
Funktionsweise	<p>Das System wird meist zur permanenten Zählung von Velos auf separaten Velowegen bzw. -spuren eingesetzt. Im Mischverkehr mit MIV kommt das System ZELT Selective zum Einsatz. Im Asphalt werden Rillen eingefräst, auf Naturbelag werden die Schleifen ins Kiesbett gelegt und leicht überdeckt. Für den Logger, die Batterien und das Übermittlungsgerät muss neben der Zählstelle zudem ein kleiner Schacht erstellt werden. Die Batterie hält ca. 1 Jahr.</p> <p>Für temporäre Zählungen bis zu 6 Monaten ist das System Easy ZELT konzipiert. Dabei werden Einweg-Schleifen auf Hartbelag aufgeklebt. Das System eignet sich nur für Velowege, nicht für den Mischverkehr mit MIV, wobei einige wenige Autos oder Busse pro Tag keinen Schaden anrichten.</p>	
Vorteile	<p>Die Schleifen sind auf Naturwegen unsichtbar und somit gut getarnt. Im Asphalt eingefräste Rillen sind zwar sichtbar, das System aber ebenfalls vor Vandalismus geschützt. Dies im Gegensatz zu den aufgeklebten Easy ZELT – siehe Nachteile unten.</p> <p>Die Zählgenauigkeit ist relativ hoch, auch von Gruppen.</p>	
Nachteile	<p>Die Induktionsschleifen reagieren auf Metall, Velos mit Karbonfelgen oder -rahmen werden nicht oder nur teilweise erfasst.</p> <p>Die aufgeklebten Easy ZELT können sich nach einer gewissen Zeit vom Belag lösen (v.a. bei starken Regen- oder Schneefällen) und sind auch eher Vandalismus-gefährdet. Bei Wurzeln oder Fels im Untergrund nicht verwendbar.</p>	
Wichtig zu beachten	<p>Auf Naturwegen muss auf genügende Überdeckung mit Kies geachtet werden, beim Easy ZELT sind regelmässige Kontrollen notwendig.</p>	



Abbildung 7: Oben: ausgelegte Schleifen (ZELT) auf einem Naturweg im Wildnispark Sihlwald (Foto: Ronald Schmidt); unten: im Asphaltbelag eingefräste Velozählstelle (links) und temporäre Zählstelle Easy ZELT im Hürstwald Zürich 2021 (rechts)

<b>Druckschlauch</b>	<b>NUR VELOFAHRENDE / MOUNTAINBIKENDE</b>	
Hersteller/Anbieter	Eco-Counter	
Produktname	TUBES Fahrradzähler 	
Website	<a href="https://de.eco-counter.com/produits/tubes-fahrradzaehler/">https://de.eco-counter.com/produits/tubes-fahrradzaehler/</a>	
Im Einsatz z.B. in	in der Stadt Zürich	
Funktionsweise	<p>Druckschläuche (pneumatische Schlauchsensoren) werden vor allem für Kurzzeitzählungen des Veloverkehrs zwischen einem Tag und drei Monaten eingesetzt. Diese sind auch für Situationen im Mischverkehr mit MIV geeignet und haben eine Reichweite von bis zu 9 Metern. Die Velos werden anhand ihrer Geschwindigkeit und des Abstandes zwischen Vorder- und Hinterrad identifiziert. Auf Natur- oder Kieswegen können sie nur verwendet werden, wenn der Belag gut, das heisst relativ hart ist und der Schlauch flach aufliegen kann.</p> <p>Die Schläuche müssen bei jeder Zählung ersetzt werden. Es handelt sich deshalb um Verbrauchsmaterial. Dies kostet rund CHF 150 und 200 pro Installation. Die Batterie hält dafür bis zu 10 Jahre.</p>	
Vorteile	Der Druckschlauch ist einfach und schnell installiert und deshalb für Kurzzeitzählungen gut geeignet. Er ist allerdings gut sichtbar und nicht sicher vor Vandalismus.	
Nachteile	Druckschläuche sind für den Einsatz im Winter nicht geeignet (Beschädigungsgefahr durch Strassenräumung) und ganzjährig einer gewissen Vandalismusgefahr ausgesetzt.	
Wichtig zu beachten	<p>Besondere Aufmerksamkeit und Sorgfalt ist bei Installationen auf Naturwegen angezeigt, nicht nur bei der Installation, sondern auch anschliessend im Betrieb (Gefahr von sich bildenden Löchern, Vandalismus etc.).</p> <p>Druckschläuche haben sich im Allgemeinen bewährt; zu diesem System liegen allerdings in der Schweiz nur wenige Erfahrungen und Daten vor.</p>	



Abbildung 8: Schematische Darstellung des Systems TUBES (Grafik links) sowie ein solche im Einsatz auf Landstrassen und in Städten; gelb: Schutz bei vielen Inlineskates (Quelle: Eco-Counter)

**Magnetometer****NUR VELOFAHRENDE / MOUNTAINBIKENDE**

Hersteller/Anbieter

TRAFx

Produktname

Mountain Bike Counter

Website

<https://www.trafx.net/products#vehicle-counter>

Im Einsatz z.B. in

Naturpark Gantrisch

Funktionsweise

Das System basiert auf einem sogenannten Magnetometer, welches die Veränderung des Erdmagnetfeldes in der Umgebung misst, z.B. durch den Metallrahmen eines vorbeifahrenden Velos. Das Gerät wird unter dem Weg bzw. gleich daneben vergraben. Die Erfassungszone hat einen Durchmesser von 2 Metern und ist damit relativ klein. Aufgrund der Funktionsweise sollte es nur auf reinen Velowegen und Mountainbike-Trails eingesetzt werden, andere Fahrzeuge würden zu Fehlzählungen führen. Das Gerät ist in einem Gehäuse ohne wegführende Kabel untergebracht.

Da keine Daten übermittelt werden – diese müssen manuell ausgelesen werden – hält die Batterie bis zu 9 Monaten.

Vorteile

Das Gerät ist kompakt, wird unter der Erde vergraben und ist damit gut vor Vandalismus geschützt. Es erfasst die Velos/ MTBs sehr genau (> 90%).

Nachteile

Die Reichweite ist relativ gering und der Standort muss sorgfältig gewählt werden: der Messbereich ist limitiert und es gibt mögliche Schäden durch Staunässe. Anbieter nur per E-Mail und oft nicht sehr gut erreichbar, z.T. lange Antwortzeiten.

Wichtig zu beachten

Es liegen keine Angaben darüber vor, bis zu welcher Schneehöhe das Gerät funktioniert.

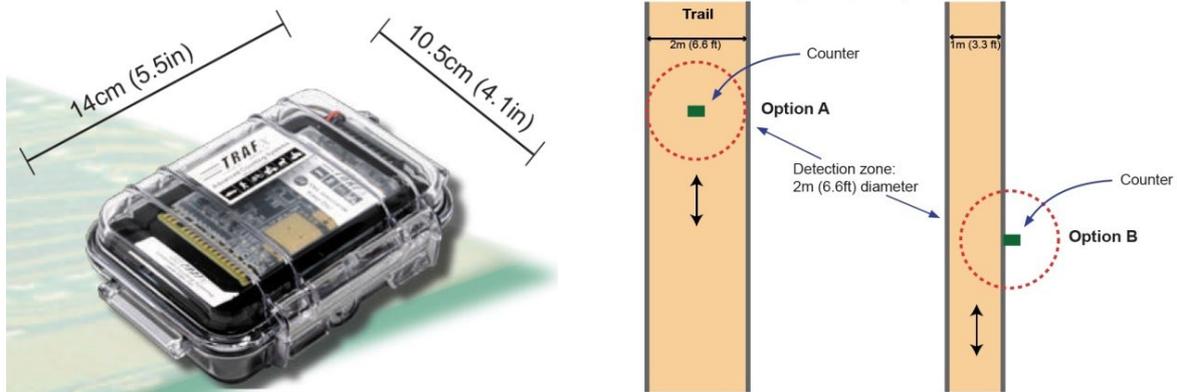


Abbildung 9: Das Magnetometer-Gerät (oben links) und die schematische Darstellung des Einsatzbereichs (oben rechts) (Quelle: TRAFx); das Gerät im Einsatz im Gantrisch-Gebiet (Quelle: Stefan Steuri, Naturpark Gantrisch)

**Kombi Infrarotsensor & Induktionsschleife**

**MEHRFACH- / KOMBI-GERÄTE**



Hersteller/Anbieter

Eco-Counter

Produktname

Multi Personen- und Fahrradzähler

Website

<https://de.eco-counter.com/produits/multi-personen-fahrradzaehler>

Im Einsatz z.B. in

Kanton Basel-Stadt, Stadt Zürich, Gemeinde Silvaplana, Wildnispark Zürich, Parc régional Chasseral, Biosfera Val Müstair

Funktionsweise

Der Multi kombiniert die Passiv-Infrarot-Technik des PYRO-Sensors mit dem Induktionsschleifensystem des ZELT-Sensors für das Velo. Es kann je nach Kombination Zufussgehende und Velofahrende sowie Reitende differenziert erfassen. Die permanent angelegte Installation erfolgt analog den beiden separaten Zählsystemen. Der Weg muss vom MIV abgetrennt sein, selten mal ein Fahrzeug ist aber kein Problem.

Vorteile

Gut geeignet für gemischte Nutzungen von Wandernden, Velofahrenden und/oder Reitenden. Die Veloschleife ist unsichtbar und der Pyro kann in einem Pfosten, einer Rhombe oder einem Baumstamm versteckt werden.

Nachteile

Gleiche Nachteile wie bei den einzelnen Geräten: Überdeckung beim Pyro bei nebeneinander gehenden Personen, Schnee und Kleintiere in den Sensorlöchern. Für die Erfassung von Reitenden braucht es einen relativ hohen Pfosten bzw. Baumstamm als Tarnung, was eine aufwändige Installation bedingt.

Wichtig zu beachten

Gleiche Punkte wie bei den Einzelgeräten PYRO und ZELT (siehe oben).



Abbildung 10: Oben: Installation eines Multizählers mit Veloschleifen, sowie Pyrosensoren zur Erfassung von Zufussgehenden & Reitenden: Bild unten: gleiches Zählgerät in Betrieb (Fotos: Ronald Schmidt, Wildnispark Zürich)

<b>Infrarotsensor</b>	<b>MEHRFACH- / KOMBI-GERÄTE</b>	
Hersteller/Anbieter	Swisstraffic sowie LASE PeCo Systemtechnik GmbH	
Produktname	Swiss BIKE+PED light; LASE PeCo Smart Counting 	
Website	<a href="https://www.swisstraffic.ch/content/smart-mobility-solutions/">https://www.swisstraffic.ch/content/smart-mobility-solutions/</a>	
Im Einsatz z.B. in	Flims-Laax: Weisse Arena Bergbahnen AG, Morges : Fête de la Tulipe (Test)	
Funktionsweise	<p>Das System wird auf Wanderwegen, MTB-Trails und Trottoirs von 1-3m Breite zur Zählung von Wandernden, Mountainbikenden und Schneesporttreibenden eingesetzt. Es basiert auf Infrarot-Technologie, d.h. das Gerät misst den Wärmeunterschied, wenn eine Person vorbeigeht bzw. -fährt. Mittels der Geschwindigkeit wird zwischen Wandernden und Velos unterschieden (schnellere = Velos, langsamere = Wandernde). Diese Unterscheidung ist aber nicht sehr präzise und hängt vom Standort ab. Die Geräte können einzeln auch nur für Wandernde oder nur für Mountainbikende eingesetzt werden. Dann sind sie genauer.</p> <p>Die Datenübermittlung erfolgt via Sigfox, LoRaWAN oder 4G, sofern das Gebiet damit abgedeckt wird. Die Batterie hält ca. 1 Jahr.</p>	
Vorteile	Das Gerät ist leicht und einfach zu installieren. Es kann temporär oder permanent eingesetzt werden. Lässt sich auch für Wandernde oder MTB allein einsetzen.	
Nachteile	<p>Durch die die seitliche Erfassung kommt es bei nebeneinander gehenden/fahrenden Personen zu einer sog. Überdeckung. Da das Gerät sehr nahe am Weg montiert werden muss, fällt es oft aus und Vorbeiwanderende schauen es näher an, was zu Fehlzählungen führen kann.</p> <p>Eine Unterscheidung von Fuss- und Veloverkehr ist nur an dafür geeigneten Standorten zuverlässig möglich (geringes Aufkommen und auf schmalen Wegen).</p>	
Wichtig zu beachten	Es handelt sich um ein neu entwickeltes Gerät, zu dem noch kaum Erfahrungen in der Schweiz vorliegen, v.a. nicht zur kombinierten Erfassung des Fuss- und Veloverkehrs.	



Abbildung 11: Beispiele des Einsatzes von Swiss BIKE+PED light (Foto rechts unten: Swisstraffic)

<b>Radar</b>	<b>MEHRFACH- / KOMBI-GERÄTE</b>	
Hersteller/Anbieter	Parametric GmbH	
Produktname	TCR-LSS Slow Traffic Counter Solar	
Website	<a href="http://parametric.ch/de/products/tcr-lss/">http://parametric.ch/de/products/tcr-lss/</a>	
Im Einsatz z.B. in	Gemeinde Engelberg und Engelberg-Titlis Tourismus AG, Flims-Laax: Weisse Arena Bergbahnen AG	
Funktionsweise	Das System basiert auf Radartechnologie wobei Zufussgehende und Velofahrende anhand von Geschwindigkeit und Bewegungscharakteristika unterschieden werden. Die Stromversorgung erfolgt über Solarpanels oder Akku, die Datenübermittlung mittels LoRaWAN, dem Long Range Wide Area Network der Swisscom. Damit sind die Geräte sehr energieeffizient. Die Erfassungsbreite beträgt zwischen 1 und 8 Metern, die erfasste Geschwindigkeit bis zu 40km/h. Die Genauigkeit liegt nach Herstellerangaben zwischen 50% und 95%, je nach Montagemöglichkeit und Frequentierung. Gruppen und neben- sowie hintereinander gehende/fahrende Personen beeinträchtigen die Zählgenauigkeit. Deshalb sollten Zählungen in möglichst engen Querschnitten angestrebt werden.	
Vorteile	Wandernde und Bikende werden gleichzeitig erfasst. Es braucht also nur ein Gerät. Dieses ist relativ klein und kann einfach montiert werden. Es braucht zudem nur wenig Strom, sofern es eine Verbindung mit dem LoRaWAN-Netzwerk herstellen kann (finden des richtigen Frequenzbereichs).	
Nachteile	Das Gerät weist eine grosse Spannweite bezüglich Genauigkeit auf, v.a. wenn mehrere Personen gleichzeitig das Gerät passieren. Der Standort muss sehr sorgfältig gewählt werden. Ein Einsatz auf einer durch Tiere beweideten Parzelle ist z.B. nicht möglich. Derzeit ist noch unklar, wie genau und zuverlässig das Gerät zählt. Bisherige Erfahrungen der Anwendenden sind nicht eindeutig.	
Wichtig zu beachten	Die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Wandernden und Bikenden müssen gross genug sein, damit sie unterschieden werden können. Zudem muss genügend Sonneneinstrahlung für das Solarpanel vorhanden sein.	



Abbildung 12: Das Radargerät TCR-LSS von Parametric im Einsatz in Engelberg, Herbst 2021 & Winter 2022

**Laserscanner****MEHRFACH- / KOMBI-GERÄTE**

Hersteller/Anbieter

Swisstraffic

Produktname

SwissBIKE+PED Crowd

Website

<https://www.swisstraffic.ch/content/smart-mobility-solutions/>

Im Einsatz z.B. in

Pontresina, Bodenseeradweg; Kt. Thurgau: Mannenbach, Arbon, Bottihofen

Funktionsweise

Der Laserscanner erfasst mit einem Infrarotstrahl die Umriss der Objekte, die den Sensor passieren. Anhand der Umrissmuster werden die Objekte erkannt und gezählt. Das Zählgerät wird normalerweise schräg über Kopf montiert und braucht einen Stromanschluss oder ein Solarpanel mit Akku zur Stromversorgung. Das System ist vor allem für permanente Zählungen geeignet. Temporäre Messungen sind ebenfalls möglich, der Installationsaufwand ist jedoch verhältnismässig gross. Der Aufwand lohnt sich ab ca. einem Monat Zählzeit.

Vorteile

Der Laserscanner kann zugleich den Velo- und den Fussverkehr zählen sowie bei Bedarf E-Scooter unterscheiden. Das Gerät ist auch bei hohem Aufkommen und bei Personen in Gruppen relativ genau.

Nachteile

Lasersysteme haben aufgrund ihres schnell rotierenden Scanners einen erhöhten Energiebedarf und brauchen entweder einen Stromanschluss oder ein gut platziertes, grösseres Solarpanel. Das Gerät eignet sich nicht für Zählungen im Winter (mit Schnee im Hintergrund), für den Mischverkehr mit MIV und ist auch nicht geeignet für sehr kurze Zählungen.

Wichtig zu beachten

Das Gerät zeichnet nicht auf, wenn im Hintergrund Schnee liegt. Für die Erfassung von Schneesporttreibenden ist es deshalb nicht geeignet.



Abbildung 13: Obere Bildreihe und unten rechts: Der Laserscanner im Einsatz in Pontresina, untere Reihe: Funktionsweise des Laserscanners mit Punktwolken fürs Velo und Zufussgehende (Quelle Grafiken & Foto oben rechts: Swisstraffic).

**Wärmebildkamera****MEHRFACH- / KOMBI-GERÄTE**

Hersteller/Anbieter

Nilousense (Gerät ist noch nicht auf dem Markt erhältlich)

Produktname

IRview 

Website

<https://www.nilousense.ch> (Website noch nicht in Betrieb)

Im Einsatz z.B. in

Region Lavaux, Stadt Zürich, Brugg, Olten (alles temporäre Zählungen)

Funktionsweise

Das Gerät funktioniert als Wärmebildkamera und erstellt im Gegensatz zu einer normalen Kamera ein Video von Wärmeunterschieden in der Umgebung. Die aufgezeichneten Bilder werden danach mittels Algorithmen durch den Anbieter ausgewertet. Die Reichweite der Kamera beträgt rund 12 Meter. Während der Erhebung muss in regelmässigen Abständen (je nach Verkehrsaufkommen) die Batterie und die Speicherkarte ausgetauscht werden. Eine externe Batterie ist anschliessbar. Das bisher vorliegende Produkt ist noch ein Prototyp; Gerät und Software werden zurzeit weiterentwickelt.

Vorteile

Dank Infrarot ist man nicht von den Lichtverhältnissen abhängig, Personen sind nicht identifizierbar. Infrarotkameras haben die Vorteile der optischen Kameras, ohne die Probleme mit der Beleuchtung oder dem Datenschutz. Das Gerät kann Fuss- und Veloverkehr (sowie andere Verkehrsmittel) separat erfassen, ist einfach und flexibel einsetzbar; zudem lässt es sich batteriesparend mit einer Bewegungsaktivierung betreiben.

Nachteile

Das Gerät ist zurzeit noch nicht ausgereift. Es kommt noch zu häufigen Aufzeichnungsausfällen und die Genauigkeit ist noch mangelhaft.

Wichtig zu beachten

Das Gerät ist noch nicht auf dem Markt, nur als Prototyp verfügbar.

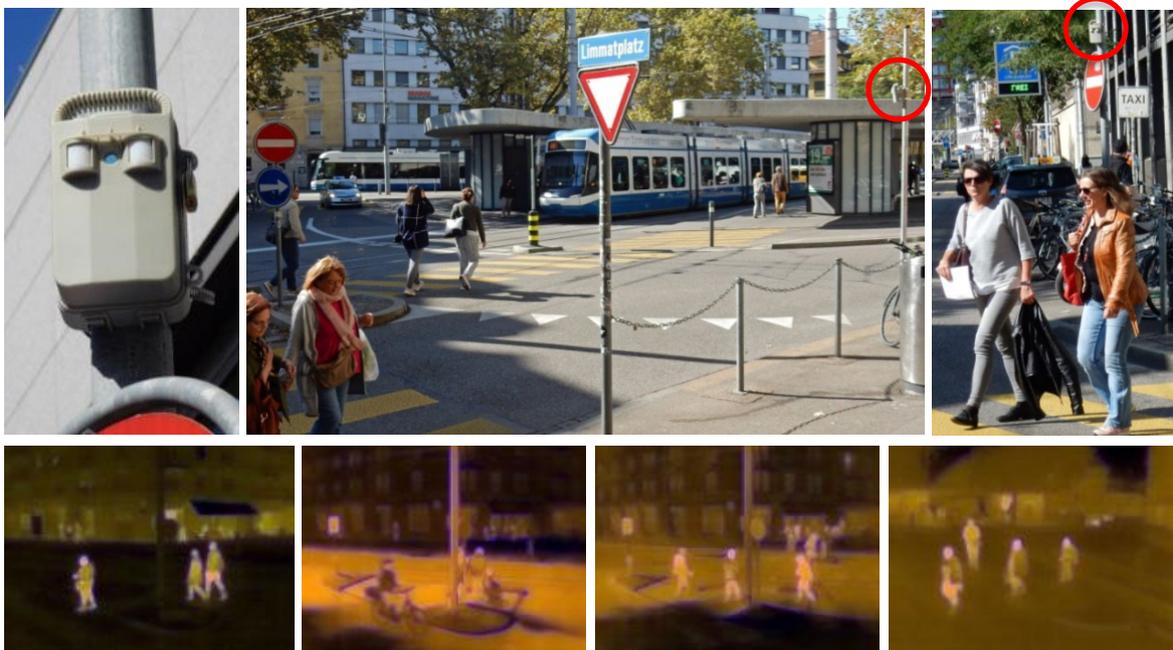


Abbildung 14: Obere Bildreihe: Das Zählgerät im Einsatz in der Stadt Zürich, untere Bildreihe: thermische Bilder der Infrarot-Kamera (Quelle: Universität Lausanne, Christian Kaiser)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Es sind 14bit-Bilder welche die Informationen auf zwei Farbkanäle verteilt haben mit einem dritten Farbkanal, der die Resultate eines Konturen-Filters enthält.

<b>Automatische Kamera (Wildtierkamera)</b>	<b>MEHRFACH- / KOMBI-GERÄTE</b>	
Hersteller/Anbieter	Reconyx, Bushnell, Cuddeback etc.	
Produktname	Diverse Modelle erhältlich, siehe Übersicht: <a href="https://fotofallen.ch">https://fotofallen.ch</a>	
Websites	<a href="https://www.reconyx.com">https://www.reconyx.com</a> ; <a href="http://www.bushnell.com">www.bushnell.com</a> ; <a href="http://www.cuddeback.com">www.cuddeback.com</a>	
Im Einsatz z.B. in	Biosfera Val Müstair; Naturpark Beverin (beides temporäre Zählungen)	
Funktionsweise	<p>Die automatische Kameras (auch als Wildtierkameras oder Fotofallen bekannt) enthalten einen auf Infrarot basierenden Bewegungsmelder, der bei Durchgängen von Personen oder Tieren ein Foto auslöst. Auch Fotos in vorgegebenen Intervallen sind möglich. Die batteriebetriebenen Geräte eignen sich dort, wo andere Zählgeräte nicht eingesetzt werden können, z.B. weil neben Menschen auch Tiere zirkulieren. Eine sorgfältige Standortwahl ist wichtig: keine Kontraste (Gegenlicht), oder bewegte Objekte vor der Linse.</p> <p>Aus Datenschutzgründen darf die Kamera nur unscharfe Aufnahmen machen. Meist ist eine Bewilligung notwendig, wobei die Regeln kantonal unterschiedlich sind. Da das Gerät auffällt, ist eine entsprechend gute Information vor Ort notwendig und sehr wichtig. Die Auswertung ist aufwändig, auch wenn sie inzwischen mit Algorithmen automatisiert geschieht.</p>	
Vorteile	Die Kameras eignen sich für kurzfristige Monitorings an Orten, an denen keine anderen Geräte eingesetzt werden können, z.B. auf Wegen, die nicht abzäunbare (Alp-) weiden durchqueren und dort, wo detaillierte Informationen zu den Nutzungsarten notwendig sind (z.B. E-Bike-Nutzung).	
Nachteile	Es muss mit Sabotage oder Vandalismus gerechnet werden und die Auswertungen sind trotz teilweiser Automatisierung (Algorithmen) zeitintensiv.	
Wichtig zu beachten	Meist eine Bewilligung der lokalen oder kantonalen Behörden erforderlich.	



Abbildung 15: Obere Bildreihe: Zählgerät im Einsatz (links) und Besucherinformation (rechts) (Quelle: Biosfera Val Müstair); untere Bildreihe: Kamera von Reconyx & Kamerabild (Quelle: Forschungsgruppe Umweltplanung ZHAW)

### 3 PRAXISBEISPIELE

Welche Erfahrungen gibt es aus der Praxis von Zählungen mit automatischen Erfassungsgeräten? Die folgenden fünf Beispiele sollen einen Eindruck davon geben, wie in Naturparks, Gemeinden und Tourismusdestinationen derzeit gezählt wird und was man daraus lernen kann. Es werden jeweils das Projektumfeld, die Ziele sowie das Vorgehen z.B. bezüglich Auswertungen und Kommunikation näher beschrieben. Geschildert wird zudem, welche Erfahrungen mit den Geräten und Anbietern gemacht worden sind und welche Erkenntnisse und Empfehlungen daraus abgeleitet werden können.

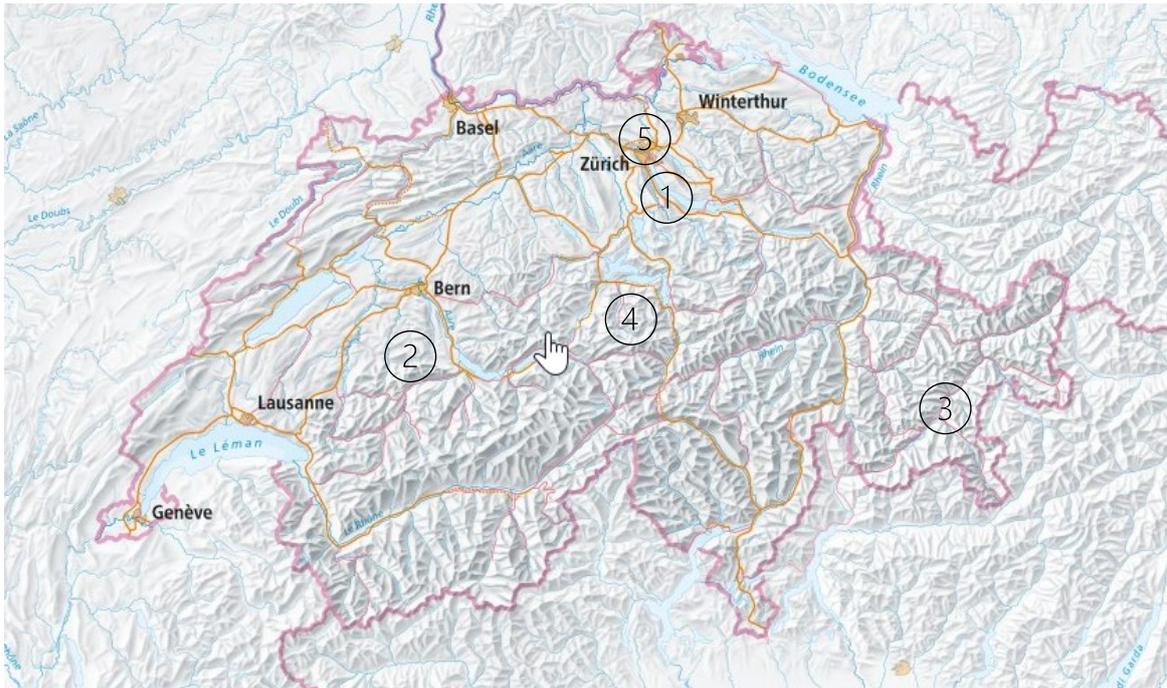


Abbildung 16: Übersichtskarte der dokumentierten Praxisbeispiele (Geoportal des Bundes)

Es werden die folgenden Ortschaften und Parks als Praxisbeispiele näher vorgestellt:

<a href="#">Wildnispark Zürich (Kap. 3.1)</a>	Stiftung Wildnispark Zürich Alte Sihltalstrasse 38, 8135 Sihlwald Auskunftsperson: Ronald Schmidt Website: <a href="http://www.wildnispark.ch">www.wildnispark.ch</a>
<a href="#">Naturpark Gantrisch (Kap. 3.2)</a>	Naturpark Gantrisch Schlossgasse 13, 3150 Schwarzenburg Auskunftsperson: Stefan Steuri Website: <a href="http://www.gantrisch.ch">www.gantrisch.ch</a>
<a href="#">Silvaplane (Kap. 3.3)</a>	Allegra Tourismus Schweiz Cho d’Punt 10, 7513 Samedan Auskunftsperson: Giani Spinatsch Website: <a href="https://www.allegra-tourismus.com/de">https://www.allegra-tourismus.com/de</a>

<a href="#">Engelberg (Kap. 3.4)</a>	<p>Gemeinde Engelberg Wiesenweg 5, 6390 Engelberg <a href="http://www.gde-engelberg.ch">www.gde-engelberg.ch</a></p> <p>und Engelberg-Titlis Tourismus AG Klosterstrasse 3, 6390 Engelberg <a href="http://www.engelberg.ch">www.engelberg.ch</a></p> <p>Auskunftsperson: Patrik Emmenegger</p>
<a href="#">Stadt Zürich: Hürstwald (Kap. 3.5)</a>	<p>Grün Stadt Zürich Werdmühleplatz 3, 8001 Zürich Websites: <a href="#">Grün Stadt Zürich</a> Direkter Link auf den <a href="#">Schlussbericht der Unterschung</a></p>

Die Praxisbeispiele zeigen das grosse Spektrum an möglichen Anwendungen, um die jeweiligen Fragestellungen mit Zähl- und Bewegungsdaten zu beantworten. Sie zeigen auch, dass gute Daten eine wichtige Grundlage für sachgerechte Entscheidungen bilden. Damit können nicht nur Probleme auf einer fundierten Basis diskutiert, sondern auch Potenziale aufgezeigt und kommuniziert werden.

Gemeinden, Kantone und Naturpärke sind immer stärker unter Druck, verträgliche Lösungen für die unterschiedlichen Ansprüche an die Nutzung der Freizeit- und Erholungsgebiete zu finden. Dabei bilden Daten zunehmend eine unverzichtbare Grundlage und Voraussetzung zur Lösungsfindung.

Die Praxisbeispiele sollen in diesem Sinn – wie der ganze vorliegende Leitfaden – zur Unterstützung und Inspiration für den Einsatz von Zählgeräten und von nutzergenerierten Daten dienen.

### 3.1 WILDNISPARK ZÜRICH

GUTE TARNUNG UND SORGFÄLTIGE DATENAUFBEREITUNG SIND ZWEI SCHLÜSSELFAKTOREN FÜR EIN AUSSAGEKRÄFTIGES BESUCHERMONITORING.



Abbildung 17: Wärmesensor versteckt in einer speziell hergestellten Wanderweg-Rhombe



Abbildung 18: Sensor an einer Brücke (oben links) oder versteckt in einer Treppe (rechts)



Abbildung 19: Sensoren in speziellen Kästen, Pfosten oder in einem alten, ausgehöhlten Baumstamm untergebracht (Fotos: Ronald Schmidt, Wildnispark Zürich)

## PROJEKTUMFELD

Der [Wildnispark Zürich](#) gehört zusammen mit dem Schweizerischen Nationalpark zu den Pionieren auf dem Gebiet der Zählungen welche bereits 2009 begannen. Der Wildnispark Zürich besteht aus zwei Teilen: dem Naturwald Sihlwald und dem Tierpark Langenberg.

Der Sihlwald ist ein Waldreservat und kantonales Natur- und Landschaftsschutzgebiet und trägt seit 2010 als Park von nationaler Bedeutung das Label "Naturerlebnispark". Die Zielsetzung im Sihlwald umfasst sowohl den Schutz von Natur und Landschaft und den darin ablaufenden natürlichen Prozessen, als auch die Gewährleistung des Naturerlebnisses und der Erholungsfunktion für die Besuchenden und deren Bildung und Sensibilisierung. Um diese Ziele umzusetzen und im Gleichgewicht zu halten, ist ein gezieltes Besuchermanagement notwendig. Im Sihlwald wird daher an strategischen Orten gezählt, die schrittweise gemäss den Zielen (siehe unten) bestimmt worden sind.

Der Tierpark Langenberg ist frei zugänglich, hier werden die Personen an allen Eingängen im Sinne einer Kordonzählung erfasst.

Die Zählungen werden im Rahmen des Parkbudgets durch die Stiftung Wildnispark Zürich finanziert. Die Stiftung wird getragen von der Stadt Zürich, den Gemeinden des Bezirks Horgen, Pro Natura Zürich und dem Kanton Zürich. Weitere finanzielle Unterstützung kommt vom Bundesamt für Umwelt BAFU und von Sponsoren, Paten und Spendern.

## ZIELE DER ZÄHLUNG

Die Zählungen haben hauptsächlich zum Ziel, gute Datengrundlagen für die Umsetzung der oben beschriebenen Schutzziele und für den Betrieb des Wildnisparks Zürich zu schaffen. Unter anderem für:

- die Kontrolle der Einhaltung der Schutzverordnung Sihlwald (u.a. vorgeschriebenen Wegnutzungen in der Kern- und Übergangzone).
- zur Erfolgskontrolle von Lenkungsmaßnahmen.
- die Unterhaltplanung des Wegnetzes und Festlegung von Sicherheitsmaßnahmen.
- die Beobachtung des Konfliktpotenzials Wandernde – Velo/ MTB-Fahrende.
- die Optimierung der Einsatzplanung des Rangerdienstes.
- die Evaluation der Öffnungszeiten des Besucherzentrums und das Erstellen der Dienstpläne.
- Forschungsprojekte und nationale Vergleiche.
- den Nachweis über den Aufwand für die Umsetzung der Schutzverordnung gegenüber der Fachstelle Naturschutz des Kantons Zürich (z.B. war aufgrund des stark erhöhten Besucheraufkommens während des Corona-Jahres 2020 der Aufwand sehr viel grösser).
- künftige Bau- und Gestaltungspläne und Verhandlungen mit Gemeinden, Trägern, Kanton.
- Informationen zur Parknutzung zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten.

## EINGESETZTE ZÄHLGERÄTE

Im Sihlwald und Langenberg wird an total 25 Standorten gezählt – 15 davon liegen im Sihlwald und 10 im Tierpark Langenberg. Im Sihlwald werden hauptsächlich die Bewegungen von Wandernden, z.T. auch von Velofahrenden / Mountainbikenden und vereinzelt von Reitenden anonym und zu allen Jahreszeiten erfasst. Seit Beginn des Zählprojekts werden ausschliesslich Geräte des Herstellers [Eco-Counter](#) verwendet. Es handelt sich um folgende Produkte (gemäss Herstellerbezeichnung):

- 15 [PYRO](#) Wärmesensoren (Infrarot) mit Richtungstrennung zur Zählung der Zufussgehenden.
- 4 [MULTI](#), welche Zufussgehende, Velos und Reitende mit Richtungstrennung erfassen.
- 3 [MULTI](#), welche Zufussgehende und Radfahrende je separat nach Richtung zählen.
- 2 [ZELT](#) Veloschlaufen für die MTB-Zählung auf illegalen Biketrails, ohne Richtungstrennung.
- 1 [SLAB](#), im Boden eingelassene Plattensensoren ohne Richtungstrennung (nur Zufussgehende).

Ein spezielles Augenmerk wird auf die Platzierung der Sensoren zur optimalen Tarnung gelegt. Im Wildnispark Zürich geht man hierzu sehr innovativ und kreativ vor. So wurde z.B. eine spezielle Wanderweg-Rhombus entwickelt, in der ein Sensor untergebracht worden ist (siehe Bilder oben). Oder ein Zähler wurde in einer Treppe untergebracht. Kombinierte Zählgeräte (MULTI) wurden in speziell hergerichteten Baumstämmen untergebracht mit Sensoren auf unterschiedlichen Höhen, um z.B. auch Reitende zu erfassen.

## ERFAHRUNGEN MIT DEN GERÄTEN UND ANBIETERN

Grundsätzlich sind die Geräte von Eco-Counter den Bedingungen im Wald gut gewachsen. Die Stromunabhängigkeit durch Batteriebetrieb ist dabei ein Vorteil. Vereinzelt kommt es vor, dass die Funktion der Geräte durch Tiere wie Wildbienen, Holzameisen, Schnecken und Spinnen oder durch Kondenswasser beeinträchtigt wird. Zudem müssen die Sensoren regelmässig von Vegetation freigehalten werden.

In der Winterjahreszeit ist zudem zu bedenken, dass Plattensensoren bei Frosttemperaturen und Schnee nicht mehr funktionieren. Auch die Veloschlaufen erfassen die Velos ab einer Schneehöhe von ca. 10–15cm Schnee nicht mehr und bei viel oder verwehtem Schnee verändert sich die Erfassungshöhe der Pyros (normal ca. 90 cm) und/oder verdeckt deren Sensorlöcher, was zu Fehlzählungen führen kann.

In Bezug auf den Hersteller werden dessen kompetente, rasche und deutschsprachige Beratungsleistung geschätzt. Auch die Lieferung von Ersatzteilen erfolgte bisher einfach und schnell, jedoch sind für ältere Geräte von 2009 z.T. keine Ersatzteile mehr lieferbar.



Abbildung 20: Schnee und durch Tieraktivitäten verstopfte Sensoren verdecken den Sensor (Fotos: Ronald Schmidt, Wildnispark Zürich)

## DATENAUSWERTUNG UND KOMMUNIKATION

Eine sorgfältige Datenaufbereitung ist neben der Tarnung einer der Schlüsselfaktoren für ein aussagekräftiges Besuchermonitoring. Zur Datenaufbereitung gehört eine Plausibilitätsüberprüfung, insbesondere daraufhin, ob es Stunden oder Tage ohne Daten bzw. solche mit grossen „Ausreissern“ gegeben hat. Diese werden bereinigt, wobei a) unplausible Werte ausgeschlossen (d.h. auf „No Data“ und nicht auf „0“ gesetzt), b) grössere Datenlücken wenn möglich auf Basis von Tageswerten benachbarter Zähler hochgerechnet und c) Ausschlüsse bzw. Korrekturen dokumentiert werden. Die Zählraten werden zudem mit dem jeweiligen Kalibrierungsfaktor pro Zählstelle korrigiert (siehe auch [Kap. 1.3](#) und [Kap. 1.4](#)). Das Vorgehen bei einer Kalibrierungszählung und Auswertung derselben wurde von Ronald Schmidt in einem [Video](#) dokumentiert.

In den Auswertungen werden jeweils die Jahresgesamtzahlen des Langenbergs sowie die Frequenzen auf ausgewählten Wegen im Vergleich zum Vorjahr betrachtet. Die Standardauswertungen werden jährlich in einem internen Monitoringbericht sowie im [Jahresbericht](#) der Stiftung Wildnispark Zürich aufbereitet und den Mitarbeitenden präsentiert. Die Jahresgesamtzahlen werden zudem der Trägerschaft sowie den Sponsoren zu Verfügung gestellt.

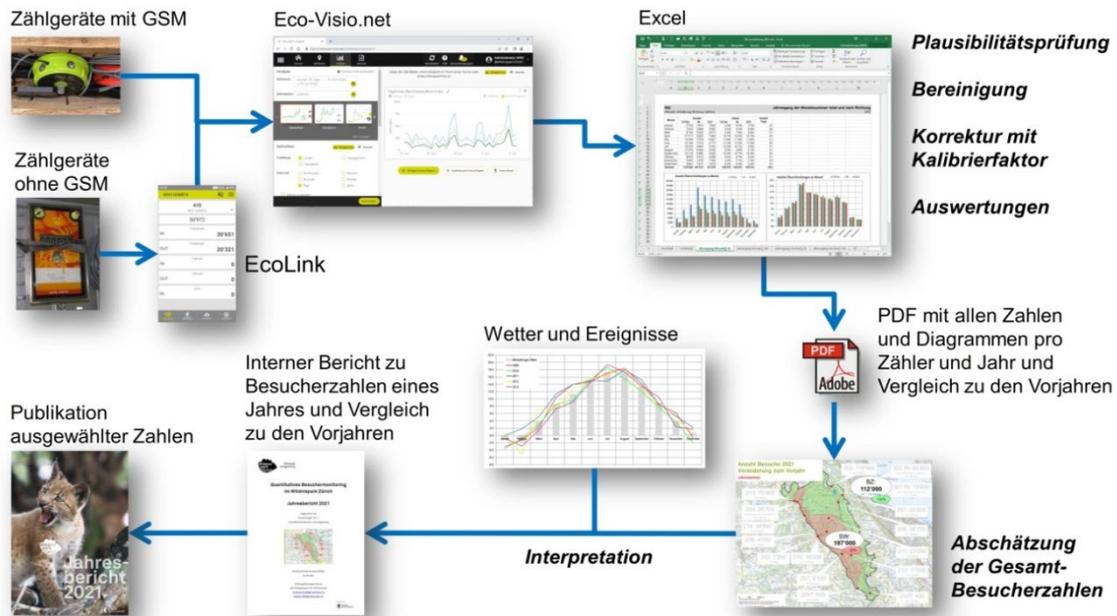


Abbildung 21: Ablauf der Auswertung im Wildnispark Zürich (Quelle: Ronald Schmidt, Wildnispark Zürich)

## ERKENNTNISSE UND EMPFEHLUNGEN

- Die Zielsetzung und Fragestellung sowie die Indikatoren einer Zählung sollten vor Projektstart klar definiert werden.
- Der Kosten- und Zeitaufwand darf bei der Planung eines Zählprojekts nicht vernachlässigt werden. Es wird auch empfohlen, jedes Jahr ein zusätzliches Budget für den Ersatz oder die Reparatur von Zählgeräten einzuplanen, falls diese defekt sind oder vandalisiert werden.
- Beim Einsatz der Zählgeräte soll von einer maximalen Funktionsdauer von ca. 10 Jahren ausgegangen werden. Danach sind diese von Umwelteinflüssen in Mitleidenschaft gezogen, deren technische Standards sind veraltet, z.B. GSM-Modems oder Übertragungsprotokolle. Somit muss der Ersatz rechtzeitig eingeplant und budgetiert werden.
- Es wird eine ausführliche Dokumentation z.B. in Form von Logbüchern für jedes einzelne Zählgerät empfohlen, in welchen Kalibrierungen, Kontrollen, Reparaturen, Batteriewechsel, aber auch Ereignisse und Störungen etc. ausgewiesen werden, sodass diese z.B. auch bei der Datenauswertung berücksichtigt werden können (siehe dazu auch [Kap. 1.5](#) sowie das Beispiel eines solchen [Logbuchs mit Dokumentation](#)).
- Praktisch ist auch die Zusammenstellung eines Werkzeugkoffers, mit welchem verschiedenste Reparaturen oder Batteriewechsel der Zählgeräte vorgenommen werden können.
- Es wird empfohlen, bei den neuen Zählgerättypen die automatische Alarmeinrichtung für Fehlermeldungen zu nutzen und in regelmässigen Abständen Plausibilitätskontrollen in [Eco-Visio](#) sowie vor Ort durchzuführen.
- Wichtig ist auch die Mitarbeitersensibilisierung, sodass z.B. keine Bauarbeiten durchgeführt werden, welche die Zählgeräte beeinträchtigen oder manipulieren könnten und Ranger z.B. bei Ihren regelmässigen Kontrollgängen auch die Zähler mitprüfen.
- Es ist wertvoll, auch andernorts genutzte Geräte einzusetzen, da vom gegenseitigen Austausch und Knowhow profitiert werden kann.
- Wünschenswert wäre eine nationale Datenzentrale für Zählungen auf offiziellen Wanderwegen (ähnlich, wie es SchweizMobil für das Velo macht) oder zumindest eine schweizweite Dokumentation der Zählerstandorte und Zählprojekte.

## 3.2 NATURPARK GANTRISCH

GUTE DATEN ALS UNABDINGBARE GRUNDLAGEN FÜR EIN GUTES BESUCHERMANAGEMENT, ZUR VERMEIDUNG VON KONFLIKTEN UND FÜR EINE GEZIELTE ANGEBOTSENTWICKLUNG.



Abbildung 22: Infrarotsensoren von TRAFx und Eco-Counter in einer Vergleichszählung am Gägersteg



Abbildung 23: Der Mountainbike-Zähler von TRAFx (nur für sehr schmale Wege geeignet)



Abbildung 24: Infrarotzähler von TRAFx an einem Baum befestigt. (Alle Fotos: Stefan Steuri, Naturpark Gantrisch)

## PROJEKTUMFELD

Seit Anfang 2017 werden Geräte zur Messung der Besucherfrequenz im [Naturpark Gantrisch](#) eingesetzt. Die Zählungen wurden durch den Bereich Kommunikation & Raum des Naturparks Gantrisch initiiert und mit den Projekten der Angebotsentwicklung und Routenplanung koordiniert. Bei der Auswahl der ersten Zählgeräte wurde ein Landschaftsarchitekturbüro beigezogen, welches bereits über Erfahrungen mit Zählgeräten in anderen Naturparks verfügte. Mit den Zählgeräten werden vor allem Daten für das Besuchermanagement, das Monitoring von Wegen und für konkrete Sachfragen erhoben, unter anderem auch um mögliche Konflikte frühzeitig zu erkennen. Die Zählungen dienen also vor allem der Beantwortung von konkreten Fragestellungen, um entsprechende Massnahmen umsetzen zu können und weniger für ein langfristiges Monitoring der Entwicklung.

## ZIELE DER ZÄHLUNG

Die Zählungen sind die Datengrundlage, um zu ermitteln, wie viele Besuchende an ausgewählten Orten in der Region Gantrisch unterwegs sind und inwiefern sich diese Zahlen verändern. Ebenfalls kann damit die Nutzung von bestimmten Wegen und Einrichtungen gezielt abgeklärt und eruiert werden, welche Wege besonders gerne begangen werden. Bei wenig begangenen Wegen kann der Unterhalt angepasst und somit ein gutes Kosten-Nutzen-Gleichgewicht gefunden werden. Die Daten dienen insbesondere auch zur Ermittlung des Potenzials für künftige Angebote und der Weiterentwicklung von bestehenden Routen, z.B. um herauszufinden, wo ein aktiveres Besuchermanagement oder eine Entflechtung nötig wäre.

Die fünf Zählgeräte werden deshalb immer wieder an anderen Orten eingesetzt, die Zeitdauer hängt von der Fragestellung ab. Meist wird ein Gerät für ein bis zwei Jahre bzw. Saisons am gleichen Standort belassen, um kurzfristige Schwankungen wie Wetter oder andere externe Einflüsse auszugleichen. Zu den konkreten Fragen, die mit den Zählungen beantwortet werden sollen, gehören zum Beispiel:

- wie viele Personen sind im Bereich der Birkhahnbalzplätze unterwegs, zu welchen Zeiten und welche Massnahmen fürs Besuchermanagement sind nötig?
- wie gross ist das Personenaufkommen in einem Gebiet mit Schafen und Herdenschutzhunden? Was ist hier das mögliche Konfliktpotenzial?
- wie viele Leute frequentieren den Klettersteig? Wie vergleicht sich das Aufkommen mit den Einnahmen (Kasse, Twint)?
- wie gut wird ein neuer Themenweg genutzt? Hierzu werden eine Vorher- und eine Nachher-Erhebung vorgenommen.
- wie gut funktioniert das Nebeneinander von Wandernden und Mountainbikenden auf einzelnen Wegabschnitten? Wie gross ist das mögliche Konfliktpotenzial?
- wann sind die Nutzungsspitzen auf den Wegen? Sind die öV-Anschlüsse gut darauf abgestimmt? Die Information dient zudem z.B. auch den Restaurants als Grundlage.

Geplant ist zudem, die Zählungen an einzelnen Orten in grösseren Abständen zu wiederholen, z.B. am Gägersteg, um allfällige langfristige Veränderungen zu erkennen.

## EINGESETZTE ZÄHLGERÄTE

Das Zählprojekt wurde ursprünglich mit sieben Geräten der Firma [TRAFx](#) für Wandernde und Mountainbikende gestartet. Inzwischen sind noch fünf Geräte im Einsatz. Zwei davon sind verbliebene TRAFx-Geräte, zwei weitere wurden durch PYRO Evo Personenzähler der Firma [Eco-Counter](#) ersetzt. Ein Gerät erfasst weiterhin die Mountainbikenden. Diese werden nur im Sommer

gezählt. Ursprünglich war geplant, auch die Langlaufenden zu zählen. Darauf wird aber vorläufig verzichtet, weil die Erhebung auf Winterwanderwegen wichtiger ist.

Betreut werden die Geräte von einem Projektmitarbeiter/Ranger der regelmässig im Feld unterwegs ist. Die TRAFx-Geräte werden einmal im Monat vor Ort ausgelesen. In einem Park mit einer Fläche von über 400km<sup>2</sup> und dementsprechenden Distanzen zwischen den Zählstandorten ist dies mit relativ viel Aufwand verbunden. Dies gilt auch für den Fall von Störungen. Die neueste Generation der Eco-Counter-Geräte ist mit einer automatischen Datenübertragung ausgestattet. Die Daten können also aus der Ferne ausgelesen werden. Zudem wird durch Alarmfunktionen auf auffällige Änderungen in der Besuchermessung hingewiesen.

Die wichtigsten Kriterien bei der Auswahl der neuen Gerätetechnologie waren:

- Witterungsbeständigkeit und Langlebigkeit
- kontaktloses Datenauslesen
- Möglichkeit des Erfahrungsaustauschs mit anderen Parks oder Organisationen durch die Nutzung derselben Geräte



Abbildung 25: Die Zählgeräte im Wintereinsatz: auf dem Bild links versteckt hinter dem Baum, im Bild rechts die Montage des Gehäuses an einem weiteren Standort/Baum. (Fotos: Stefan Steuri, Naturpark Gantrisch)

## ERFAHRUNGEN MIT DEN GERÄTEN UND ANBIETERN

Die [TRAFx Infrarotsensoren](#) sind nicht sehr witterungsbeständig und lassen sich nicht aus der Ferne auswerten. Zudem werden die Richtungen nicht unterschieden und die Kalibrierung ist etwas mühselig. Die Geräte sind zwar günstig in der Anschaffung aber aufwändig im Unterhalt und Betrieb.

Der [TRAFx Mountainbike-Sensor](#) hingegen hat sich im Naturpark Gantrisch gut bewährt. Die Box hat eine einfach handhabbare Grösse und zählt sehr genau (Erfassungsrate mind. 90%). Das Gerät ist nur für schmale Wege geeignet und wird nur im Sommer eingesetzt. Es muss deshalb für den Winter jeweils wieder demontiert werden. Da die Box aber relativ klein ist, lässt sich das mit wenig Aufwand bewerkstelligen. Wichtig ist es, die mitgelieferte Hülle zum Schutz vor Feuchtigkeit zu verwenden.

Die neueste Generation der Eco-Counter-Geräte ([PYRO Evo](#)) lässt sich aus der Ferne auslesen, was die Arbeit deutlich vereinfacht. Die bisherigen Erfahrungen mit dem Gerät sind sehr positiv. Am Gägersteg waren 2021 je ein TRAFx- und ein PYRO Evo-Gerät am selben Standort installiert, sodass direkte Vergleiche der beiden Zählungen möglich wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Geräte zuverlässige Daten liefern. Beim TRAFx Infrarotsensor sind jedoch die Parametereinstellungen immer wieder zu justieren, während sich der PYRO Evo von alleine kalibriert.

Beide Produkte – von Eco-Counter und TRAFx – werden mit Batterien betrieben. Bei den TRAFx-Geräten muss die Batterie einmal im Jahr gewechselt werden, beim Pyro Evo wird mit zwei Jahren Betriebsdauer gerechnet.

Die Firma Eco-Counter hat einen guten Beratungsservice. TRAFx hingegen ist schwer und nur per E-Mail zu erreichen.

## DATENAUSWERTUNG UND KOMMUNIKATION

Es wird ein jährlicher interner Bericht zu den Datenauswertungen erstellt, wobei besonders aussagekräftige Zahlen auch extern in Statements oder Präsentationen verwendet werden.

Beispielsweise werden die Anzahl der Besuchenden auf einem bestimmten Weg oder an Hotspots wie dem Gäggersteg erfasst, die Unterschiede der Besucherfrequenzen unter der Woche und an den Wochenenden angeschaut sowie die Einflüsse von Wetter, Jahres- und Ferienzeiten auf die Besucherzahlen eruiert. So können Peaks in Wochen- und Jahresverläufen erkannt werden.

Langfristig ist geplant, die Monitoringdaten mit der kantonalen Wanderweg-Fachorganisation Berner Wanderwege sowie mit Gantrisch Biking auszutauschen.

Eine Zusammenarbeit findet auch mit dem Projekt [„Naturparkstationen“ der Wyss Academy for Nature](#) statt mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit in den Berner Naturparks greifbar und erlebbar machen und sie im Bewusstsein von Gästen und Bevölkerung zu verankern.

## ERKENNTNISSE UND EMPFEHLUNGEN

- Die Standortwahl sollte im Vorfeld gründlich geplant werden, sodass die Daten möglichst aussagekräftig sind und die meist vielfältigen Fragestellungen alle beantworten. Zudem ist darauf zu achten, dass sich Standorte nachhaltig bewähren, sodass Datenreihen über mehrere Jahre erfasst werden können.
- Die Zählgeräte sollten gut getarnt werden. Hierzu werden im Gantrisch unter anderem eigene Pfosten verwendet, die schon etwas älter und verwitterter aussehen, so dass sie weniger auffallen. Die PYRO Evo-Boxen sind eher schwieriger zu verstecken. Es hilft, ein Gerät mit einer Zoomfunktion anzuschaffen, um es etwas weiter in den Wald hineinhängen zu können. Ist das nicht möglich, wird empfohlen, das Gerät anzuschreiben und den Zweck der Zählung kurz zu schildern.
- Wenn sich ein Zählgerät nach der Testphase nicht bewährt, fehleranfällig ist und dadurch keine verlässlichen Daten liefert, soll dieses lieber früher als später durch ein anderes Gerät ersetzt werden. In den meisten Fällen übersteigen die anfallenden Wartungsarbeiten die Anschaffungskosten. Es sollte immer der Gesamtaufwand, also die Gerätekosten wie auch der Arbeitsaufwand über die ganze Lebensdauer eines Geräts im Blick behalten werden.
- Mittelfristig ist geplant, auch Strava-Daten beizuziehen, um ein Bild über die Besucherströme im gesamten Park zu bekommen. Speziell von Interesse sind dabei jene Personen, die sich nicht auf den offiziellen Wegen bewegen, was aus Naturschutzgründen wichtig ist.
- Wünschenswert wären Vergleichszahlen von ähnlichen Wegen, insbesondere was die Konfliktpotenziale zwischen Wandernden und Mountainbikenden angeht.
- Ebenfalls nützlich wären die technische Unterstützung sowie Vorlagen für Berichte in denen nur Zahlen und Wetterdaten ausgefüllt werden müssten.

### 3.3 SILVAPLANA

DIE INNOVATIVE KOMBINATION VON ZÄHL- UND DIGITALEN DATEN BIRGT EIN GROSSES POTENZIAL FÜR DIE ZUKUNFT, Z.B. FÜR NUTZERSTROMANALYSEN.



Abbildung 26: Einrichtung einer Multi-Zählstelle von Eco-Counter (Fotos: Allegra Tourismus)

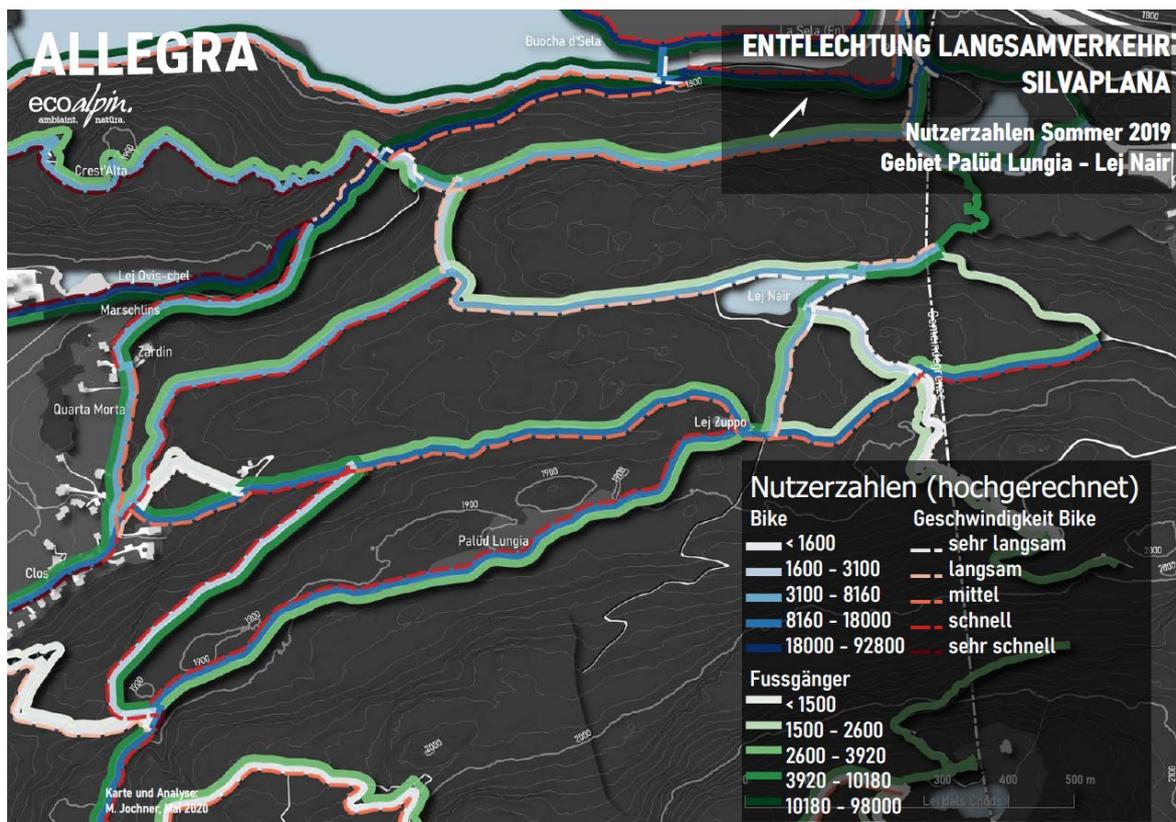


Abbildung 27: Hochgerechnete Nutzerzahlen (Wandernde & Bikende) mit Geschwindigkeiten der Bikes nach Wegabschnitten im Gebiet Palud Lungia – Lej Nair in Silvaplana, Sommer 2019 (Quelle: Allegra Tourismus, Balsiger et al., 2021)

## PROJEKTUMFELD

Um eine faktenbasierte Grundlage für den Entscheid zu erhalten, ob Entflechtungs- oder Lenkungsmassnahmen von Wanderwegen und Mountainbikerouten sinnvoll sind, gab die Gemeinde Silvaplana bei der [Allegra Tourismus & Trails AG](#) eine Nutzerstromanalyse in Auftrag. Dafür wurde ein neues Methodenmodell entwickelt, bei dem die Nutzerströme von Bikenden und Wandernden mittels digitaler und analoger Messquellen kombiniert erfasst, ausgewertet und kartenbasiert dargestellt wurden. Die Methodik wird stetig weiterentwickelt und verfeinert und wurde nach dem hier erwähnten Pilotprojekt auch in der Lenzerheide angewandt. Dabei konnten z.B. auch Vorher-/Nachher-Effekte bei Wegsperrungen aufgezeigt werden.

## ZIELE DER ZÄHLUNG

Das Projekt hatte zum Ziel, das Potenzial der neuen digitalen, von Nutzern erfassten Daten wie z.B. jene der [App Strava](#) aufzuzeigen. Dazu wurden die Frequenzen von Wandernden und Bikenden auf mehrfachgenutzten Wegen und Routen erhoben – zum einen mittels Zählgeräten und zum andern mittels der App Strava. Diese Daten wurden miteinander analysiert und jene Streckenabschnitte bestimmt, auf denen die meisten Begegnungen stattfinden. Zudem wurden die Geschwindigkeiten der Bikes einbezogen. Daraus resultierte eine Übersicht über einzelne Wegabschnitte mit den Frequenzen und den Geschwindigkeiten, wodurch die grössten Dichte- und Konfliktzonen bestimmt werden konnten. Als massgebender Faktor gilt die Kreuzungsgeschwindigkeit und nicht allein die Wegbreite wie sonst üblich. Insgesamt sollte dadurch ein besseres Verständnis für das Verhalten der Nutzenden auf dem Wegnetz erzielt und daraus die geeignetsten Massnahmen und zukünftigen Konfliktpotenziale abgeleitet werden.

## EINGESETZTE ZÄHLGERÄTE UND DATENGRUNDLAGE

Im Rahmen des Projekts in der Gemeinde Silvaplana wurden acht analoge Messquellen mit [Eco-Counter Multis](#) eingerichtet und diese mit digitalen Nutzerdaten von [Strava](#) kombiniert. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

1. Definition der zu analysierenden Fläche und der entsprechenden Trails
2. Datenbezug aus dem [Strava Dash Board](#)
3. Strategische Platzierung der Eco-Counter Messstationen
4. Statistische Auswertung der Frequenzdaten
5. Integration von Durchschnittsgeschwindigkeiten
6. Einteilung in Dichte- und Konfliktzonen anhand von definierten Grenzwerten (Begegnungen pro Stunde, Wegbreite, Unterschiede in der Kreuzungsgeschwindigkeit)<sup>4</sup>
7. Einbezug des Nutzerwachstums aus den letzten Jahren und Extrapolation auf die kommenden 5 oder 10 Jahre.
8. Qualitative Gästebefragung an Hotspots.
9. Entscheidung über Neuplanung des Wegenetzes oder Entflechtungsmassnahmen.

## DATENAUSWERTUNG UND KOMMUNIKATION

Die Datenanalyse erfolgt in vier Schritten:

1. In einem ersten Schritt werden lineare Modelle aus den Zählraten (Eco-Counter) und den Strava-Daten gebildet. Pro Messstation und Nutzergruppen werden je eigene Modelle erstellt und auf die jeweilige Modellgüte hin überprüft.

<sup>4</sup> In der Zwischenzeit sind offizielle Grenzwerte des ASTRA, der Schweizer Wanderwege und SchweizMobil in einem Merkblatt veröffentlicht worden: [«Wandern und Mountainbike – Entscheidungshilfe zu Koexistenz und Entflechtung»](#).

2. Dies erlaubt es, in einem zweiten Schritt, flächendeckende Hochrechnungen der Strava-Daten auf das gesamte Wegnetz vorzunehmen. Die Korrelationen zwischen den Zählungen und den nutzergenerierten Daten sind vor allem beim Veloverkehr hoch (über 90%). Im Fussverkehr sind es 75% (siehe Abbildung unten). Die Ursache dieser Abweichung liegt darin, dass zurzeit mehr Velofahrende die App Strava nutzen als Zufussgehende.
3. In einem dritten Schritt erfolgt die Konfliktanalyse, bei der Frequenzdaten und Geschwindigkeiten zusammengebracht und Dichtefaktoren auf einzelnen Webabschnitten berechnet werden.
4. In einem vierten Schritt werden die möglichen Nutzerfrequenzen in die Zukunft projiziert und mögliche künftige Konfliktorte sowie die daraus abzuleitenden Massnahmen definiert.

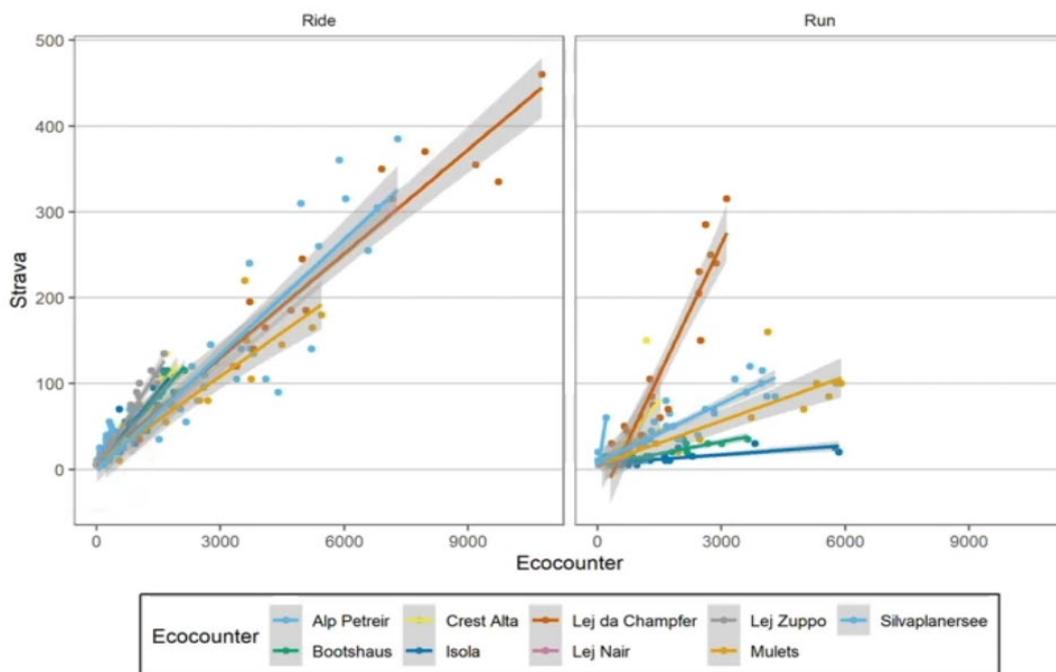


Abbildung 28: Modellbildung: Zählungen Eco-Counter vs. Strava wöchentlich: nach Zählstelle getrennt (Quelle: Allegra Tourismus, Balsiger et al., 2021)

Das Vorgehen bei der Analyse wird in zwei Präsentationen näher beschrieben, in einer [ersten Präsentation](#) mit detaillierten Angaben zum statistischen Vorgehen und einer kürzeren, [zweiten Präsentation](#) mit den wesentlichen Arbeitsschritten.

Die Strava-Daten sind kostenlos, für eine MULTI-Zählstelle von Eco-Counter muss mit Gerätekosten von CHF 4'200 gerechnet werden ([siehe Übersichtstabelle im Anhang, Kapitel 8](#)), dazu kommen die Einbaukosten. Die Datenanalyse mit Frequenzkarten inkl. Datenbeschaffung, Modellbildung und Darstellung, kostet rund CHF 6'000, ein zusätzliches Aufbaupaket mit einer umfassenden Konfliktanalyse weitere CHF 6'200.

## ERFAHRUNGEN MIT DEN GERÄTEN UND ANBIETERN

Die [Eco-Counter-Multi](#)-Geräte haben den Nachteil, dass sie Karbonvelos nicht erfassen. Mit zunehmendem Anteil dieser Velos am Gesamtaufkommen führt dies zu einer Unterzählung. Bei den Geräten kam es auch immer wieder zu Fehlzählungen oder diese fielen aufgrund von Defekten ganz aus.

Allegra Tourismus hat 2020 probenhalber auch ein [Parametric-Gerät](#) eingesetzt, das jedoch zu viele Falschzählungen lieferte und deshalb nicht weiter eingesetzt worden ist.

Mit den Strava-Daten hat das Forschungsteam gute Erfahrungen gemacht. Allerdings ist der Zugang nicht einfach, denn die Daten werden nur an öffentliche Körperschaften und Behörden abgegeben. Tourismus- und Wanderwegorganisationen oder Planungsbüros erhalten keinen Zugang. Was sich im Kanton Graubünden bewährt hat, ist, dass die kantonale Fachstelle Langsamverkehr die Daten gleich für den ganzen Kanton beantragt hat und selektiv Zugang für spezifische Projekte gewährt. Ungewiss bleibt, wohin die Reise mit der Strava-Plattform geht; also ob die Daten auch langfristig gratis zur Verfügung stehen werden.

Allegra Tourismus hat auch Daten der beiden Apps [Outdooractive](#) und [Komoot](#) beantragt. Bisher wurde der Zugang jedoch noch nicht gewährt, da sich Fragen zur Datenhoheit und Datenschutz stellen.

## ERKENNTNISSE UND EMPFEHLUNGEN

- Um Wegnetze im Freizeitverkehr zu planen und zu optimieren, braucht es gute Datengrundlagen für faktenbasierte Entscheidungen. Dies dient nicht nur der Netzplanung, sondern auch der Argumentationsführung gegenüber Behörden und Umweltschutzorganisationen.
- In jeder Phase des Projekts sind einige wesentliche Punkte zu beachten:
  - **Vorbereitungsphase:** Es gilt von Anfang an, alle Stakeholder (Gemeinde, Tourismus, Jagd, Forst, Naturschutz etc.) mit ins Boot zu holen und sie zu überzeugen, dass es sich lohnt, faktenbasierte Grundlagen für die Entscheidungen zu schaffen.
  - **Analysephase:** Hier gilt es, die Daten technisch sauber zu erheben, zu sichten, wo nötig zu bereinigen und aufzubereiten. Die Komplexität dieses Schritts ist nicht zu unterschätzen. Es stellen sich Fragen wie: welche Daten verwendet man, wofür, wie verlässlich sind diese? Wichtig ist auch, allfällige Datenlücken möglichst schnell zu entdecken (Geräteunterhalt).
  - **Umsetzungsphase:** Ein weiterer grosser Schritt ist es, vom IST- zum SOLL-Zustand zu kommen. Die entsprechende Netzwerkplanung ist anspruchsvoll und muss eine Vielzahl von Faktoren einbeziehen. z.B. muss abgewogen werden, ob anstelle von Infrastrukturmassnahmen Sensibilisierungskampagnen besser geeignet sind, das Ziel eines Miteinanders von Wandernden und Bikenden zu erreichen.
- Auswertungen der Tages- und Wochengänge von Wandernden und MTB-Fahrenden können darauf hindeuten, wann sich die beiden Nutzergruppen auf den Wegen befinden. Damit können Hauptüberschneidungszeiten und saisonbedingte Muster erkannt werden.
- Neben den Durchschnittswerten sollten auch die Spitzenzeiten berücksichtigt werden. Die Betrachtung beider Kennzahlen ist wichtig, um einerseits die Konfliktzeiten abzubilden, andererseits aber auch zu vermeiden, dass Infrastrukturen überdimensioniert oder Entflechtungen / Parallelinfrastrukturen «auf Vorrat» geplant werden.
- Aus den Piloterhebungen Silvaplana hat sich zudem ergeben, dass Angaben zu Fehlerbereichen einzelner Geräte nützlich wären. Also dazu, welche Fehlerquellen in einer Analyse wie berücksichtigt werden sollten.

### 3.4 ENGELBERG

MOBIL EINSETZBARE ZÄHLGERÄTE ZUR ERFASSUNG VON WANDERNDEN, MTB-FAHRENDEN UND LANGLAUFENDEN ALS DATENBASIS FÜR DEN TOURISMUS, DEN UNTERHALT UND VERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNGEN.



Abbildung 29: Parametric Zählgeräte zur gleichzeitigen Erfassung des Fuss- und Veloverkehrs



Abbildung 30: Das Zählgerät im Wintereinsatz: links zur Zählung von Langlaufenden, rechts an einem Winterwanderweg

## PROJEKTUMFELD

Engelberg hat sich in den letzten Jahren nebst der populären Wanderregion auch als Bike-Destination in der Zentralschweiz etabliert. In diesem Zusammenhang hat die [Gemeinde Engelberg](#) im Jahr 2021 zusammen mit der [Engelberg-Titlis Tourismus AG](#) ein Versuchsnetz von 5 Zählstellen aufgebaut. Das Monitoring ist unter anderem Bestandteil des Mountainbikekonzepts mit dem Ziel, die Infrastrukturen für die verschiedenen Mobilitätsformen möglichst optimal aufeinander abzustimmen, Konfliktsituationen zu vermeiden und eine maximale Erholung aller Nutzenden im Gebiet gewährleisten zu können. Im ersten Jahr bzw. der ersten Sommer- und der ersten Wintersaison wurden die Geräte getestet und erste Erfahrungen mit der Zähltechnologie gesammelt. Die Gemeinde ist für die Installation und den technischen Unterhalt verantwortlich, die Tourismus Engelberg-Titlis AG für die Auswertungen der Daten.

## ZIELE DER ZÄHLUNG

Die Zählungen sollen den folgenden Zielen von Gemeinde und Tourismusorganisation dienen:

- Schaffen einer Datengrundlage für die Planung von Entflechtungsmassnahmen auf viel begangenen und befahrenen Wegen: Höhe des Aufkommens und tageszeitliche sowie saisonale Nutzung der Wege durch Bikende und Wandernde erkennen.
- Prüfung der tatsächlichen Nutzung von neu angelegten Bikerouten.
- Messung der Frequenzen auf den einzelnen Langlaufloipen im Winter.
- Schaffen einer Datengrundlage zur Angebotsentwicklung und für Marketingmassnahmen, da z.B. der Verkauf von Ski- und Langlaufpässen oder Bergbahntickets kein vollständiges Nutzungsmuster der bestehenden Angebote und Routen abbilden kann.
- Konkretes Monitoring der Besucherzahlen auf dem „Land Art Pfad“, einer Kunstaustellung auf der Gerschnialp im Sommer 2021.
- Schaffen einer Datengrundlage für die Investitionsplanung und Priorisierung der Unterhaltsmassnahmen: z.B. welche Loipenabschnitte sollen prioritär präpariert und auf welchen vielfrequentierten Wanderwegen soll ein Unterhaltsschwerpunkt gelegt werden?
- Schaffen eines zahlenbasierten Argumentariums für die Planung von Zukunftsprojekten und zur Gesprächsführung mit Grundeigentümern.
- Erfassen von Nutzungsströmen und -aktivitäten, welche den Naturschutz tangieren: z.B. messen von Aktivitäten in der Nacht, welche zugenommen haben.

## EINGESETZTE ZÄHLGERÄTE

Eingesetzt werden Geräte der Firma [Parametric](#), die auf Radartechnologie basieren und dabei Zufussgehende und Velofahrende anhand der Geschwindigkeit und Bewegungscharakteristika unterscheiden können ([Outdoor Radar People Counter PCR2](#)). Die Stromversorgung erfolgt über Solarpanels und die Datenübermittlung mittels LoRaWAN, dem Long Range Wide Area Network der Swisscom.

In der ersten Testphase im Sommer 2021 wurden Zufussgehende und Mountainbikende gezählt, in der Wintersaison 2021/22 zudem Langlaufende und Winterwandernde. Es ist geplant, zu einem späteren Zeitpunkt auch auf Schneeschuhtrails Zählungen durchzuführen.

Die grösste Herausforderung bei der Installation der Geräte ist die Festlegung der Standorte, denn diese müssen gleichzeitig verschiedene Kriterien erfüllen:

- a) Der Wegabschnitt muss für die gewünschte Aussage relevant sein.
- b) Die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Wandernden und Bikenden müssen gross genug sein, damit die Mobilitätsformen unterschieden werden können. Wenn die Bikenden z.B. gleich langsam bergauffahren wie die Wandernden gehen, lassen sich diese nicht unterscheiden.

- c) Es dürfen keine anderen Nutzungen die Zählung beeinflussen wie z.B. weidende Rinder oder Kühe. Die Geräte müssen auch physisch vor diesen geschützt sein.
- d) Die horizontale und vertikale Distanz zum Weg muss für die Erfassung stimmen. Die spezifische Distanz wird via Fernwartung durch den Anbieter eingestellt.
- e) Der Frequenzbereich für die Übermittlung mittels LoRaWAN muss stimmen, damit die Daten auch übermittelt werden können.
- f) Das Solarpanel muss Einstrahlung erhalten, um die Stromversorgung sicherzustellen.

## ERFAHRUNGEN MIT DEN GERÄTEN UND ANBIETERN

Die Geräte lassen sich im Gelände einfach installieren. Es müssen aber zwingend die oben beschriebenen Anforderungen an die Standorte erfüllt werden. Auch muss berücksichtigt werden, dass die Sonneneinstrahlung über den Tag genügend gross ist, um die Geräte mit Strom zu versorgen. Dies kann in Tallagen besonders im Winter kritisch sein. In einem solchen Fall ist allenfalls der Einsatz eines Akkus notwendig (siehe Foto). Die ersten Erfahrungen mit dem Akku haben gezeigt, dass er nicht so lang hält wie vorgesehen und die Spannung plötzlich abfallen kann, so dass es zu Datenausfällen kommt. Der Grund dafür ist nicht bekannt.

Die Geräteeinstellungen müssen von Parametric via Fernwartung vorgenommen werden, was aufgrund der teilweise schwierigen Erreichbarkeit und langen Wartezeiten zu Verzögerungen im Projektprozess geführt hat. Dies führte zu längeren Fehlmessungen, die entsprechend nur mit grosser Zeitverzögerung oder gar nicht behoben werden konnten.



Abbildung 31: Stromversorgung mittels Akku (links) bzw. Solarstrom bei genügender Sonneneinstrahlung (rechts)

## DATENAUSWERTUNG UND KOMMUNIKATION

In der Sommersaison wurden keine Kontrollzählungen durchgeführt; im Winter jedoch an 5 Zählstellen; zwei davon an Winterwanderwegen und drei an Langlaufloipen. Zu Vergleichszwecken wurde parallel auch ein Zählgerät von Eco-Counter eingesetzt (siehe Fotos).

Die Ergebnisse des Vergleichs von manueller Zählung mit jener mit den Parametric-Geräten waren uneinheitlich. Zum Teil wurden sowohl auf Langlaufloipen wie auf Winterwanderwegen gute Übereinstimmungen erzielt, zum Teil gab es grosse Abweichungen. Und dies an der gleichen Zählstelle zu unterschiedlichen Zeiten. Vereinzelt gab es unplausibel hohe bzw. niedrige Werte, die nicht erklärt werden konnten. Aufgrund der Unklarheit über die Zuverlässigkeit der Zählungen und der bis dahin generierten Daten, konnte Engelberg-Tourismus noch keine weitergehenden Analysen vornehmen und die Werte auch noch nicht publizieren.



Abbildung 32: Kontroll- und Vergleichszählungen von Parametric- und Eco-Counter-Zählgeräten entlang der Langlaufloipen in Engelberg im März 2022

## ERKENNTNISSE UND EMPFEHLUNGEN

- Die Geräte sind klein und einfach zu installieren, zugleich aber relativ auffällig. Trotzdem gab es während der gesamten Testphase keine Vandalismusschäden.
- Das Zählgerät hat grundsätzlich den Vorteil, dass es zugleich den Fuss- und Veloverkehr messen und im Winter für die Zählung von Langlaufenden eingesetzt werden kann.
- Entscheidend ist die Wahl eines geeigneten Zählorts. Insbesondere muss sichergestellt werden, dass es einen deutlichen Geschwindigkeitsunterschied zwischen Wandernden und Bikenden gibt und dass keine Tiere in den Erfassungsbereich gelangen können. Zudem ist auf eine gute Versorgung des Solarpanels zu achten oder es muss ein Akku installiert werden. Für das LoRaWAN muss der Frequenzbereich für die Datenübermittlung stimmen.
- Die ersten Messreihen im Sommer und im Winter haben uneinheitlich Resultate ergeben, zum Teil mit sehr unplausiblen Werten. Hinweise und Erklärungen, worauf diese zurückgeführt werden könnten, fehlen. Auch von Seiten des Anbieters kamen keine Angaben.
- Die Durchführung von Kontrollzählungen ist derzeit grundsätzlich schwierig, da die Durchgänge und deren Richtung nicht vor Ort angezeigt werden können.
- Aufgrund der notwendigen Fernwartung ist der Anwender für die Inbetriebnahme der Geräte sowie für den regulären Betrieb und die Systemupdates immer wieder auf den Anbieter angewiesen, was die Zählungen des ersten Jahres in Engelberg eingeschränkt hat.
- Die Gemeinde Engelberg und Engelberg-Tourismus möchten einzelne Zählgeräte jeweils über eine bzw. mehrere Saisons an den gleichen Orten installieren, um so langfristige Entwicklungen abbilden zu können. Zugleich ist aber auch geplant, einzelne Zählgeräte rotierend jeweils an anderen Orten einzusetzen, um so Schritt für Schritt Daten über das ganze Gemeindegebiet zu erhalten. Im Idealfall sollten die Geräte für einzelne Veranstaltungen auch nur tageweise eingesetzt werden können. Für solche mobilen Einsätze müsste es allerdings möglich sein, die Sensor-Einstellungen selbständig vorzunehmen.
- Wegen der unklaren Kontrollzählungen können für Engelberg noch keine Angaben zur Genauigkeit der Geräte gemacht werden. Insbesondere nicht zur Zählung von Wandernden und Bikenden. Die einzigen Kontrollzählungen fanden im Winter an Wanderwegen und an Langlaufloipen statt und diese Ergebnisse haben ebenfalls noch kein schlüssiges Ergebnis gebracht.

### 3.5 STADT ZÜRICH: HÜRSTWALD

ERFASSUNG DER NAHERHOLUNGSNUTZUNG MIT DATEN DES MOBILFUNKS (SWISSCOM) UND DES GPS-TRACKINGS (STRAVA), IM VERGLEICH ZU EINER ZÄHLUNG MIT AUTOMATISCHEN ZÄHLGERÄTEN.



Abbildung 33: Einbau eines Eco-Multi (links) bzw. Easy ZELT mit PYRO Sensor (Mitte & rechts)



Abbildung 34: Plakat zur Information der Waldnutzenden, Schacht für Logger & Batterie (Mitte), Pyro-Sensor



Abbildung 35: Vandalismus im Hürstwald (Alle Fotos: Marvin Bürgin, Grün Stadt Zürich)

## PROJEKTUMFELD

Grün Stadt Zürich GSZ bewirtschaftet über 3'700 Hektaren Grünflächen in der Stadt. Rund 60% davon sind Waldflächen. GSZ möchte einerseits die Zahl der Besuchenden in den jeweiligen Grünflächen (Wald, Park etc.) und andererseits die Nutzungszahlen der Infrastrukturen kennen. Dazu soll langfristig ein Monitoring für die Grün- und Freiräume aufgebaut werden. Am Beispiel des Hürstwalds wurde ein „Proof of concept“ für ein flächendeckendes Erholungsmonitoring durchgeführt<sup>5</sup>.

## ZIELE DER ZÄHLUNG

Das Projekt hatte zum Ziel, aufzuzeigen, inwiefern sich nutzergenerierte Daten für ein weiträumiges Besuchermonitoring eignen. Dazu wurden über den Zeitraum eines Jahres (September 2020 bis August 2021) die Daten von lokalen Zählstellen mit jenen von [Swisscom](#) und [Strava](#) verglichen<sup>6</sup>. Als Perimeter diente der Hürstwald im Norden der Stadt Zürich, da es ein gut abgrenzbares Naherholungsgebiet darstellt, dessen Zugänge einfach zu erfassen sind. An allen neun offiziellen Zugängen in den Wald (unterhaltene Wege) wurde je ein Zählgerät der Firma Eco-Counter installiert. An drei Eingängen kamen parallel zu den [Pyro-](#) auch [Multi-Geräte](#) zum Einsatz, die den Fuss- und Veloverkehr getrennt erfassen. Aufgrund der grossen Vandalismusproblematik musste jedoch auf eine flächendeckende Unterscheidung der beiden Fortbewegungsarten verzichtet werden. Die Zählstellen wurden soweit möglich etwas ins Waldinnere versetzt, um äussere Einflüsse auf die Mobilfunkdaten möglichst auszuschliessen. Analog wurden auch die Randkacheln der Swisscom restriktiv gehandhabt, so dass nur sich effektiv im Wald aufhaltende Personen gezählt werden sollten. Personen bzw. SIM-Karten, die sich weniger als 15 Sekunden in einer Kachel aufgehalten haben, wurden nicht berücksichtigt. Damit wurde die Erfassung von vorbeifahrenden Autos oder Personen im Zug ausgeschlossen.

## ERFAHRUNGEN MIT DEN GERÄTEN UND ANBIETERN

Die Zählgeräte von Eco-Counter haben mit kleinen Ausnahmen zuverlässig funktioniert. Ein grösseres Problem war der Vandalismus, dem nicht nur einzelne Zählgeräte zum Opfer gefallen sind, sondern der auch mehrere Datenausfälle zur Folge hatte. Dank dem jeweils schnellen Eingreifen konnten grössere Datenlücken verhindert werden. Das bedeutete aber einen grossen personellen Aufwand. Grössere Folgen für das Projekt hatte auch der Sturm Bernd am 13. Juli, welcher sehr viele umgestürzte Bäume zur Folge hatte und den Wald vorübergehend auf den meisten Wegen unpassierbar machte (siehe Fotos).



Abbildung 36: Von Fallholz versperrte Wege mehr als einen Monat nach dem Sturm (Fotos vom 25.8.2021)

- <sup>5</sup> Hochreutener Adrian, Wytenbach Martin und Sauter Daniel, 2021: Erholungsmonitoring Grün Stadt Zürich. «Proof of concept» für ein flächendeckendes Erholungsmonitoring im Projektperimeter Hürstwald unter Einbezug verschiedener Erfassungsmethoden. Im Auftrag von Grün Stadt Zürich (Projektleitung Marvin Bürgin) mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt BAFU und der Stadtentwicklung Zürich.
- <sup>6</sup> Die Erhebung fand in der Zeit der Corona-Pandemie statt, was sich auf die absolute Zahl der Waldbesuchenden ausgewirkt haben dürfte. Auf den Vergleich der unterschiedlichen Erfassungsmethoden hatte dies aber keine Auswirkungen.

## DATENAUSWERTUNG UND KOMMUNIKATION

Im Anschluss an die Erhebung wurden die Mobilfunk- und die App-Daten räumlich und zeitlich in Bezug zu den realen Bewegungen gemäss den Zählstellen gesetzt. Die zeitliche Analyse ergab, dass sich die drei Erfassungsmethoden bei den Frequenzen deutlich voneinander unterscheiden. Am meisten Personen wurden an den Zählstellen erfasst, wobei ein deutlicher saisonaler Effekt mit höheren Frequenzen in den wärmeren Monaten und tieferen Werten im Winter sichtbar wurde (siehe Abbildung unten links). Der Einbruch in Kalenderwoche 28 ist auf den Sturm Bernd (13. Juli 2021) zurückzuführen, der zu grossen Verwüstungen und weiträumigen Wegsperrungen im Untersuchungsgebiet geführt hat. Im Vergleich zu den Zählstellen zeigen jene der Swisscom ein tieferes und zugleich ausgeglicheneres Aufkommen über die Zeit. Bei den Strava-Daten ist das registrierte Aufkommen nochmals deutlich niedriger.

Zur besseren visuellen Darstellung wurden für die Swisscom- und Strava-Daten lineare Regressionen berechnet (siehe Abbildung unten rechts). Diese Daten zeigen ein mehr oder weniger ähnliches Ganglinienmuster der drei Erfassungsmethoden, wobei die Strava-Daten die Zählgerätewerte tendenziell besser abbilden als jene der Swisscom. Auffallend ist, dass ab KW 28 (ab dem Sturm) die Swisscom-Zahlen im Gegensatz zu jenen der Zählstellen und von Strava nicht einbrechen, was unplausibel ist.

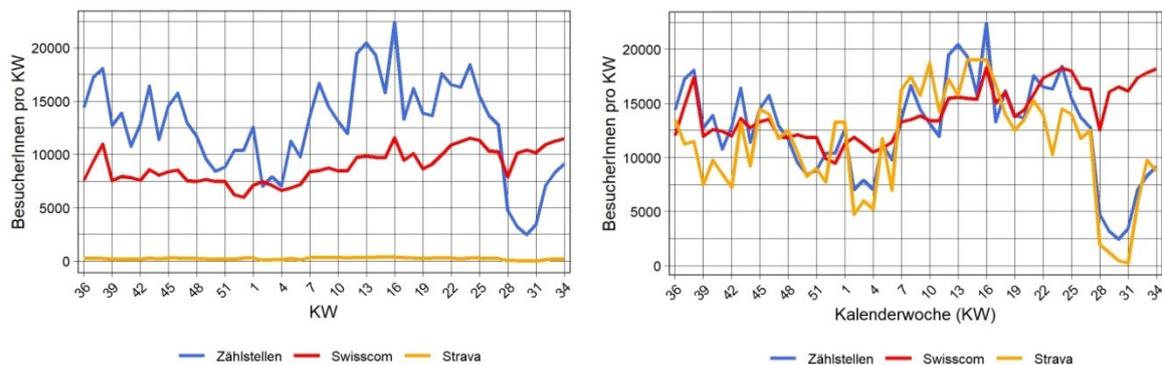


Abbildung 37: Zeitlicher Verlauf der für das ganze Gebiet aufsummierten wöchentlichen Zählmengen der automatischen Zählstellen, der Swisscom- sowie der Strava-Daten. Links: absolute Werte, rechts gemäss den mit linearer Regression vergleichbar gemachten Daten (Quelle: Hochreutener et al. 2021, S. 11 und S. 37).

Bei der räumlichen Verteilung des Aufkommens zeigen sich zwischen den automatischen Zählstellen und jenen der Swisscom ebenfalls grosse Unterschiede. Die untenstehende Abbildung für den Monat Mai 2021 zeigt, dass die Zählstellen vor allem im Südosten und im Nordwesten des Erhebungsgebiets hohe Frequenzen ausweisen. Die Strava-Daten zeigen ein ähnliches Bild wohingegen die Swisscom-Daten (für die einzelnen Kacheln dargestellt) einen Schwerpunkt vor allem im Südwesten und im nördlichen Teil aufweisen. Vermutlich hatten im Westen die Nutzenden des angrenzenden Sportplatzes trotz des Abstands einen grösseren Einfluss auf die Daten, im Norden allfals ein weiter weg liegendes Wohngebiet.

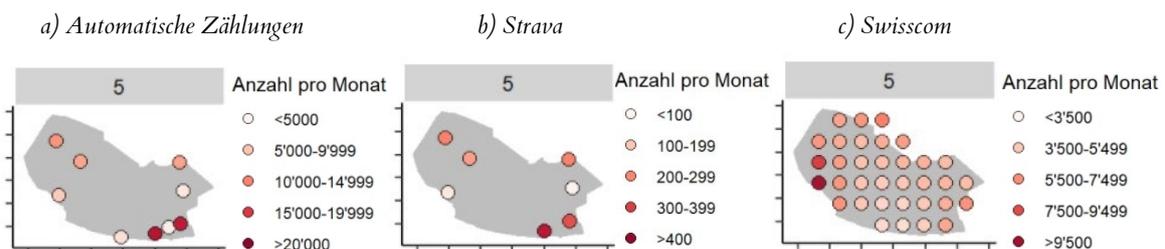


Abbildung 38: Räumliche Verteilung der Nutzung im Hürstwald im Monat Mai 2021 (Zahl 5 = Mai) gemäss (a) automatischen Zählstellen, (b) Strava und (c) Swisscom. Weisse Punkte zeigen eine geringe absolute Nutzung wäh-

rend rote Punkte eine intensive absolute Nutzung an dem betreffenden Standort und Monat zeigen. Hinweis: die Skalen der Legenden unterscheiden sich für alle drei Erfassungsmethoden. (Quelle: Hochreutener et al. 2021, S. 13)



Abbildung 39: Die kombinierte Fuss- und Veloverkehrszählstelle vor und nach dem Sturm vom 13. Juli 2021 (Foto rechts: Marvin Bürgin)

## ERKENNTNISSE UND EMPFEHLUNGEN

Die wichtigsten Erkenntnisse der Studie lauten wie folgt:

- 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 bilden die tatsächlichen Nutzungen im Hürstwald weder in zeitlicher noch räumlicher Hinsicht ab.
- Auf Basis dieser Resultate wird der Stadt Zürich für ein künftiges Besuchermonitoring in Naherholungsgebieten empfohlen, den Einbezug von Strava-Daten als zusätzliche Datenquelle in Betracht zu ziehen. Diese Daten sind kostenlos, müssen allerdings mittels automatischer Zählungen kalibriert und die Übertragbarkeit auf andere Gebiete einzeln überprüft werden. Die weitere Nutzung von Swisscom-Daten kommt aufgrund der grösseren raumzeitlichen Abweichungen derzeit nicht in Frage. Hier fallen auch die relativ hohen Kosten ins Gewicht. Im Projekt Hürstwald betragen diese 5'000 CHF pro Monat.
- Weil die Naherholungsfunktion des Waldes und von Grünräumen allgemein schon heute bedeutend ist und in Zukunft noch wichtiger sein wird, sind verlässliche Zahlen zu deren Nutzung für Planung und Unterhalt wie auch für politische Entscheide und zur Versachlichung von Nutzungskonflikten und emotionalen Diskussionen wesentlich.
- Ein Methodenmix kann helfen, die Freizeitnutzung in Grünräumen, v.a. im Wald grossflächig zu erfassen. Dabei muss zwischen verschiedenen Gebietstypen unterschieden werden, um der Diversität der Gebiete gerecht zu werden und ein möglichst zuverlässiges Resultat zu erhalten.

## 4 BIG DATA: NUTZERGENERIERTE DATEN

### 4.1 EINLEITUNG

In den letzten Jahren wurden diverse neue Methoden entwickelt, um die Routen von Personen aufzeichnen und verfolgen zu können (sogenanntes Tracking). Die Methoden basieren entweder auf Aufzeichnungen mittels Applikationen auf dem Mobiltelefon (z.B. durch GPS und eingebauter Lageparameter wie dem Gyroskop) oder durch die Nutzung der gesendeten Signale (z.B. über Mobilfunkanbieter).

Inzwischen gibt es eine Fülle von Tracking-Apps und Anwendungen Dies vor allem zur Aufzeichnung von Fitness- und Sportaktivitäten (z.B. [Strava](#), [Fitbit](#), [Komoot](#)). Zum Teil werden auch Mobilitäts-Apps zur Aufzeichnung der eigenen Wege sowie zur Information über Angebote und die Verkehrslage etc. verwendet wie z.B. die [ZüriMobil App](#). Dabei kann die App auch für anonyme Auswertungen durch den Anbieter (hier z.B. die Stadt Zürich) freigeschaltet werden. Ähnlich funktionieren Apps wie [Outdooractive](#), bei welchen die Gemeinden oder Tourismusorganisationen ihre Angebote verwalten können oder die App [Cyclomania](#) oder [Bikecoin](#), bei der die aufgezeichneten Wege und Aktivitäten auch zur Auswertung der Routenwahl von Velofahrenden durch die beteiligten Gemeinden und Kantone genutzt werden können.

Die auf unterschiedliche Arten gewonnenen Daten werden teilweise von den App- bzw. Mobiltelefon- und Mobilfunkanbietern selber aufbereitet und anonym der Öffentlichkeit angeboten wie z.B. die Darstellung von Stauinformationen auf Google Maps. Zum Teil werden sie auf Gesuch hin zur Verfügung gestellt (z.B. [Strava-Daten](#)) oder sie werden kommerziell angeboten (z.B. [Swisscom-Daten](#)).

In Zukunft dürften die nutzergenerierten Daten – sowohl passiv wie aktiv – stark an Bedeutung zulegen. Mit diesen können Zählgerätedaten sehr gut ergänzt und teilweise gar ersetzt werden. Dies am ehesten für Anwendungen im Freizeit- und Langsamverkehr (Wandern, MTB, Velo, Wintersport), insbesondere wenn grössere Strecken ausserhalb von dichtbesiedelten Gebieten zurückgelegt werden.

Die erst relativ wenigen Anwendungen, Datenanbieter und bisherigen Erfahrungen werden im Folgenden kurz vorgestellt, wobei vor allem auf die Fussverkehrsanwendungen fokussiert wird. Es handelt sich dabei um die aktiv nutzergenerierten Daten von Strava und Outdooractive, sowie die passivgenerierten Daten durch die Swisscom bzw. durch Wifi/Bluetooth-Sensoren.

Im jeweiligen Abschnitt werden unter anderen folgenden Fragen beantwortet:

- 1 Für welche Mobilitätsformen des Langsamverkehrs sind die Daten relevant?  
Sind diese fürs Wandern relevant oder eher für Koexistenzfragen?
- 2 Wie kommt man an die Daten?
- 3 Mit welchen Kosten muss gerechnet werden?
- 4 Welche Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten gibt es (z.B. als Heatmaps)?
- 5 Wie ist es mit dem Datenschutz?
- 6 Wann machen Zählungen Sinn und bei welchen Fragestellungen würden sich eher Big Data Anwendungen eignen?
- 7 Wie können Zähltechnologien mit Big Data-Auswertungen kombiniert werden?
- 8 Ausblick auf mögliche Zukunftsentwicklungen

## 4.2 APP-/GPS-DATEN – Z.B. STRAVA

Strava ist eine App und Plattform mit der die Nutzenden ihre sportlichen Leistungen wie Joggen, Wandern oder Radfahren aufzeichnen und miteinander vergleichen können. Mit [Strava Metro](#) wurde eine Anwendung kreiert, mit der die aufgezeichneten Daten in anonymisierter Form auch der öffentlichen Hand zur Verfügung gestellt werden.

Erhältlich sind die Daten von Zufussgehenden und Velofahrenden, die ihre Daten freigeben haben. Diese Personen können bei der Datenerfassung zudem vermerken, ob es sich um einen Pendler- oder Freizeitweg handelt. Die Daten sind für Stunden, halbe oder ganze Tage verfügbar.

Aus Datenschutzgründen werden die Werte auf einem bestimmten Wegabschnitt auf 5 bzw. den nächsten vielfachen Wert von 5 gerundet; wurden weniger als 3 Durchgänge registriert, wird der Wert „0“ angezeigt. Bei kurzen Auswertungsintervallen (z.B. einzelne Stunden) erscheinen aus diesem Grund kaum Werte, weshalb es Sinn macht, mindestens auf das Tagesaufkommen zurückzugreifen.

Die Daten können in unterschiedlicher Form angezeigt werden, z.B. einzelne Routen (Quelle-Ziel), Wegabschnitte oder als Heatmap eines ganzen Gebiets. Dabei handelt es sich jeweils nur um die relative Nutzung, da nicht alle Personen auch die App nutzen bzw. eingeschaltet haben. Für die Abschätzung der realen Nutzungen sind parallele Zählungen und eine anschliessende Hochrechnung notwendig.



Dieses Bild enthält aggregierte und de-identifizierte Daten von Strava Metro. Je breiter, desto mehr Aufzeichnungen oder ungenauer aufgrund mangelhafter Standortgenauigkeit.

Abbildung 40: Auszug aus der Strava Heatmap von Wandernden auf der Rigi SZ (Quelle: Strava)

Die Daten werden nur an öffentliche Körperschaften (Städte, Gemeinden, Kantone etc.) abgegeben, jedoch nicht an Einzelpersonen, Planungsbüros oder Vereine, wie z.B. kantonale Wanderweg-Fachorganisationen. Seit Sommer 2020 sind die Daten kostenlos erhältlich.

In Bezug auf das Zufussgehen und Wandern ist noch unklar, wie es um die Geschlechter- und Altersverteilung der Strava-Nutzenden steht. Beim Veloverkehr überwiegen die Männer mit einem 80%-Anteil deutlich. Beim Alter sind die Unterschiede bei den über 25-Jährigen in Bezug auf den [Mikrozensus Mobilität und Verkehr](#) nicht sehr gross, hingegen fehlen die jüngeren Velonutzenden

und insbesondere die Kinder in den Strava-Daten weitestgehend (siehe Straumann et al. 2020<sup>7</sup>). Je nach Anwendung sind diese Angaben jedoch nicht entscheidend.

Die Daten von Strava eignen sich vor allem für die Analyse von MTB-Aktivitäten auf Wanderwegen und damit auch zur Analyse von möglichen Konfliktpotenzialen (siehe Praxisbeispiel Silvaplana, [Kap. 3.3](#)).

### 4.3 MOBILFUNKDATEN – Z.B. SWISSCOM

Die Swisscom (und andere Mobilfunkanbieter) verfügen mit ihren grossen Datensätzen über Angaben wie sich Menschen im Raum bewegen. Dabei werden die Daten des Mobiltelefons aufgezeichnet, bis dieses mindestens während 20 Minuten an einem Ort bleibt<sup>8</sup>. Die Bewegungsverfolgung basiert darauf, an welchen Antennen sich die Mobiltelefone jeweils einloggen sowie anhand weiterer Sensoren wie GPS, Beschleunigungsmesser, Gyroskop etc. Mit eigenen Algorithmen versucht die Swisscom die Genauigkeit des Standorts und der Routen weiter zu erhöhen. Dabei wird das Gebiet der Schweiz in Quadranten von 100x100 Meter Seitenlänge eingeteilt. Diese Nord-Süd ausgerichteten Quadranten, auch als Kacheln bezeichnet, enthalten die aggregierten Daten der SIM-Karten, welche sich während einer bestimmten Stunde darin aufgehalten bzw. bewegt haben. Die Daten sind nur rückwirkend und nicht in Echtzeit erhältlich.

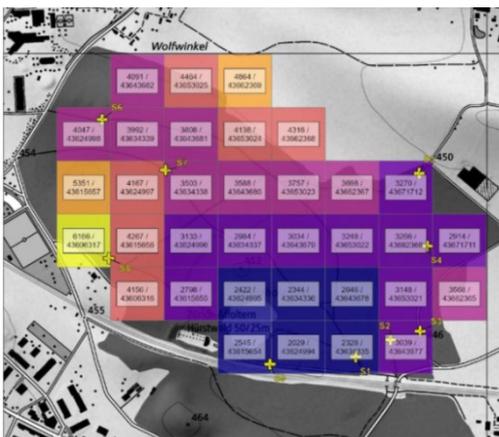


Abbildung 41: Die Einteilung anhand von Kacheln, hier am Beispiel der Pilotphase A der Projekts von Grün Stadt Zürich im Gebiet Hürstwald (Datenquelle: Swisscom, Aufbereitung Forschungsgruppe Umweltplanung ZHAW)

Die Anzahl der SIM-Karten wird im Anschluss daran und unter Berücksichtigung des Marktanteils der Swisscom (dieser beträgt ca. 60%) auf die geschätzte Zahl der sich in einer Kachel befindlichen Personen bzw. der geschätzten Anzahl der darin festgestellten Bewegungen hochgerechnet. Liegt die Zahl der SIM-Karten pro analysierten Zeitabschnitt (Stunde oder Tag) und pro Kachel unter 20, so wird aus Datenschutzgründen kein Wert angezeigt (so genannte k-Anonymität).

Aus technischen Gründen kann die Position einer SIM-Karte nur ungefähr festgestellt werden. Die Abweichung beträgt im Median<sup>9</sup> von rund 130 Meter. Hierbei handelt es sich um den Radius. Das

<sup>7</sup> Straumann Ralph, Rothenfluh Marco, Fürstenberger Jonas, Zehnder André, 2020: Eignung von STRAVA-Daten für Fragestellungen des Veloverkehrs. Im Auftrag des Kantons Zürich, Amt für Verkehr, Zürich.

<sup>8</sup> Die meisten der Angaben basieren auf den „Frequently Asked Questions“ (FAQ) der [Mobility Insights Plattform](#).

<sup>9</sup> Der Median bedeutet, dass die Hälfte der Werte über und die andere Hälfte unter dieser Zahl liegt.

heisst, die registrierte SIM-Karte befindet sich jeweils irgendwo in einem Kreis von 260 Metern Durchmesser um den realen Standort einer Person. Dies entspricht einer Fläche von 53'000 Quadratmetern. Kurze Wege können so nicht abgebildet werden. Die Daten eignen sich vor allem zur Bestimmung des Personenaufkommens insgesamt sowie für die Bewegungen in grösseren Räumen. Die Identifizierung von Zufussgehenden und Velofahrten ist im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln (Auto, Eisenbahn) nur beschränkt möglich (siehe Anwendungsbeispiele [Kap. 3.5](#) und [Kap. 4.5](#)).

Die Swisscom stellt die Daten als Online-Tool auf ihrer [Mobility Insights Plattform](#) gegen Entgelt zur Verfügung. Damit kann z.B. angegeben werden, wie viele Personen sich in einem Gebiet pro Tag aufgehalten bzw. dieses durchquert haben. Es werden vor allem visualisierte Statistiken, insbesondere als Heatmaps eingesetzt. Auch die zurückgelegten Distanzen und die Aufenthaltsdauer lassen sich darstellen. Die Ergebnisse können gemäss Bedarf auch nach Geschlecht, Altersgruppen und Herkunftsort der SIM-Karten aufgeschlüsselt werden. Der Bezug der Daten ist relativ teuer: Die Kosten belaufen sich auf mehrere Tausend Franken pro Monat.

## 4.4 BLUETOOTH/WIFI-DATEN

Um die Routen von Personen in einem bestimmten Raum zu erfassen, können Bluetooth/Wifi-Erfassungsgeräte eingesetzt werden. Diese empfangen die Signale, welche Mobiltelefone, Tablets, Laptops, Kopfhörer usw. mit aktiviertem Bluetooth oder Wifi aussenden. Die Reichweite dieser Signale liegt bei ungefähr 10 bis 30 Metern für Bluetooth und etwas mehr für die Wifi-Signale.

Die erfassten MAC-Adressen werden zusammen mit einer codierten Identifikation des jeweiligen Apparates gespeichert und aus Datenschutzgründen mit einem Zufallswert (sogenannte Hashfunktion) kombiniert, so dass die Adresse unkenntlich gemacht wird. Dieser Hashwert wechselt in gewissen Zeitabständen (im unten dargestellten Pilotprojekt in Brugg waren es alle 10 Minuten). Damit wird gewährleistet, dass einerseits mit mehreren Empfängern die Route, die Dauer der Bewegung und der Aufenthalt einer Person im Raum erfasst werden können, andererseits aber keine Rückschlüsse auf die Person selber möglich sind.

Es ist davon auszugehen, dass Personen unterwegs sind,

- die ein oder mehrere Geräte mit aktiviertem Bluetooth oder Wifi auf sich tragen,
- die ein oder mehrere Geräte auf sich tragen, jedoch Bluetooth oder Wifi nicht aktiviert haben,
- die kein Gerät auf sich tragen.

Aus diesem Grund müssen die von den Bluetooth/Wifi-Sensoren erfassten Signale mit einer anderen Erhebungsmethode kalibriert werden, um zuverlässige Frequenzdaten zu erhalten. Normalerweise wird dies mit einem Zählgerät vorgenommen.

Die Geräte können nur bedingt nach Verkehrsmittel und zwischen Aufenthalt im öffentlichen Raum und einem solchen in angrenzenden Gebäuden unterscheiden. Der Einsatzbereich dieser Geräte ist deshalb im Fuss- und Veloverkehr sehr beschränkt.

Die Erfassungsgeräte sind nicht sehr teuer, die Auswertungen aber sehr aufwändig, da eine grosse Zahl an Datenpunkten anfällt und die Routen strukturiert werden müssen. Für den Einsatz der Geräte braucht es in der Schweiz sorgfältige Datenschutzabklärungen.

In einem Pilotprojekt im Rahmen einer [SVI-Forschungsarbeit](#)<sup>10</sup> wurden die Unterführungen im Bahnhof Brugg mit 11 Bluetooth/Wifi-Sensoren und 2 Zählgeräten zur Kalibrierung eingesetzt.

<sup>10</sup> Siehe Pestalozzi Christian, Bucheli Dominik, Sauter Daniel, 2022: Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs, Forschungsprojekt SVI 2017/009.

Zum Einsatz kam der Prototyp der Universität Lausanne mit der Bezeichnung „Nilousense BTpath“ (siehe Foto links). Das Thema Datenschutz wurde vorgängig mit der Beauftragten für Öffentlichkeit und Datenschutz des Kantons Aargau sowie mit den SBB besprochen. Es wurde ein ausführliches Datenschutzkonzept erarbeitet.

Inwiefern sich eine Analyse z.B. in einem Naherholungs- oder Wandergebiet mit ansonsten wenigen NutzerInnen lohnen würde, ist ungewiss. Zum Zählen ist die Technologie nicht geeignet, und zur Erfassung der Routen könnte zwischen Wandernden und Mountainbikenden kaum unterschieden werden.



Abbildung 42: Das Bluetooth/Wifi-Erfassungsgerät links und die Wärmebildkamera zur Kalibrierung (Mitte), beides Prototypen der Universität Lausanne; rechts Ausschnitt Ergebnis (Fotos Christian Pestalozzi, Pestalozzi & Stäheli)

## 4.5 PILOT-ANWENDUNGEN NUTZERGENERierter DATEN

Bisher sind Projekte mit nutzergenerierten Daten im Fuss- und Veloverkehr sehr selten, in Bezug auf das Wandern ebenso. Im Folgenden werden einige der wenigen beispielhaften Pilotanwendungen von nutzergenerierten Daten dokumentiert. Meist werden dabei die aktiv oder passiv generierten Nutzerdaten mit jenen von automatischen Zählstellen abgeglichen. Es handelt sich um folgende Projekte:

1. Silvaplana: Daten von Strava und Outdooractive für den Vergleich des Aufkommens von Wandernden und Bikenden in einem Tourismusgebiet (siehe Praxisbeispiel [Kap. 3.3](#)).
2. Stadt Zürich: Strava- und Swisscom-Daten für den Fuss- und Veloverkehr in einem Naherholungsgebiet (siehe Praxisbeispiel [Kap. 3.5](#))
3. Stadt Pully: Swisscom-Daten für den MIV, öV und Fussverkehr im urbanen Raum
4. Kanton Zürich: Anwendung von Strava zur Abbildung des Veloverkehrs vornehmlich in der Agglomeration

### 1. SILVAPLANA: STRAVA-DATEN IM TOURISMUSGEBIET

Die differenzierteste Studie wurde im Rahmen eines Pilotprojekts in Silvaplana (GR) von Allegra Tourismus durchgeführt. Dabei wurden Zählungen auf dem Wanderwegnetz und auf MTB-Routen mit dem Aufkommen gemäss Strava-App miteinander verglichen – mit dem Resultat, dass vor allem bei den Bikenden eine sehr hohe Korrelation der beiden Werte zustande kam. Neben dem Aufkommen von Wandernden und Mountainbikenden wurden auch die Geschwindigkeiten in Strava in die Analyse aufgenommen, was es ermöglicht, Wegabschnitte mit grossem, aktuellem

und künftigem Konfliktpotenzial auszuweisen. Das Projekt ist als Praxisbeispiel in [Kap. 3.3](#) detaillierter dokumentiert.

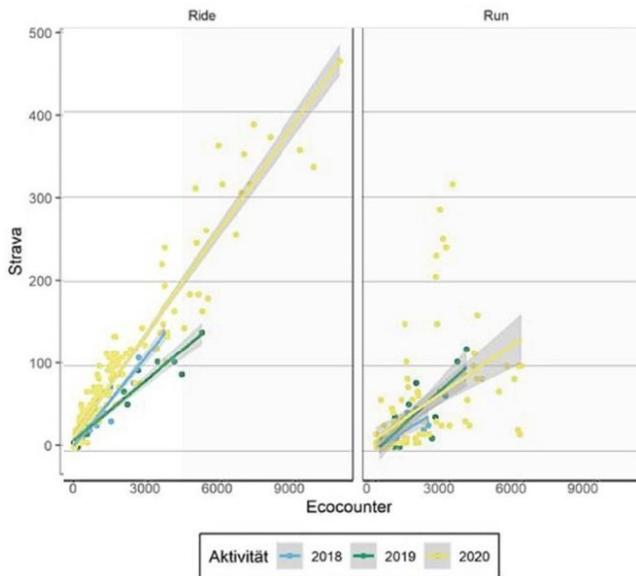


Abbildung 43: Von Zählungen Eco-Counter vs. Strava wöchentlich: Alle Zählstellen kombiniert (Quelle: Allegra Tourismus, Balsiger et al., 2021)

## 2. STADT ZÜRICH: STRAVA- UND SWISSCOM-DATEN IM NAHERHOLUNGSGEBIET

Das Projekt von Grün Stadt Zürich hatte zum Ziel, aufzuzeigen, inwiefern sich nutzergenerierte Daten für ein weiträumiges Besuchermonitoring eignen. Dazu wurden über den Zeitraum eines Jahres (September 2020 bis August 2021) die Daten von neun offiziellen Zugängen in den Hürstwald mit jenen von Swisscom und Strava verglichen. Im Anschluss an die Erhebung wurden die Mobilfunk- und die App-Daten räumlich und zeitlich in Bezug zu den realen Bewegungen gemäss den Zählstellen gesetzt. Dabei zeigte sich, dass die Swisscom-Daten sich sowohl zeitlich wie räumlich deutlich von den automatischen Zählstellen- und Strava-Daten unterschieden und unplausibler waren. Das war auch in den linearen Regressionen der wöchentlichen Werte sichtbar, die eine deutlich bessere Übereinstimmung der Zählstellen mit jenen von Strava als mit jenen von Swisscom ergab. Das Projekt ist als Praxisbeispiel in [Kap. 3.5](#) detaillierter dokumentiert.

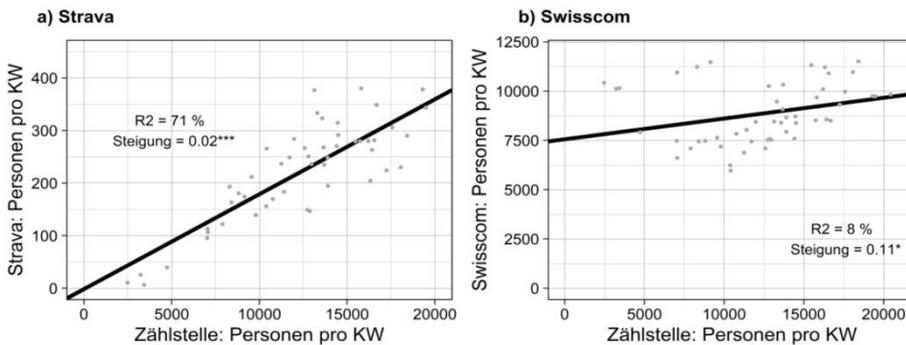


Abbildung 44: Lineare Regression der wöchentlichen Werte von Strava (a) und Swisscom (b) gemessen an den Zahlen der automatischen Zählstellen (Quelle: Hochreutener et al. 2021, S. 21)

### 3. STADT PULLY: SWISSCOM-DATEN IM URBANEN RAUM

Die Stadt Pully bei Lausanne hat in Zusammenarbeit mit der Swisscom und der ETH Lausanne die Nutzbarkeit von Mobilfunkdaten für eine Verkehrsanalyse untersucht. Dabei wurde das Aufkommen der einzelnen Verkehrsmittel vor Ort gezählt, allerdings ohne den Veloverkehr. Für die Fussgängerzählung kam eine Pyrobox von Eco-Counter zum Einsatz. Die Daten des öffentlichen Verkehrs wurden von den SBB und den Lausanner Transportbetrieben zur Verfügung gestellt. Die Studie (siehe Pougala 2020<sup>11</sup>) zeigt, dass die Swisscom-Daten das Aufkommen von Fahrzeugen und NutzerInnen des öffentlichen Verkehrs relativ gut abbildet. Beim Fussverkehr hingegen ist dies nicht der Fall, die Streuung der Werte ist sehr gross (siehe Abbildung unten).

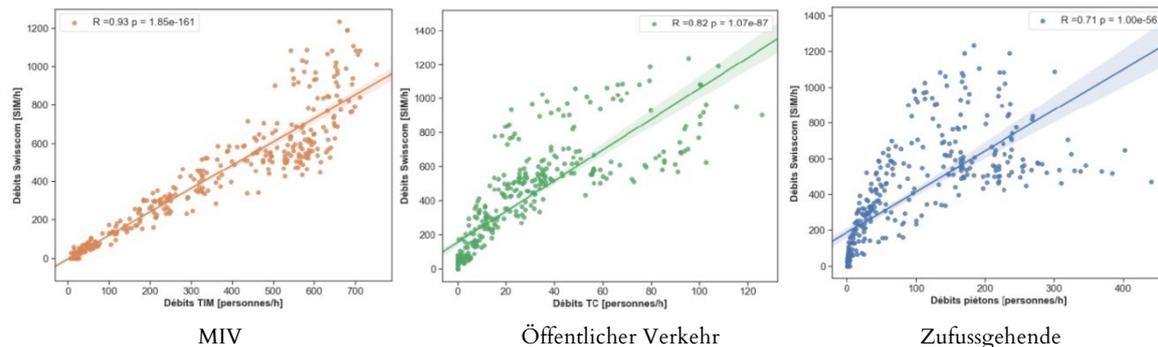


Abbildung 45: Von Korrelationen zwischen dem gezählten Aufkommen nach Verkehrsart und den Swisscom-Daten (Quelle: Pougala, 2020)

### 4. KANTON ZÜRICH: STRAVA-DATEN DES VELOVERKEHRS IN DER AGGLOMERATION

Eine weitere Pilotstudie im Kanton Zürich war ausschliesslich auf den Veloverkehr ausgerichtet. Sie wird hier trotzdem aufgeführt, weil sie methodisch interessant ist und zeigt, dass nutzergenierte Daten das Potenzial haben, grossräumigere Routen abzubilden, was allenfalls für eine kantonale Übersicht und Planung v.a. beim Veloverkehr nützlich sein kann. Im vorliegenden Pilotprojekt wurde untersucht, inwiefern Strava-Daten zur Abbildung des Veloverkehrs im Kanton und zu den gewählten Routen durch die Velofahrenden herangezogen werden könnten (siehe Straumann et al. 2020<sup>12</sup>). Dazu wurden die nutzergenierten Daten mit jenen der kantonalen Zählstellen verglichen. In der Korrelationsanalyse zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung der beiden Datenquellen. Allerdings ist die Erfassungsrate bzw. der Anteil von Strava-Nutzenden an allen Velofahrenden je nach Zählstelle sehr unterschiedlich. Somit lässt sich für die einzelnen Zählstellen keine allgemeine Hochrechnung aus den Strava-Daten erstellen<sup>13</sup>. Diese lassen jedoch vor allem Aussagen zum Aufkommen auf dem Velowegnetz zwischen den Siedlungsgebieten zu, also über grössere Strecken und Zeiträume. Innerhalb des Siedlungsraumes und bei geringer zeitlicher Auflösung sind kaum zuverlässige Aussagen möglich. In Bezug auf die Nutzergruppen der Velofahrenden gibt es grössere Unterschiede: Männer sind bei den Strava-Nutzern deutlich übervertreten, jüngere Velonutzende, v.a.

<sup>11</sup> Pougala Janody, 2020: «Mobilitätsbeobachtungssystem» in Pully. Ein Tool zur Quantifizierung des Verkehrs im Stadtzentrum; in: Strasse und Verkehr Nr. 7-8, Juli/August 2020, S. 36-47.

<sup>12</sup> Der Bericht enthält auch zahlreiche Hintergrund-Informationen zu Strava sowie Angaben zur Umlegung ins Wegnetz und zur Datenaufbereitung.

<sup>13</sup> Zur Platzierung von Velozählstellen aufgrund von Strava-Daten siehe den Artikel von Brum-Bastos et al., 2019. Brum-Bastos, Vanessa, Colin J. Ferster, Trisalyn Nelson, and Meghan Winters: 2019: Where to Put Bike Counters? Stratifying Bicycling Patterns in the City Using Crowdsourced Data. Transport Findings, November. <https://doi.org/10.32866/10828>.

Kinder dagegen untervertreten. Insgesamt werden die Strava-Daten im Bericht als taugliche Datengrundlage angesehen, die sich gut für Vergleiche eignet, sofern jeweils eine Plausibilitätsüberprüfung stattfindet.

**Wie ist das mit den Google-Daten?**

Immer wieder wird gefragt, weshalb man nicht einfach Google-Daten für die Analyse verwenden könne. Google zeichnet in seinen Apps, z.B. wenn Google Maps benutzt wird, die jeweiligen Standortdaten auf. Auch Dienste von Drittanbietern übermitteln die Geolokalisierungsdaten an Google. Dies geschieht z.T. im Hintergrund, auch wenn die GPS-Funktion abgeschaltet ist. Dazu werden neben GPS auch Positionsdaten von Mobilfunknetzen und Bluetooth- sowie WLAN-Verbindungen registriert. Google nutzt diese Daten für eigene Angebote und Dienstleistungen (z.B. zur Darstellung von Verkehrs- und Stausituationen auf Google Maps), verkauft diese jedoch nicht an Aussenstehende. Die Qualität der Daten ist zudem nicht unabhängig überprüfbar.

## 4.6 VERGLEICH VON NUTZERGENERIERTEN DATEN MIT ZÄHLGERÄTEDATEN

In *Tabelle 2* auf der folgenden Seite werden die verschiedenen Erfassungsmethoden von Apps/GPS, Mobilfunk-, Bluetooth/Wifi/- und Zählraten miteinander verglichen und deren Unterschiede bei der Erfassung und der derzeitigen Aussagekraft aufgezeigt.

Einige der aktiv bzw. passiv durch Nutzer generierten Daten sind entweder teuer in der Anschaffung oder sind aufwändig bei der Aufbereitung und brauchen ein entsprechendes Knowhow. Zudem ist die Aussagekraft für den Fussverkehr und damit auch für das Wandern zum Teil noch sehr eingeschränkt. Für spezifische Fragestellungen kann sich der Aufwand lohnen, insbesondere wenn die nutzer generierten Daten mit solchen von Zählungen kombiniert werden. In der Zukunft sind neuere Entwicklungen insbesondere bei den Apps-/GPS-basierten Daten zu erwarten, die zusammen mit Zählungen nützliche Aussagen über das Aufkommen auf ganzen Routen, über die Dichte und das daraus entstehende Konfliktpotenzial erlauben werden.

Tabelle 2: Übersicht und Vergleich von nutzergenerierten Daten / BigData mit Zähldaten

	App-Daten/GPS (Strava)	Mobilfunk-Daten (Swisscom)	Bluetooth/Wifi (Spezialanbieter)	Zähldaten (diverse Geräteanbieter)
Nutzende	Strava: vor allem bei Bikenden und intensiver ausgeübten, extremeren Sportarten beliebt (Männer und über 25-Jährige in Überzahl).	Alle Kundinnen und Kunden der Swisscom. (Marktanteil Swisscom ca. 60%).	Wird von spezialisierten Planungsbüros und Forschungsinstitutionen für spezifische Fragestellungen eingesetzt.	Wird von Gemeinden, Kantonen, Parks und Forschungsinstitutionen meist auf öffentlichen Wegen und Trails eingesetzt.
Wie funktioniert die Erfassung	Erfasst werden nur Personen mit eingeschalteter App, welche die Daten freigegeben haben. Es resultieren nur relative Werte („Heatmaps“). Für reale Nutzungswerte sind Zählungen und Hochrechnungen notwendig.	Erfasst werden alle SIM-Karten des jeweiligen Mobilfunkanbieters, bei Swisscom in einem Gebiet von 100x100 Meter. Um repräsentativ zu sein, werden die Werte auf Personen und für die gesamte Bevölkerung hochgerechnet.	Die Erfassungsgeräte empfangen die Signale (MAC-Adressen), die von Mobiltelefonen, Tablets, Kopfhörer usw. ausgesendet werden, sofern die Funktion eingeschaltet ist. Die Reichweite beträgt zwischen 10 und 30 m. Die Werte müssen mit Zählungen kalibriert werden.	Erfasst werden alle Personen am jeweiligen Querschnitt. Es resultieren absolute Werte. Dies mit Ausnahme des Überdeckungseffekts bei nebeneinander gehenden Personen bei einzelnen Gerätetypen – dieser muss kalibriert werden.
Unterschiedene Nutzergruppen	Velofahrende/Bikende und Zufussgehende/Wandernde können unterschieden werden.	Zufussgehende und Bikende sind nicht zuverlässig erfassbar; MIV und öV-Passagiere je für sich werden gut erfasst. Problem, wenn weitere Aktivitäten (z.B. auf Sportplatz) in der Nähe stattfinden.	Es kann nur bedingt zwischen Verkehrsmitteln unterschieden werden, da dies über die Geschwindigkeit erfolgt. Abgrenzungsprobleme auch, wenn weitere Aktivitäten in der Nähe stattfinden.	Velofahrende/Bikende und Zufussgehende/Wandernde können mit entsprechenden Geräten bzw. Gerätekombinationen unterschieden werden.
Demographische Angaben	Sind erhältlich: Geschlecht und Alterskategorien.	Angaben zur Demographie und zur Herkunft der SIM-Karten (nach Land) sind erhältlich.	Aus Datenschutzgründen keine demographischen Angaben zu den Nutzenden erhältlich.	Keine demographischen Angaben zu den Nutzenden.
Zurückgelegte Wege	Werden erfasst und als Quell-Ziel-Beziehungen oder als Streckenabschnitte dargestellt.	Nur grossräumige Bewegungen erfassbar. Standortgenauigkeit gering (130m od. mehr im Radius).	Mit mehreren Empfangsgeräten können die Wege und Routen der Personen erfasst werden.	Werden nicht erfasst. Nur punktuelle Messung.
Richtung	Ist ersichtlich.	Innerhalb der Kachel nicht möglich; grossräumig sind Quell- und Zielorte ersichtlich.	Ist ersichtlich, sofern mehrere Empfangsgeräte.	Ist ersichtlich.
Geschwindigkeit	Wird erfasst.	Wird erfasst.	Wird erfasst, sofern mehrere Empfangsgeräte.	Keine oder nur beschränkte Erfassung
Aufenthaltsdauer	Wäre bei GPS-Apps grundsätzlich erfassbar, ist bei Strava aber nicht relevant.	Grundsätzlich erfassbar	Wäre grundsätzlich erfassbar, die Durchführung jedoch anspruchsvoll	Wird nicht erfasst
Datenschutz	Werte unter 3 Durchgängen pro Wegabschnitt werden als „0“ angezeigt, jene darüber auf 5 gerundet. Dies ist v.a. bei geringem Aufkommen und kurzen Zählintervallen zu berücksichtigen.	Kacheln mit unter 20 Personen pro Zeiteinheit (Stunde/Tag) werden auf Null gesetzt.	Erfasste MAC-Adresse wird mit einem Zufallswert kombiniert und so unkenntlich gemacht. Dieser Hashwert wechselt regelmässig.	Anonyme Erhebung (bei Eco-Counter z.B. mittels Infrarot-Sensor).
Kosten	Daten sind kostenlos, korrekte Aufbereitung und Auswertung braucht Know-how	Sehr teuer (mehrere Tausend Franken pro Monat)	Sehr aufwändig (und deshalb teuer) bei der Auswertung.	Eher gering je nach Zählgerät variable Installations- und Betriebskosten.
Studien / Erfahrungen	Bisherige Studien zeigen beim Veloverkehr eine gute Übereinstimmung mit Zähldaten; beim Fussverkehr ist Streuung grösser.	Bisherige Studien zeigen noch keine verlässlichen Ergebnisse bezüglich räumlicher und zeitlicher Nutzung.	Nur in bestimmten Situationen anwendbar, v.a. bei monomodaler Nutzung ohne zu grosse Einflüsse durch andere Aktivitäten/Verk.teiln.	Mit einigen Zählgeräten bestehen lang-jährige Erfahrungen; die systembedingten Schwächen sind meist kalibrierbar.

## 4.7 ZUKUNFTSENTWICKLUNGEN

In Zukunft wird der Bedarf an Daten weiter stark zunehmen. Dies als Grundlage sowohl für die Planung, das Monitoring (Erfolgsmessung), wie auch für das Besucher-Management. Gerade die Corona-Pandemie hat gezeigt, dass Daten über die Nutzungsintensität von bestimmten Gebieten sehr wertvoll sind. Im Idealfall sollten diese in Echtzeit zur Verfügung stehen, um aktuelle Besucherlenkungsmassnahmen empfehlen und somit Hotspots und Infrastrukturübernutzung vermeiden zu können (siehe Beispiel [Gästelenkung im Glarnerland](#)).

Zugleich nimmt die Digitalisierung in der Gesellschaft und insbesondere im Bereich Big Data weiter zu. Beide Trends werden die Art der Datenerhebungen und -auswertungen in Zukunft stark prägen.

Die Daten von Zählgeräten werden jedoch weiterhin eine wichtige Referenzgrösse darstellen. Die Geräte der neuesten Generation können Daten durchaus fast in Echtzeit übermitteln (z.B. alle 15 Minuten) und aufschlussreiche Momentaufnahmen liefern, wenn diese an strategisch günstigen Orten platziert werden. So z.B. bei Eingängen zu Naherholungsgebieten, zur Belegung von Parkplätzen oder bei Zählungen an Strassenzufahrten. Trotzdem bleiben solche Erhebungen immer punktuell, Bewegungsmuster und Frequentierung auf Routen sind bei den Zählungen meist nicht ersichtlich.

Anwendungen von Big Data haben den Vorteil, dass sie grossflächig Auskunft über das Personenaufkommen geben können. Allerdings sind die meisten Anwendungen derzeit noch nicht in Echtzeit verfügbar, u.a. aus Datenschutzgründen. Dies gilt z.B. für die Daten von Strava und Swiscom. Letztere hat während der Pandemiezeit z.B. für das [Bundesamt für Gesundheit die Daten zur Nutzungsdichte öffentlicher Räume](#) und die zurückgelegten Kilometer der Bevölkerung aufbereitet, allerdings immer nur retrospektiv.

Da der Fussverkehr und die Wanderaktivität im Vergleich zu anderen Sport- und Mobilitätsformen tendenziell eher kleinräumig orientiert ist, bleibt die Herausforderung bestehen, grossräumig aussagekräftige, nutzergenerierte Daten als Grundlage für Nutzerstromanalysen einsetzen zu können, ohne dass Fehlinterpretationen resultieren. Eine methodische Kombination von Big Dataressourcen und punktuellen Zählgeräten zur Referenzierung wird also voraussichtlich der beste Weg sein, ein solides Monitoring und dementsprechende Lösungsansätze zu gewährleisten.

## 5 LITERATUR

- Balsiger Claude, Jochner Matthias, Spinatsch Giani, Allegra Tourismus, 2021: Digitales Langsamverkehrs-monitoring, Präsentation anlässlich des 16. Erfahrungsaustauschs im Netzwerk «Monitoring Fuss- und Veloverkehr» in Nänikon-Greifensee, 9. Juni 2021.
- Brum-Bastos, Vanessa, Colin J. Ferster, Trisalyn Nelson, and Meghan Winters: 2019: Where to Put Bike Counters? Stratifying Bicycling Patterns in the City Using Crowdsourced Data. Transport Findings, November. <https://doi.org/10.32866/10828>.
- Hochreutener Adrian, Wytenbach Martin und Sauter Daniel, 2021: Erholungsmonitoring Grün Stadt Zürich. «Proof of concept» für ein flächendeckendes Erholungsmonitoring im Projektperimeter Hürstwald unter Einbezug verschiedener Erfassungsmethoden. Im Auftrag von Grün Stadt Zürich (Projektleitung Marvin Bürgin) mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt BAFU und der Stadtentwicklung Zürich.
- Pestalozzi Christian, Bucheli Dominik, Sauter Daniel, 2022: Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs, Forschungsprojekt SVI 2017/009.
- Pougala Janody, 2020: «Mobilitätsbeobachtungssystem» in Pully. Ein Tool zur Quantifizierung des Verkehrs im Stadtzentrum; in: Strasse und Verkehr Nr. 7-8, Juli/August 2020, S. 36-47, [http://www.vss.ch/fileadmin/redacteur/e-paper\\_SuV/e-paper\\_SUV\\_07\\_08\\_20/#36](http://www.vss.ch/fileadmin/redacteur/e-paper_SuV/e-paper_SUV_07_08_20/#36).
- Sauter Daniel und Rüttimann Daniel, 2021: Zählstellenausbau 2021 – 2025 Fuss- und Veloverkehr im Kanton St. Gallen, im Auftrag des Kantons St. Gallen.
- Straumann Ralph, Rothenfluh Marco, Fürstenberger Jonas, Zehnder André, 2020: Eignung von STRAVA-Daten für Fragestellungen des Veloverkehrs. Im Auftrag des Kantons Zürich, Amt für Verkehr, Zürich.

## 6 ABBILDUNGS-/ TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1: Der Monitoringprozess als Ablaufschema mit den Arbeitsschritten vor und nach der Zählung.....	5
Abbildung 2: Übersicht über permanente, periodische und projektbezogene Zählungen (Quelle: Sauter und Rüttimann, 2021 .....	13
Abbildung 3: Pyrosensoren im Feldeinsatz; oben links: schematische Darstellung der Funktionsweise (Eco-Counter).....	18
Abbildung 4: Oben: Ansicht Zählgerät und Montagemöglichkeiten (Quelle: TRAFx) Unten: Sensor an einem Baum, gut versteckt am Wegrand bzw. an einer Brücke (Fotos: Stefan Steuri, Naturpark Gantrisch).....	<b>Fehler!</b>
<b>Textmarke nicht definiert.</b>	
Abbildung 5: Der Plattensensor im Einsatz im Wildnispark Zürich oben rechts (Foto: Ronald Schmidt) bzw. im Aletschwald unten; auf dem linken Bild beim Einbau (Foto: Forschungsgruppe Umweltplanung, ZHAW); oben links: Funktionsgrafik (Quelle: Eco-Counter).....	20
Abbildung 6: Das PCR2-Radarzählgerät (Fotos links und rechts) und die Abdeckung des Zählbereichs (Mitte) (Foto links und Grafik Mitte: Parametric).....	21
Abbildung 7: Oben: ausgelegte Schleifen (ZELT) auf einem Naturweg im Wildnispark Sihlwald (Foto: Ronald Schmidt); unten: im Asphaltbelag eingefräste Velozählstelle (links) und temporäre Zählstelle Easy ZELT im Hürstwald Zürich 2021 (rechts).....	22
Abbildung 8: Schematische Darstellung des Systems TUBES (Grafik links) sowie ein solche im Einsatz auf Landstrassen und in Städten; gelb: Schutz bei vielen Inlineskates (Quelle: Eco-Counter).....	23
Abbildung 9: Das Magnetometer-Gerät (oben links) und die schematische Darstellung des Einsatzbereichs (oben rechts) (Quelle: TRAFx); das Gerät im Einsatz im Gantrisch-Gebiet (Quelle: Stefan Steuri, Naturpark Gantrisch).....	24
Abbildung 10: Oben: Installation eines Multizählers mit Veloschleifen, sowie Pyrosensoren zur Erfassung von Zufussgehenden & Reitenden: Bild unten: gleiches Zählgerät in Betrieb (Fotos: Ronald Schmidt, Wildnispark Zürich).....	25
Abbildung 11: Beispiele des Einsatzes von Swiss BIKE+PED light; Foto rechts unten: Swisstraffic).....	26
Abbildung 12: Das Radargerät TCR-LSS von Parametric im Einsatz in Engelberg, Herbst 2021 & Winter 2022.....	27
Abbildung 13: Obere Bildreihe und unten rechts: Der Laserscanner im Einsatz in Pontresina, untere Reihe: Funktionsweise des Laserscanners mit Punktwolken fürs Velo und Zufussgehende (Quelle Grafiken & Foto oben rechts: Swisstraffic).....	28
Abbildung 14: Obere Bildreihe: Das Zählgerät im Einsatz in der Stadt Zürich, untere Bildreihe: thermische Bilder der Infrarot-Kamera (Quelle: Universität Lausanne, Christian Kaiser).....	29
Abbildung 15: Obere Bildreihe: Zählgerät im Einsatz (links) und Besucherinformation (rechts) (Quelle: Biosfera Val Müstair); untere Bildreihe: Kamera von Reconyx & Kamerabild (Quelle: Forschungsgruppe Umweltplanung ZHAW).....	30
Abbildung 16: Übersichtskarte der dokumentierten Praxisbeispiele (Geoportal des Bundes).....	31
Abbildung 17: Wärmesensor versteckt in einer speziell hergestellten Wanderweg-Rhombe.....	33
Abbildung 18: Sensor an einer Brücke (oben links) oder versteckt in einer Treppe (rechts).....	33
Abbildung 19: Sensoren in speziellen Kästen, Pfosten oder in einem alten, ausgehöhlten Baumstamm untergebracht (Fotos: Ronald Schmidt, Wildnispark Zürich).....	33
Abbildung 20: Schnee und durch Tieraktivitäten verstopfte Sensoren verdecken den Sensor (Fotos: Ronald Schmidt, Wildnispark Zürich).....	35
Abbildung 21: Ablauf der Auswertung im Wildnispark Zürich (Quelle: Ronald Schmidt, Wildnispark Zürich).....	36
Abbildung 22: Infrarotsensoren von TRAFx und Eco-Counter in einer Vergleichszählung am Gäggersteg.....	37
Abbildung 23: Der Mountainbike-Zähler von TRAFx (nur für sehr schmale Wege geeignet).....	37
Abbildung 24: Infrarotzähler von TRAFx an einem Baum befestigt. (Alle Fotos: Stefan Steuri, Naturpark Gantrisch).....	37
Abbildung 25: Die Zählgeräte im Wintereinsatz: auf dem Bild links versteckt hinter dem Baum, im Bild rechts die Montage des Gehäuses an einem weiteren Standort/Baum. (Fotos: Stefan Steuri, Naturpark Gantrisch).....	39
Abbildung 26: Einrichtung einer Multi-Zählstelle von Eco-Counter (Fotos: Allegra Tourismus).....	41

Abbildung 27: Hochgerechnete Nutzerzahlen (Wandernde & Bikende) mit Geschwindigkeiten der Bikes nach Wegabschnitten im Gebiet Palüd Lungia – Lej Nair in Silvaplana, Sommer 2019 (Quelle: Allegra Tourismus, Balsiger et al., 2021).....	41
Abbildung 28: Modellbildung: Zählungen Eco-Counter vs. Strava wöchentlich: nach Zählstelle getrennt (Quelle: Allegra Tourismus, Balsiger et al., 2021).....	43
Abbildung 29: Parametric Zählgeräte zur gleichzeitigen Erfassung des Fuss- und Veloverkehrs.....	45
Abbildung 30: Das Zählgerät im Wintereinsatz: links zur Zählung von Langlaufenden, rechts an einem Winterwanderweg.....	45
Abbildung 31: Stromversorgung mittels Akku (links) bzw. Solarstrom bei genügender Sonneneinstrahlung (rechts).....	47
Abbildung 32: Kontroll- und Vergleichszählungen von Parametric- und Eco-Counter-Zählgeräten entlang der Langlaufloipen in Engelberg im März 2022.....	48
Abbildung 33: Einbau eines Eco-Multi (links) bzw. Easy ZELT mit PYRO Sensor (Mitte & rechts).....	49
Abbildung 34: Plakat zur Information der Waldnutzenden, Schacht für Logger & Batterie (Mitte), Pyro-Sensor.....	49
Abbildung 35: Vandalismus im Hürstwald (Alle Fotos: Marvin Bürgin, Grün Stadt Zürich).....	49
Abbildung 36: Von Fallholz versperrte Wege mehr als einen Monat nach dem Sturm (Fotos vom 25.8.2021).. <b>Fehler!</b> <b>Textmarke nicht definiert.</b>	
Abbildung 37: Zeitlicher Verlauf der für das ganze Gebiet aufsummierten wöchentlichen Zählmengen der automatischen Zählstellen, der Swisscom- sowie der Strava-Daten. Links: absolute Werte, rechts gemäss den mit linearer Regression vergleichbar gemachten Daten (Quelle: Hochreutener et al. 2021, S. 11 und S. 37).....	51
Abbildung 38: Räumliche Verteilung der Nutzung im Hürstwald im Monat Mai 2021 (Zahl 5 = Mai) gemäss (a) automatischen Zählstellen, (b) Strava und (c) Swisscom. Weisse Punkte zeigen eine geringe absolute Nutzung wäh-rend rote Punkte eine intensive absolute Nutzung an dem betreffenden Standort und Monat zeigen. Hinweis: die Skalen der Legenden unterscheiden sich für alle drei Erfassungsmethoden. (Quelle: Hochreutener et al. 2021, S. 13).....	51
Abbildung 39: Die kombinierte Fuss- und Veloverkehrszählstelle vor und nach dem Sturm vom 13. Juli 2021 (Foto rechts: Marvin Bürgin).....	52
Abbildung 40: Auszug aus der Strava Heatmap von Wandernden auf der Rigi SZ (Quelle: Strava).....	54
Abbildung 41: Die Einteilung anhand von Kacheln, hier am Beispiel der Pilotphase A der Projekts von Grün Stadt Zürich im Gebiet Hürstwald (Datenquelle: Swisscom, Aufbereitung Forschungsgruppe Umweltplanung ZHAW).....	55
Abbildung 42: Das Bluetooth/Wifi-Erfassungsgerät links und die Wärmebildkamera zur Kalibrierung (Mitte), beides Prototypen der Universität Lausanne; rechts Ausschnitt Ergebnis (Fotos Christian Pestalozzi, Pestalozzi & Stäheli).....	57
Abbildung 43: Von Zählungen Eco-Counter vs. Strava wöchentlich: Alle Zählstellen kombiniert (Quelle: Allegra Tourismus, Balsiger et al., 2021).....	58
Abbildung 44: Lineare Regression der wöchentlichen Werte von Strava (a) und Swisscom (b) gemessen an den Zahlen der automatischen Zählstellen (Quelle: Hochreutener et al. 2021, S. 21).....	58
Abbildung 45: Von Korrelationen zwischen dem gezählten Aufkommen nach Verkehrsart und den Swisscom-Daten (Quelle: Pougala, 2020).....	59
Tabelle 1: Übersicht über die im Folgenden einzeln dargestellten Geräte und Technologien.....	17
Tabelle 2: Übersicht und Vergleich von nutzergenerierten Daten / BigData mit Zähl-daten.....	61

## 7 ÜBERSICHT ZUSÄTZLICHE DOKUMENTE

<a href="#">Tabellarische Übersicht Zähltechnologien</a>	<p>Übersichtstabelle zu den einzelnen Zählgeräten und deren Merkmalen inkl. weitere praktische Angaben zur Reichweite, Installationshöhe, Witterungsbeständigkeit, Messgenauigkeit, Datenschutz, Anschaffungs- und Betriebskosten sowie Montage- und Wartungsaufwand etc. Die Übersicht soll als Hilfestellung zum Gerätevergleich und als Entscheidungsraster dienen.</p>
<a href="#">Logbuch-Beispiel: Dokumentation einer Zählstelle</a>	<p>Wildnispark Zürich, 2022</p>
<a href="#">Video: Kalibrierungszählung (mp4)</a>	<p>Video von Ronald Schmidt zur Kalibrierung von Zählgeräten für den Langsamverkehr am Beispiel einer Pyrobox von Eco-counter. Wildnispark Zürich, 2022</p>
<a href="#">Zählbogen-Beispiel: Vorlage Sensortest (excel)</a>	<p>Wildnispark Zürich, 2022</p>

# 8 ANHANG: ÜBERSICHT ÜBER ZÄHLTECHNOLOGIEN UND -GERÄTE SOWIE DEREN EIGENSCHAFTEN

Verfasst von		Daniel Sauter, Urban Mobility Research		LETZTE AKTUALISIERUNG, 8. AUGUST 2022		Herausgegeben von		   		   						
		PERSONEN (OHNE UNTERSCHIEDUNG DER MOBILITÄTSFORM)		NUR ZUFUSSGEHENDE / WANDERENDE		NUR VELOFAHRENDE/MOUNTAINBIKENDE			MEHRFACH-ERFASSUNG / KOMBI-GERÄTE (ZUR GETRENNTEN ERFASSUNG VON FUSS- UND VELOVERKEHR + WEITEREN)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
		NUMMER	ECO-COUNTER	ECO-COUNTER	PARAMETRIC	ECO-COUNTER	ECO-COUNTER	TRAFx	ECO-COUNTER	SWISSTRAFFIC	PARAMETRIC	SWISSTRAFFIC	NILOUSENSE	RECONYX, BUSHNET, CUDEBACK ETC.		
		HERSTELLER	ECO-COUNTER	TRAFx	ECO-COUNTER	PARAMETRIC	ECO-COUNTER	ECO-COUNTER	TRAFx	ECO-COUNTER	SWISSTRAFFIC	PARAMETRIC	SWISSTRAFFIC	NILOUSENSE	RECONYX, BUSHNET, CUDEBACK ETC.	
		ZÄHLTECHNOLOGIE	INFRAROTSENSOR	INFRAROTSENSOR	PLATENSSENSOR	RADAR	INDUKTIONSSCHLEIFE	DRUCKSCHLAUCH	MAGNETOMETER	INFRAROTSENSOR UND INDUKTIONSSCHLEIFE	INFRAROTSENSOR	RADAR	LASERSCANNER	WÄRMEBILDKAMERA	AUTOMATISCHE KAMERA (WILDTIERKAMERA)	
		TYPENBEZEICHNUNG DES HERSTELLERS	PYRO (ALLEINSTEHEND, IN BOX ODER PFOSTEN)	INFRARED TRAIL COUNTER	SLAB	PCR-ODS Outdoor Pers.-zähler (Solar)	ZELT; EASY ZELT	TUBE FAHRRADZÄHLER	MOUNTAIN BIKE COUNTER	MULTI (FUSSGÄNGER, RADFAHRER, REITER EV. AUTOS)	Swiss BIKE+PED light	TCR-LSS Slow Traffic Counter (Solar)	SwissBIKE+PED crowd	NILOUSENSE IRview	DIVERSE PRODUKTE/ MODELLE	
		WEBLINK ZUM PRODUKT	<a href="https://de.eco-counter.com/products/pyro-personenzähler/">https://de.eco-counter.com/products/pyro-personenzähler/</a>	<a href="https://www.trafx.net/products/ir-counter">https://www.trafx.net/products/ir-counter</a>	<a href="https://de.eco-counter.com/products/platten-personenzähler/">https://de.eco-counter.com/products/platten-personenzähler/</a>	<a href="https://parametric.ch/de/products/pcr2-ods/">https://parametric.ch/de/products/pcr2-ods/</a>	<a href="https://de.eco-counter.com/products/zelt-fahrradzähler/">https://de.eco-counter.com/products/zelt-fahrradzähler/</a>	<a href="https://www.trafx.net/products/vehid-e-counter">https://www.trafx.net/products/vehid-e-counter</a>	<a href="https://de.eco-counter.com/products/multi-personen-fahrradzähler/">https://de.eco-counter.com/products/multi-personen-fahrradzähler/</a>	<a href="https://swisstraffic.ch/content/smart-mobility-solutions/">https://swisstraffic.ch/content/smart-mobility-solutions/</a>	<a href="http://parametric.ch/de/products/tcr-lss/">http://parametric.ch/de/products/tcr-lss/</a>	<a href="https://swisstraffic.ch/content/smart-mobility-solutions/">https://swisstraffic.ch/content/smart-mobility-solutions/</a>	<a href="https://www.nilouense.ch/">https://www.nilouense.ch/</a>	WEBSITE NOCH NICHT IN BETRIEB	ZUR ÜBERSICHT: <a href="http://www.fotofallen.ch">www.fotofallen.ch</a>	
		ZÄHLBARE MOBILITÄTSFORMEN (PIKTOGRAMM) * FG = Zufussgehende/Wandernde BK = Velo/Mountainbike SP = Schneeschuhlaufende (Langlaufende, Schneeschuhlaufende etc.) (Zu berücksichtigen sind spezielle Bedingungen wie Winter oder Belag, siehe unten)														
		IM EINSATZ IN (AUSGEWÄHLTE ORTE, PÄRKE ETC.)	JURAPARK AARGAU, WILDNISPARK ZÜRICH, NATURPARK GANTRISCH, PARC REGIONAL CHASSERAI, PARC NATUREL REGIONAL JURA VALUDOIS, PARC NATUREL DU JORAT ETC.	NATURPARK GANTRISCH, LANDSCHAFTSPARK BINNTAL	SCHWEIZ, NATIONALPARK, UNESCO-WELTERBE SWISS ALPS JUNGFRAU-ALETSCHE, WILDNISPARK ZÜRICH	IN DER SCHWEIZ KEIN ORT BEKANNT; IN ÖSTERREICH: RAPPENLOCH IN DORNBERN	IN VIELEN KANTONEN: AG, BL, BS, GE, GR, LU, NW, SH, SO, VD UND STÄDTEN: ZÜRICH, BERN, KÖNIG, LUZERN, WILDNISPARK ZÜRICH	ZÜRICH	NATURPARK GANTRISCH	KANTON BS, STADT ZÜRICH, GEMEINDE SILVAPLANA, WILDNISPARK ZÜRICH SHWALD, PARC REGIONAL CHASSERAI, BIOSFERA VAL MÜSTAIR	FLIMS-LAAX, WEISSE ARENA BERGBAHNEN AG, MORGES: FETE DE LA TULIPE	GEMEINDE ENGELBERG & ENGELBERG-TITLIS TOURISMUS AG, FLIMS-LAAX: WEISSE ARENA BERGBAHNEN AG	GEMEINDE PONTRESINA, KT. THURGAU (BODENSEERADWEG); IN ARBON, BOTTIGHOFEN UND MANNENBACH	REGION LAVALAUX, STADT ZÜRICH, BRUGG, OLTEN (ALLES NUR TEMPORÄRE ZÄHLUNGEN).	BIOSFERA VAL MÜSTAIR, NATURPARK BEVERIN (JEWEILS NUR TEMPORÄRE ZÄHLUNGEN)	FG, BK, SP (TIERE ETC. KÖNNEN HERAUSGEFILTERT WERDEN)
		EIGNUNG ZÄHLDUER	PERMANENT / TEMPORÄR	PERMANENT / TEMPORÄR	PERMANENT	PERMANENT / TEMPORÄR	PERMANENT / TEMPORÄR	TEMPORÄR	PERMANENT / TEMPORÄR	PERMANENT (TEMPORÄR)	PERMANENT / TEMPORÄR	PERMANENT (TEMPORÄR)	PERMANENT (TEMPORÄR)	TEMPORÄR	TEMPORÄR	
		REICHWEITE	BIS 4m BZW. 10m	BESTE RESULTE BIS 3m, BIS 6m MÖGLICH	BIS 10M; OHNE RICHTUNGSENKENNUNG BELIEBIG VIELE PLATTEN NEBEN EINANDER; MIT RICHTUNGSEK. MAX 2 DOPPELPLATTEN = CA. 1.5m	BIS 10m	6-9m	BIS 9m	BIS 2m	VELO: 6-9m; FUSSG: 1-10m	1-3m FÜR OPTIMALE ERGEBNISSE (BIS 6m BEI TIEFERER GENAUIGKEIT)	BIS 8m	BIS 4m	MAX. 12m	CA. 20m, MIT ZOOMFUNKTION AUCH MEHR	
		INSTALLATIONSHÖHE	CA. 90cm	HORIZONTAL, ODER LEICHT SCHRÄG VON OBEN, CA. 1m	IM BODEN EINGELASSEN	HORIZONTAL ODER SCHRÄG VON OBEN, MAX. 4m (SENKRECHT)	ZELT: IM BODEN EINGELASSEN EASY ZELT: AUF BODEN AUFGEKLEBT	AUF DEM BODEN FESTGEMACHT	IM BODEN EINGELASSEN	ZELT: IM BODEN EINGELASSEN PYRO FG: CA. 90cm, REITER: CA. 2.2m	CA. 80cm (+/-15cm)	HORIZONTAL ODER SCHRÄG VON OBEN, MAX. 8m (SENKRECHT)	3.5-8m	2.5 m, SCHRÄG VON OBEN	HORIZONTAL 1.2-1.6m; AUCH ÜBERKOPFANWENDUNG MÖGLICH	
		BELAG	ALLE BELÄGE	ALLE BELÄGE	NATURBELAG, UNTER BESTIMMTEN BEDINGUNGEN AUCH HARTBELAG	ALLE BELÄGE	HART- UND NATURBELAG EASY ZELT: NUR HARTBELAG	HARTBELAG UND GUTEN, EBENEN NATURBELAG	NATURBELAG ODER UNMITTLBAR NEBEN DEM WEG	HART- UND NATURBELAG	ALLE BELÄGE	ALLE BELÄGE	ALLE BELÄGE	ALLE BELÄGE	ALLE BELÄGE	
		GEH- UND FAHRRICHTUNG ERFASSBAR? (JA/ NEIN)	JA	JA	JA, ZWEI PLATTEN HINTEREINANDER, MAX. 2 DOPPELPLATTEN	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	
		STROMVERSORGUNG (BATTERIE / SOLAR): LEBENSDAUER BATTERIE	BATTERIE: 2 JAHRE	BATTERIE BIS ZU 10 JAHRE	BATTERIE: 10 JAHRE (MIT GSM 2 JAHRE)	SOLAR (AKKU BIS 7 TAGE); SEPARATER AKKU FÜR BETRIEB EBENFALLS MÖGLICH (DAUER UNBEKANNT)	BATTERIE: 1-2 JAHRE	BATTERIE: BIS ZU 10 JAHRE	BATTERIE BIS ZU 9 MONATE	BATTERIE: 1-2 JAHRE	BATTERIE 12 MONATE	SOLAR (AKKU BIS 7 TAGE); SEPARATER AKKU FÜR BETRIEB EBENFALLS MÖGLICH (DAUER UNBEKANNT)	SOLAR (AKKU-VERSORGUNGSDAUER UNBEKANNT)	BATTERIE (DAUERAUFNAHME MAX. 3 TAGE, BEI BEWEGUNGS-AKTIVIERUNG 1-2 WO.); ZUSATZBATTERIE MÖGLICH	BATTERIEN REICHEN FÜR 30'000 BIS 40'000 BILDER	
		EINSETZBAR ZU ALLEN JAHRESZEITEN/ WINTERTAUGLICH	JA	JA	NEIN (BEI SCHNEE UND EIS KEINE ZÄHLUNG)	JA	ZELT: JA EASY ZELT: NEIN	JA	NICHT FÜR SCHNEE GEEIGNET	JA	JA	JA	NEIN (BEI SCHNEE IM HINTERGRUND KEINE ZÄHLUNG)	JA (-10 BIS +40 GRAD)	JA	
		WITTERUNGSBESTÄNDIGKEIT (HOCH, MITTEL, TIEF)	HOCH	MITTEL (Z.T. PROBLEME MIT FELICHTIGKEIT)	HOCH	HOCH	ZELT: HOCH EASY ZELT: MITTEL	MITTEL	MITTEL (KEINE STAUNÄSSE)	HOCH	HOCH	HOCH	HOCH	HOCH (TEMPERATUREINSCHRÄNKUNG SIEHE OBEN)	MITTEL (PROBLEME BEI SCHNEE)	
		MESSGENAUIGKEIT (HOCH, MITTEL, TIEF)	HOCH (95% OHNE BERÜCKSICHTIGUNG ÜBERDECKUNG), SONST TIEFER	HOCH 95% OHNE BERÜCKSICHTIGUNG ÜBERDECKUNG), SONST 75-90%	HOCH (95%)	MITTEL (50-95%)	HOCH (90-95%)	HOCH (95%)	HOCH (95%)	HOCH (95% OHNE BERÜCKS. ÜBERDECKUNG BEIM PYRO), SONST TIEFER	HOCH (95% OHNE BERÜCKSICHTIGUNG ÜBERDECKUNG), SONST TIEFER; BEI 3 BIS 6m: 90%	MITTEL (50-95%)	HOCH (90-95%)	HOCH (PROBLEME BEI HOHEM KONTRAST)	HOCH (PROBLEME BEI HOHEM KONTRAST)	
		DATENSCHUTZ GEWÄHRLEISTET (JA/NEIN)	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	
		MONTAGEAUFWAND (HOCH, MITTEL, TIEF ODER CA. IN STUNDEN)	TIEF (15-30 MIN.)	TIEF	MITTEL	TIEF	MITTEL (ZELT: 2 STD, EASY ZELT: 1 STD.)	TIEF (15-30 MIN.)	TIEF (ZEIT: 1 STD)	MITTEL	TIEF	TIEF	HOCH	TIEF (30 MIN.)	TIEF (30 MIN.)	
		WARTUNGS-AUFWAND (HOCH, MITTEL, TIEF)	TIEF	TIEF	TIEF	TIEF	ZELT: TIEF EASY ZELT: MITTEL	TIEF (NUR 1X VERWENDBAR)	MITTEL (IM HERBST AUS- UND IM FRÜHLING WIEDER EINGRABEN)	TIEF	TIEF	TIEF	MITTEL	HOCH	HOCH	
		MÖGLICHKEIT DER TARNBARKEIT ZUR VERMEIDUNG VON VANDALISMUS (GUT, MITTEL, BESCHRÄNKT, NEIN)	GUT	GUT	GUT	MITTEL	ZELT: GUT EASY ZELT: SCHLECHT	SCHLECHT	GUT	GUT	MITTEL	MITTEL	SCHLECHT	MITTEL	MITTEL	
		SELBSTÄNDIGE KALIBRIERUNGS-MÖGLICHKEIT (JA, BESCHRÄNKT, NEIN)	JA	BESCHRÄNKT (NICHT LIVE)	JA	BESCHRÄNKT	JA	JA	BESCHRÄNKT (NICHT LIVE)	JA	JA	BESCHRÄNKT	BESCHRÄNKT (NACH ENTSPRECHENDER SCHULUNG)	BESCHRÄNKT (NICHT LIVE)	NEIN (NUR MÖGLICHT GUTE PLATZIERUNG)	
		AUTOMATISCHE DATENÜBERTRAGUNG AUF SERVER MÖGLICH (JA/ NEIN)	JA, GSM**	NEIN (NUR MANUELL AUSLESEN MÖGLICH)	JA, GSM**	JA, LoRaWAN**	JA, GSM**	JA, GSM**	NEIN (NUR MANUELL AUSLESEN MÖGLICH)	JA, GSM**	JA, SIGFOX, LTE-M FUNKNETZ ODER GSM**	JA, LoRaWAN**	JA, GSM**	NEIN (NUR MANUELL AUSLESEN MÖGLICH)	NEIN (NUR MANUELL AUSLESEN MÖGLICH)	
		FERN-ALARM-MÖGLICHKEIT AUF COMPUTER (JA/NEIN)	JA	NEIN	JA	JA	JA	JA	NEIN	JA	JA	JA	JA	NEIN	NEIN	
		DASHBOARD DES ANBIETERS FÜR AUTOMATISCHE DATENDARSTELLUNG VERFÜGBAR (JA/ NEIN)	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEIN	NEIN	
		AKTUELLER PREIS DES ZÄHLGERÄTS IN CHF	€ 3'000 BIS 4m € 3'600 BIS 10m ERFASSUNGSBREITE	USD 2'490 FÜR GANZES SYSTEM MIT 2 ZÄHLGERÄTEN UND ZUGANG ZU DASHBOARD FÜR 5 JAHRE; JEDES WEITERE GERÄT USD 550-590	€ 2'300 FÜR 80cm BREITE MIT RICHTUNGSENKENNUNG	AB CHF 1'420 INBETRIEBNAHME ZUSÄTZLICH (GANZE CH): CHF 1'200	€ 3'450 (BEI VARIANTE 3.5-5m)	€ 2'500	USD 2'490 FÜR GANZES SYSTEM MIT 2 ZÄHLGERÄTEN UND ZUGANG ZU DASHBOARD FÜR 5 JAHRE; JEDES WEITERE GERÄT USD 550-590	€ 4'000 BIS 4.5m (FG & VELO) € 5'400 BIS 4.5m (FG, VELO & REITER)	CHF 2'800 (INKL. SIM-KARTE UND SIGFOX-MODUL)	AB CHF 1'420 INBETRIEBNAHME ZUSÄTZLICH (GANZE CH): CHF 1'200	CHF 4'000	CHF 1'580	CHF 250-700	
		BETRIEBSKOSTEN INKL. LIZENZ / DATENMANAGEMENT (HOCH, MITTEL, TIEF)	TIEF; LIZENZ: € 300 PRO GERÄT/JAHR	ALLES IM SYSTEMPREIS EINGESCHLOSSEN; NUR MARKTÜBLICHE BATTERIEN ALLE 7-9 MONATE	TIEF; LIZENZ: € 300 PRO GERÄT/JAHR	TIEF: DASHBOARD INKL. DATENVERBINDUNG: CHF 280	TIEF; LIZENZ: € 300 PRO GERÄT/JAHR	TIEF; ERSATZSCHLAUCH 2ER SET € 90-165; ROLLE 25m: € 60 LIZENZ: € 300 PRO GERÄT/JAHR	ALLES IM SYSTEMPREIS EINGESCHLOSSEN; NUR MARKTÜBLICHE BATTERIEN ALLE 7-9 MONATE	TIEF; LIZENZ: € 300 PRO GERÄT/JAHR	TIEF; LIZENZ UND BATTERIE CHF 180 DASHBOARD (OPTIONAL) CHF 500 SERVICEVERTRAG: CA. CHF 450 / JAHR	TIEF: DASHBOARD INKL. DATENVERBINDUNG: CHF 280	TIEF; LIZENZ: CHF 250 PRO GERÄT/JAHR WARTUNG: CA. CHF 600 PRO JAHR	AUSWERTUNG DATEN CHF 0.40/h. BEIM GERÄTEKAUF 800M AUSWERTUNG IN NBE-GRIFFEN (CA. 1 MONAT ZÄHLDUER)	KOSTENFAKTOREN: AUFWÄNDIGE AUSWERTUNG, DATEN-MANAGEMENT UND GROSSE SPEICHER-KAPAZITÄTEN	
		SUPPORT- UND BERATUNGSQUALITÄT DURCH HERSTELLER/ANBIETER (GUT, MITTEL, TIEF) GEMÄSS RÜCKMELDUNGEN AUS DER PRAXIS	GUT	MITTEL (ERREICHBARKEIT, ANTWORTZEITEN Z.T. LANG; KONTAKT NUR PER E-MAIL)	GUT	MITTEL (ERREICHBARKEIT, ANTWORTZEITEN Z.T. LANG)	GUT	GUT	MITTEL (ERREICHBARKEIT, ANTWORTZEITEN Z.T. LANG; KONTAKT NUR PER E-MAIL)	GUT	GUT	MITTEL (ERREICHBARKEIT, ANTWORTZEITEN Z.T. LANG)	GUT	NOCH KEINE ERFAHRUNGEN	NICHT BEKANNT	
		REPARATURDIENSTLEISTUNG DES HERSTELLERS (JA/ NEIN)	JA	NEIN, ERSATZ MUSS SELBER EINGEBAUT WERDEN	JA	JA	JA	JA	NEIN, ERSATZ MUSS SELBER EINGEBAUT WERDEN	JA	JA	JA	JA	NOCH UNKLAR	NEIN, ERSATZ MUSS SELBER EINGEBAUT WERDEN	
		VORTEILE	EINFACH ZU MONTIEREN, GUTE TARNUNG MÖGLICH (V.A. WENN SENSOR ALLEIN); BEWAHRTES SYSTEM; KANN MIT VELO-/REITERZÄHLERN KOMBINIERT WERDEN (SIEHE DAZU SYSTEM "MULTI").	KLEIN UND EINFACH IN DER MONTAGE; GUTE TARNUNG MÖGLICH; BATTERIEN HALTEN LANGE; PREISLICH ATTRAKTIV.	UNSICHTBAR, VANDALENSICHER; V.A. FÜR NATURBELAG GEEIGNET; LANGE BATTERIELEBENSZEIT, BEWAHRTES SYSTEM.	GERÄT RELATIV KLEIN, WARTUNGS-ARM UND EINFACH MONTIERBAR, BATTERIELEBENSZEIT, BEWAHRTES SYSTEM. VERBINDUNG MIT LORAWAN-Netzwerk; KOSTENGÜNSTIG.	VANDALENSICHER: AUF NATURWEGEN UNSICHTBAR; AUF ASPHALT EINGEFÄSST; HOHE GENAUIGKEIT; WENN KEIN MISCHVERKEHR MIT MIV; BATTERIE HÄLT BIS ZU 9 MONATE; RELATIV KOSTENGÜNSTIG.	FÜR KURZZEITLICHE GEEIGNET, AUCH IM MISCHVERKEHR MIT MIV; EHER AUF ASPHALT ALS NATURBELAG; EINFACH INSTALLIERBAR; BATTERIE HÄLT BIS ZU 9 MONATE; RELATIV KOSTENGÜNSTIG.	V.A. FÜR MOUNTAINBIKETRAILS GEEIGNET; VANDALISMUSRESISTENT, DA UNTER DER ERDE VERGRABEN; BATTERIE HÄLT BIS ZU 9 MONATE; RELATIV KOSTENGÜNSTIG.	FUSS- UND VELOZÄHLUNG GLEICHZEITIG MÖGLICH, AUCH REITENDE SOWIE AUTOS; KANN RELATIV GUT GETARNET WERDEN; BEWAHRTES, RELATIV KOSTENGÜNSTIGES SYSTEM.	FUSS- UND VELOZÄHLUNG GLEICHZEITIG; KLEIN UND EINFACH MONTIERBAR; FLEXIBEL ÜBERMITTLUNGS-ARTEN; GERINGER STROMBEDARF; RELATIV KOSTENGÜNSTIG.	FUSS- UND VELOZÄHLUNG GLEICHZEITIG; KLEINES, EINFACH MONTIERBARES GERÄT; ÜBERMITTLUNG MIT LORAWAN, ENERGIEEFFIZIENT (SOLAR ODER AKKU); KOSTENGÜNSTIG.	FUSS- UND VELOZÄHLUNG GLEICHZEITIG; V.A. FÜR PERMANENTE ZÄHLUNGEN, GEEIGNET AUF ALLEN BELÄGEN, KANN AUCH BEI HOHEM ANKOMMEN EINGESATZT WERDEN, HOHE GENAUIGKEIT.	FUSS- UND VELOZÄHLUNG GLEICHZEITIG (SOWIE WEITERE VERKEHRS-ARTEN); EINFACH UND FLEXIBEL INSTALLIERBAR FÜR ALLE BELAGSTYPEN.	SPEZIELL FÜR ORTE, WO NICHT ANDERS GEZÄHLT WERDEN KANN, Z.B. NICHT ABZÄHLBARE (ALP-)WEIDEN; DETAILIERTE AUSWERTUNG DER NUTZUNGSARTEN MÖGLICH; EINFACH MONTIERBAR, KOSTENGÜNSTIG.	
		NACHTEILE	ÜBERDECKUNG BEI NEBENEINANDER GEHENDEN PERSONEN; BEI ÄLTEREN GERÄTEN: SCHNEE UND TIERE IM SENSORLOCH MÖGLICH.	GERÄT NICHT SEHR WITTERUNGS-BESTÄNDIG; DATEN LASSEN SICH NICHT AUS FERNE AUSLESEN, IM UNTERHALT UND BETRIEB AUFWÄNDIG; ÜBERDECKUNG BEI NEBENEINANDER GEHENDEN PERSONEN.	FUNKTIONIERT NICHT BEI SCHNEE UND EIS UND WENN MISCHNUTZUNG VON VIELEN FG UND BK. INSTALLATION RELATIV AUFWÄNDIG, NUR BEI GEEIGNETEM BODEN INSTALLIERBAR (KEINE FELSEN ODER WURZELN).	SORGFÄLTIGE STANDORTWAHL NOTWENDIG (GERÄT, SOLARPANEL, LORAWAN); GEMISCHTE ERFAHRUNGEN BEZÜGLICH GENAUIGKEIT UND ZUVERLÄSSIGKEIT; KUNDEN KÖNNEN NICHT ALLE EINSTELLUNGEN SELBER VORNEHMEN (ABHÄNGIGKEIT VOM ANBIETER).	UNGENÜGEND BEI WURZELN UND FELS; WEGEN NUR BEDINGT GEEIGNET; VERKEHR MIT MIV BRAUCHT SORGFÄLTIGE EINSTELLUNG; SYSTEM EASY ZELT BESCHRÄNKT ROBUST (REGELMÄSSIGE KONTROLLE NOTWENDIG).	IM WINTER NICHT UND AUF NATURWEGEN NUR BEDINGT GEEIGNET; VERKEHR MIT MIV BRAUCHT SORGFÄLTIGE EINSTELLUNG; SYSTEM EASY ZELT BESCHRÄNKT ROBUST (REGELMÄSSIGE KONTROLLE NOTWENDIG).	GERINGE ERFASSUNGSZONE (DURCHMESSER VON NUR 2M), SORGFÄLTIGE STANDORTWAHL NOTWENDIG; KEINE STAUNÄSSE; FUNKTIONIERT NICHT BEI SCHNEE; DATEN MÜSSEN VOR ORT AUSGELESEN WERDEN.	RELATIV AUFWÄNDIGE INSTALLATION (NUR FÜR PERMANENTE ZÄHLUNG); ÜBERDECKUNG BEIM PYRO (KALIBRIERBAR); KARBONVELOS NICHT ERFASST; SCHNEE; GROSSE INSTALLATIONSHÖHE FÜR REITER-SENSOR.	SORGFÄLTIGE STANDORTWAHL NOTWENDIG (GERÄT, SOLARPANEL, LORAWAN); GERINGE ERFASSUNGSZONE (DURCHMESSER VON NUR 2M); ÜBERDECKUNG VON ANKOMMEN EINGESATZT WERDEN, HOHE GENAUIGKEIT VOM ANBIETER BEIM BETRIEB).	RELATIV AUFWÄNDIGE INSTALLATION, HOHER STROMVERBRAUCH (AM NETZ ODER GROSSES SOLARPANEL NOTWENDIG); FÄLLT AUF; FUNKTIONIERT NICHT MIT SCHNEE IM HINTERGRUND, EHER TEUER.	DATEN MÜSSEN VOR ORT AUSGELESEN UND AKKU NACH BESTIMMTER ZEIT ERSETZT WERDEN; GERÄT IST EIN PROTOTYP UND NICHT AUSGEZEIGT; DIE ERFAHRUNGEN IM URBANEN RAUM SIND GEMISCHT UND LASSEN KEINE DEFINITIVEN SCHLÜSSE ZU.	GERÄTE FALLEN LEICHT AUF (GEFAHR VON VANDALISMUS ODER SABOTAGE) - GUTE INFORMATION SEHR WICHTIG; SORGFÄLTIGE STANDORTWAHL (KEINE ÄSTE IM WEG ETC.); BRAUCHT BEWILLIGUNG DER BEHÖRDEN; AUFWÄNDIG IN DER AUSWERTUNG (SELBST MIT ALGORITHMEN).		
		EINSCHÄTZUNG INSGESAMT	SEIT VIELEN JAHREN AUF DEM MARKT; BEWAHRTES ZÄHLGERÄT; SYSTEMBESTÄNDIG; SCHWÄCHEN (ÜBERDECKUNG) LASSEN SICH KALIBRIEREN; EMPFEHLENSWERT.	EINFACHES GERÄT, PREISLICH ATTRAKTIV ABER ZAHLEICHE NACHTEILE, DERZEIT NICHT EMPFEHLENSWERT.	BEWAHRTES SYSTEM, NACHTEILE BEI SCHNEE UND EIS & UNGEEIGNETEM UNTERGRUND; MIT DIESER EINSCHRÄNKUNG ABER EMPFEHLENSWERT.	HOCH ZUWENIG ERFAHRUNGEN UND UNABHÄNGIG ÜBERPRÜFTE DATEN, UM DERZEIT EINE EMPFEHLUNG ZUM GERÄT ABGEBEN ZU KÖNNEN.	BEWAHRTES SYSTEM FÜR NATUR- UND HARTBELAG SOWIE FÜR TEMPORÄRE ZÄHLUNGEN; NACHTEIL DER NICHTERFASSTEN KARBONVELOS BEKANNT; EMPFEHLENSWERT.	DRUCKSCHLÄUCHE SIND ALLGEMEIN BEWAHRT, ES LIEGEN ABER ZU WENIG ERFAHRUNGEN VON EINSÄTZEN AUF NATURWEGEN VOR, DESHALB KEINE EMPFEHLUNG MÖGLICH.	EINGESCHRÄNKTE EINSETZBARKEIT (NUR SCHMALE WEGE, DATENAUSLESE VOR ORT), ABER ANSONSTEN GUTE ERFAHRUNGEN BISHER, DESHALB EMPFEHLENSWERT.	BEWAHRTES KOMBI-SYSTEM FÜR NATUR- UND HARTBELAG (EINSCHRÄNKUNGEN SIEHE EINZELGERÄTE), EMPFEHLENSWERT.	NEU ENTWICKELTES GERÄT ZU DEM NOCH KAUM ERFAHRUNGEN IN DER SCHWEIZ VORLIEGEN (V.A. NICHT ZUR KOMBINIERTEN ERFASSUNG); DERZEIT NOCH KEINE EMPFEHLUNG MÖGLICH.	GERÄT RELATIV NEU AUF DEM MARKT; BISHERIGE ERFAHRUNGEN VON ANKOMMEN EINGESATZT WERDEN, HOHE GENAUIGKEIT; DERZEIT KEINE EMPFEHLUNG MÖGLICH.	AN DEN BISHERIGEN EINSATZORTEN ERFOLGREICHE ZÄHLUNGEN; EINSCHRÄNKUNGEN BEI SCHNEE SIND BEKANNT, EMPFEHLENSWERT.	DAS GERÄT IST ZWAR VIELVERSPECHEND, HAT ABER NOCH ZU VIELE KINDERKANNHEITEN; IST PROTOTYP UND NICHT AUF DEM MARKT; KEINE EMPFEHLUNG MÖGLICH.	FÜR DIE ERWÄHNTEN SPEZIALSITUATIONEN UND BEI GENÜGEND BETRIEBS- UND AUSWERTUNGS-RESSOURCEN EMPFEHLENSWERT.	
		LEGENDE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* bei ZÄHLBARE MOBILITÄTSFORMEN: einzelne Geräte können auch andere Aktivitäten z.B. Boote auf dem Wasser erfassen. Dies wird hier aber nicht speziell vermerkt</li> <li>** bei GSM bzw. LoRaWAN u.ä.: Übermittlung ist nur möglich, wenn es auch einen Netzeingang gibt. In abgelegenen Regionen kann dies ein Problem sein.</li> <li>☐ Erfahrungen fehlen oder stammen aus einem anderen Kontext (z.B. aus dem städtischen Raum). Angaben konnten nicht unabhängig überprüft werden.</li> </ul>													