



Forschungskommission des Schweizerischen Nationalparks  
Arbeitsberichte zur Nationalparkforschung

## Besucherzählung Schweizerischer Nationalpark

**Teil 1:** Besucherzählung 2007: Schlussbericht

**Michael Wernli, Diana Haller, Seraina Campell, Christoph Mühlethaler, Flurin Filli, Ruedi Haller, Reto Rupf**

**Teil 2:** Besucherzählung 2007 und 2008: Vergleich der Besucherzahlen mit Wetter und Witterung

**Christine Ketterer, Seraina Campell, Ruedi Haller**

November 2009

sc | nat 

Swiss National Park Research

A Commission of the Swiss Academy of Sciences

# **Teil 1**

## **Besucherzählung 2007: Schlussbericht**

Wädenswil, 01.07.2008

**Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
Fachstelle Umweltplanung**

Reto Rupf  
(Projektleitung ZHAW)

Mitarbeit ZHAW:  
Michael Wernli  
Diana Haller

**Schweizerischer Nationalpark:**  
Ruedi Haller (Projektleitung SNP)  
Seraina Campell  
Flurin Filli  
Christoph Mühlethaler



## **Zusammenfassung**

In einem Nationalpark kann mit geeignetem Management eine Optimierung zwischen Naturschutz und touristischer Nutzung erreicht werden. Als Grundlage für das Management sind genaue und verlässliche Zahlen zum Besucheraufkommen und der Verteilung unabdingbar.

Im Schweizerischen Nationalpark wurden während der Saison 2007 mit acht automatischen auf Vibration reagierenden Zählsystemen die Besucherzahlen erhoben. Die Genauigkeit der Datenerhebung wurde während drei Phasen mit mehreren Kalibrierzählungen überprüft und nötigenfalls Anpassungen an der Installation der Zählsysteme vorgenommen. Anhand der Kalibrierzählungen konnte der standortabhängige Kalibrierfaktor errechnet und der Systematische Zählfehler eliminiert werden. Mit der angewendeten Methodik lassen sich das Besucheraufkommen und deren Verteilung auf die Teilgebiete und über die Zeit relativ genau abschätzen.

Die Methodik für den Einsatz von vibrations sensitiven Zählsystemen sowie die Zählgenauigkeit konnte im Rahmen des Projektes verbessert werden. Die mittlere Abweichung lag signifikant unter 10% der manuell gezählten Überschreitungen. Die richtungsgetrenten Aufnahmen waren deutlich ungenauer und die Abweichungen sehr unkonstant.

An den acht Zählstandorten wurde ein Besucheraufkommen von 94'000 Personen während der Saison 2007 eruiert. Mit diesen Zählstandorten konnte jedoch nicht das Besucheraufkommen auf dem ganzen Wegnetz des Nationalparks erhoben werden. Das nicht erfasste Besucheraufkommen wurde aufgrund von weiteren Informationen, z.B. Übernachtungszahlen Chamanna Cluozza, und aus Erfahrungen der Nationalparkmitarbeitenden geschätzt. Das auf diese Weise bestimmte Besucheraufkommen für den ganzen Nationalpark belief sich in der Saison 2007 auf rund 125'000 Personen.

Die räumlich-zeitliche Verteilung der Besuchenden stimmte überwiegend mit vorangehenden Untersuchungen überein. Das deutlichste zu beobachtende Einzelphänomen betraf das Besucheraufkommen zur Hirschbrunft im September im Val Trupchun.

---

<b>Abbildungen</b> .....	<b>5</b>
<b>Tabellen</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1 Touristische Nutzung von Naturschutzgebieten .....	7
1.2 Bisheriges Besuchermonitoring im Schweizerischen Nationalpark .....	8
1.3 Ziele Besuchererfassung 2007 .....	8
1.4 Vorgehen .....	8
1.5 Begriffe .....	9
<b>2 Methodik</b> .....	<b>10</b>
2.1 Datenerhebung .....	10
2.1.1 Zähltechnologie .....	10
2.1.2 Installation .....	10
2.1.3 Standorte .....	10
2.2 Verbesserung der Zählgenauigkeit .....	13
2.2.1 Systemanpassungen .....	13
2.2.2 Entscheid über die Weiterverwendung der Zähltechnologie .....	13
2.3 Aufbereitung der automatischen Zähldaten .....	14
2.3.1 Bereinigung der manuellen Zähldaten .....	14
2.3.2 Kalibrierzählungen .....	14
2.3.3 Datenkorrektur .....	15
2.4 Automatisierung der Auswertung .....	15
2.5 Schätzung des Besucheraufkommens und deren Verteilung .....	15
2.5.1 Korrektur des systematischen Fehlers .....	15
2.5.2 Genauigkeit der Daten .....	16
2.5.3 Anzahl Parkbesuche .....	16
2.5.4 Nicht erfasste Besuche .....	19
2.5.5 Vergleich der seriellen Zählsysteme .....	19
2.5.6 Räumlich-zeitliche Auswertung .....	19
2.6 Schematischer Arbeitsablauf der Datenverarbeitung .....	20
<b>3 Resultate</b> .....	<b>21</b>
3.1 Datenbereinigung der manuellen und automatischen Zähldaten .....	21
3.2 Zählgenauigkeit .....	22
3.2.1 Beschreibung der Kalibrierzählung .....	22
3.2.2 Analyse der Zählstunden .....	23
3.2.3 Test der Zählabweichungen .....	25

3.2.4	Berechnung der Kalibrierfaktoren .....	27
3.2.5	Allgemeine Bedingungen zur Erhöhung der Zählgenauigkeit.....	29
3.3	Berechnung der Anzahl Besuche im SNP.....	31
3.3.1	Korrektur detektierter Überschreitungen .....	31
3.3.2	Genauigkeit der Daten .....	32
3.3.3	Einbezug des Wegnetzes .....	33
3.3.4	Gebiete ausserhalb des Untersuchungsperimeters.....	35
3.4	Räumlich-zeitliche Verteilung .....	36
3.4.1	Anzahl Besuche in den Teilgebieten.....	36
3.4.2	Verteilung der Besuche über die Saison .....	37
3.4.3	Untersuchung der Tagesgänge.....	40
3.4.4	Vergleich der seriellen Zählsysteme Stabelchod unten und oben .....	41
3.5	Diskussion .....	42
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>43</b>
4.1	Fazit.....	43
4.1.1	Ziel 1: Zählgenauigkeit unter 10% .....	43
4.1.2	Ziel 2: Auswertung der Zähldaten und Erstellung einer halb- automatischen Auswertung .....	43
4.1.3	Ziel 3: Schätzung der jährlichen Besucherzahlen inkl. räumlicher und zeitlicher Verteilung .....	44
4.2	Ausblick .....	44
4.2.1	Erfassung der Anzahl BesucherInnen und deren Verteilung .....	44
4.2.2	Echtzeiterfassung der Besuchenden .....	45
<b>5</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>46</b>
<b>Anhang Teil 1 .....</b>	<b>A1</b>	
Anhang 1-1: Beschreibung der eingesetzten Zählsysteme .....	A1	
Anhang 1-2: Beschreibung der Zählstandorte.....	A3	
Anhang 1-3: Datenauswertungscode für das Statistikprogramm „R“ .....	A12	

## Abbildungen

<i>Abbildung 1: Gegenüberstellung kontrollierten und unkontrollierten Besucherwachstums und deren Auswirkungen auf die Natur. ....</i>	<i>7</i>
<i>Abbildung 2: Karte des Schweizerischen Nationalparks mit dem Wegnetz und den Zählstandorten. ....</i>	<i>11</i>
<i>Abbildung 3: Zählstandort mit automatischem Zählsystem auf La Schera. Ziel war es, die Systeme für die Besucher nicht erkennbar zu platzieren und zu verhindern, dass die Gäste die Matten umgehen. ....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 4: Schematischer Ablauf der Datenauswertung .....</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 5: Abweichungen der automatischen in Bezug auf manuelle Zähl- daten. ....</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 6: Abweichung der automatischen Zählung bezüglich manuellen Zählungen.....</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 7: Abweichungen der automatischen Zählung bezüglich der manuellen Zählungen, getrennt nach Richtung. ....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 8: Anteil der Besuche in den Teilgebieten.....</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 9: Summe der Besuche nach Monaten. ....</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 10: Summe der Überschreitungen nach Monaten und Zähl- systemen. ....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 11: Summe der unkalibrierten Überschreitungen nach Tageszeit und Zählsystemen. ....</i>	<i>41</i>

## **Tabellen**

<i>Tabelle 1: Definition von Begriffen .....</i>	<i>9</i>
<i>Tabelle 2: Änderungen der Zählstandorte .....</i>	<i>13</i>
<i>Tabelle 3: Beschreibung der Zählstandorte und deren Einfluss auf die Berechnung der jährlichen Parkbesuche.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabelle 4: Beschreibung der manuellen und automatischen Zählzeiten .....</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 5: Mittlere Abweichung der Kalibrierdaten .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabelle 6: Mittlere Abweichung der Zählzeiten aller Standorte.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabelle 7: Resultate des Wilcoxon-Tests; H0: Die mittleren Abweichungen sind grösser als 10%.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 8: Resultate des Binomial-Tests; H0: Die Wahrscheinlichkeit den Anforderungen zu genügen ist kleiner als 90%.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 9: Abweichung der automatischen Zählzeiten an den einzelnen Standorten. ....</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 10: Berechnung der Anzahl detektierten Überschreitungen im Schweizerischen Nationalpark 2007 .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 11: Szenarien der Anzahl Überschreitungen .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 12: Berechnung der Besuche anhand der Überschreitungen .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 13: Szenarien für die Berechnung des Besucheraufkommens.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 14: Abschätzung der nicht gezählten Besuchenden.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabelle 15: Relative Verteilung der Besuche über die Teilgebiete während der Saison. ....</i>	<i>38</i>

# 1 Einleitung

## 1.1 Touristische Nutzung von Naturschutzgebieten

Steigt die touristische Nutzung in einem Schutzgebiet unkontrolliert an, kommt es zu verstärkten Abnutzungserscheinungen und Ausweitungen auf dem Wegnetz oder andererseits zu Gedrängen auf Wanderwegen, die Tragfähigkeit des Gebietes wird überschritten. Dies führt zu einem Verlust der Attraktivität des Gebietes, woraus negative Besucherentwicklungen resultieren. Der Sachverhalt ist in Abbildung 1 dargestellt. Ein gezieltes Besuchermanagement ermöglicht die sinnvolle Lenkung der Besucherströme. Ausgehend vom Besucheraufkommen und Informationen zur Aufenthaltsdauer, begangene Wege usw. können die nötigen Infrastrukturen bereitgestellt oder allenfalls Beschränkungsmassnahmen getroffen werden (Donald et a. 2004). Spitzen der Nutzung können gebrochen werden und eine optimale Anzahl Besuchenden kann den Park nutzen (Manning 2007). Somit können die Attraktionswerte der Natur erhalten werden und die Besuchenden sind zufrieden, was sich positiv auf die verfügbaren Mittel und die Akzeptanz bezüglich Naturschutz auswirkt (Manning 2002). Die Grundlagen für das Besuchermanagement umfassen einerseits die Zählung des Besucheraufkommens sowie die Datenübermittlung für die Echtzeiterfassung.

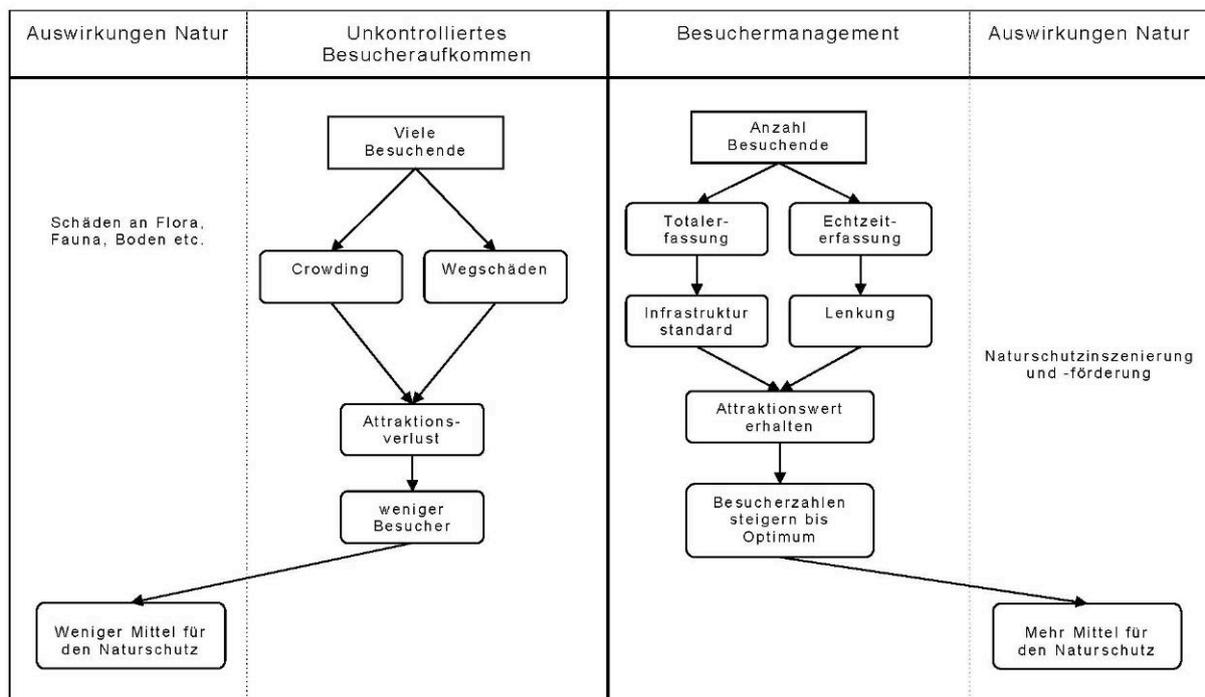


Abbildung 1: Gegenüberstellung kontrollierten und unkontrollierten Besucherswachstums und deren Auswirkungen auf die Natur.

## **1.2 Bisheriges Besuchermonitoring im Schweizerischen Nationalpark**

Eine erste Besucherzählung und -befragung erfolgte im Jahr 1991. Die Besucherzahlen wurden an 15 der 25 Parkeingänge, während 2 Zähltagen erhoben. Aufgrund dieser punktuellen Erhebungen wurde die Anzahl Parkbesuche auf 250'000 pro Saison geschätzt.

Weitere Besucherzählungen und -befragungen erfolgten im folgenden Jahr an 15 der 25 Parkeingänge, während 2 Zähltagen (Ott, 1995).

Vertiefte Besucherzählungen und -befragungen wurden im Jahr 1993 durchgeführt. An 15 der 25 Parkeingänge wurden die Besucherzahlen während der ganzen Saison an systematisch ausgewählten Tagen erhoben. Diese detaillierten Zählungen führten zu einer Schätzung des jährlichen Besucheraufkommens von 150'000 Parkbesuchen. (Lozza 1996)

Automatische Zählsysteme registrierten während der Saison 2005 die Parkbesucherinnen. Aufgrund von Kalibrierzählungen während 2 Tagen mussten erhebliche Ungenauigkeiten festgestellt werden. Die Anzahl Besucherinnen wurde auf rund 110'000 geschätzt. Mittels systematischer Experimente wurden daraufhin die Ungenauigkeiten der automatischen Zähltechnologie eingegrenzt. (Rupf et al. 2006)

## **1.3 Ziele Besuchererfassung 2007**

Aufgrund der erheblichen Abweichungen der automatischen Besuchererfassung zu den Referenzzählungen in den Vorjahren leiteten sich folgende Ziele für die Besuchererfassung 2007 ab:

1. Verbesserung der Zählgenauigkeit auf weniger als 10% Abweichung und Entscheidung über eine Weiterverwendung der eingesetzten Zähltechnologie. Dabei sollen Optimierungsmöglichkeiten im Gelände gefunden werden.
2. Auswertung der Zählraten und Erstellung einer halbautomatischen Methodik.
3. Schätzung der jährlichen Besucherzahlen und Auswertung der Besucherverteilung in räumlicher sowie in zeitlicher Hinsicht.

## **1.4 Vorgehen**

Im Schweizerischen Nationalpark wurden zu Beginn der Saison 2007 acht automatische Zählsysteme installiert. Es hatte sich gezeigt, dass die automatischen Zählungen erhebliche Fehler beinhalten können (Rupf et al. 2006) und ausgedehnte Kalibrierungen nötig sind (Muhar et al. 2002). An bestimmten Tagen wurden manuelle Zählraten für die Kalibrierung und

Überprüfung der Zählsysteme vorgenommen. Anhand dieser Referenzzählungen kann der Messfehler quantifiziert und korrigiert werden.

## 1.5 Begriffe

In vorliegendem Bericht werden verschiedene Begriffe verwendet, die unter Umständen nicht eindeutig sind. Eine Definition, wie sie im Folgenden gebraucht werden findet sich in Tabelle 1.

*Tabelle 1: Definition von Begriffen*

Begriff	Beschreibung
Automatische Zähldaten	Von den Zählsystemen erhobene Werte. Es handelt sich um die unveränderten Zahlenwerte der automatischen Datenerhebung.
Besuch	Besucherinnen und Besucher statten dem Park einen Besuch ab, indem sie den Park betreten. Eine Person kann den Park mehrmals besuchen, allerdings nur einmal pro Tag.
Besucherin, Besucher	Person, die sich im Nationalpark aufhält.
Durchlauf	Das Projekt bestand aus mehreren, zeitlich abgegrenzten Wiederholungen, welche Durchlauf genannt werden.
Kalibrierung	Eliminierung der systematischen Fehler der automatischen Datenerhebung. Die manuellen Zähldaten dienen als Referenz, mit welchen die automatischen Zählungen korrigiert werden.
Kalibrierzählung	Besucherzählung am Standort der automatischen Erhebung zur Überprüfung und Korrektur der Zählsysteme.
Manuelle Zähldaten	Datenerhebung durch Personen, die Besucherinnen und Besucher an den gleichen Standorten zählten, wo auch automatische Zählsysteme installiert waren.
Überschreitung	Person, welche über ein Zählsystem wandert. Dies sollte eine Zählung auslösen.
Zählstandort	Ort, an welchem die automatischen Zählsysteme installiert waren.
Zählsystem	Apparatur, mit welcher Personen automatisch registriert werden.
Zähltechnologie	Produkt zur Erfassung von Überschreitungen.

## **2 Methodik**

### **2.1 Datenerhebung**

#### **2.1.1 Zähltechnologie**

Die Erhebung der Daten erfolgte mit Zählsystemen der Firma eco-compteur. Es handelte sich um akustische Plattensensoren des Typs Eco Twin. Diese Sensoren bestehen aus 2 Platten, welche die akustischen Signale aufnehmen, Signalumwandlern und einem Eco-Twin Datenlogger. Die zwei Platten werden hintereinander in den Weg eingegraben, was eine richtungsgetrennte Erfassung der Überschreitungen ermöglicht. Auch die übrigen Installationen werden nach Möglichkeit unter Terrain versteckt, so dass vom Zählsystem im Einsatz nichts zu sehen ist. Das Zählgerät speichert stündlich die Summe der Überschreitungen in beide Richtungen. Weitere Informationen finden sich im Anhang (Anhang 1-1) oder im Internet unter: <http://www.eco-compteur.com/>. Vorteile dieser Systeme sind die einfache Installation, die lange von Infrastruktur und Energie unabhängige Funktion und die Unsichtbarkeit im Einsatz. Nachteile ergeben sich durch Sensitivitätsverlust bei gefrorener oder verdichteter Auflage. Gruppengrößen können durch die Sensoren unterschätzt werden. Ausserdem können Zählungen durch Wildtiere ausgelöst werden (Cessford et al 2002).

#### **2.1.2 Installation**

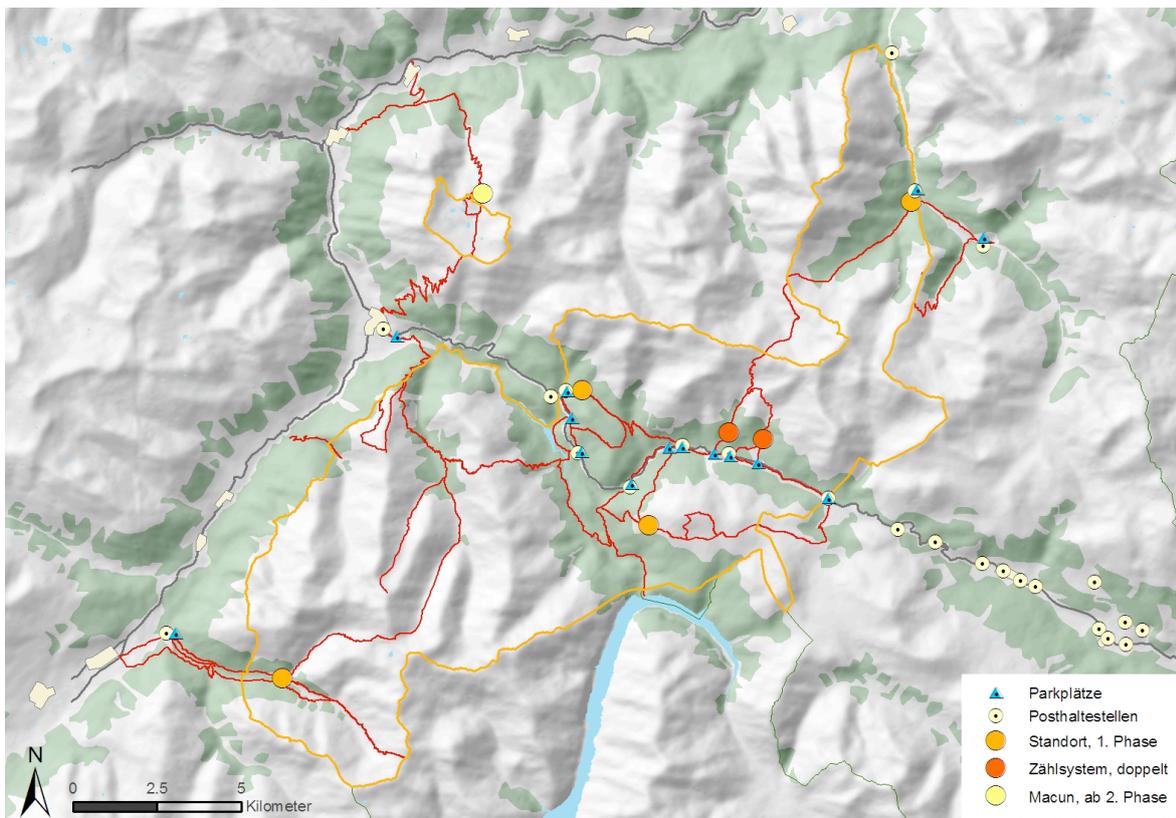
Vor der Installation der Zählsysteme wurden diese zusammgebaut und getestet. Die Einzelteile wurden nach bestandem Funktionstest beschriftet und im Park identisch zusammengefügt. Die Installation wurde mittels Bildern und Skizze genau dokumentiert. An sehr steinigen Stellen wurden die Zählsysteme zum Schutz vor Beschädigungen durch Steine in vorgefertigten Holzkasten installiert. Bilder zur Installation finden sich im Anhang.

Bei der Installation der Anlagen wurde auf die präzise Einhaltung der von der Herstellerfirma vorgegebenen Anleitung geachtet (Eco-Compteur, unpub.).

#### **2.1.3 Standorte**

In Absprache mit dem Schweizerischen Nationalpark und aufgrund der Ergebnisse vorhergehender Arbeiten (Lozza 1996; Ott 1995) wurden die Zählstandorte ausgewählt. Es standen 8 Zähleinheiten zur Verfügung, mit welchen möglichst viele Wandernde erfasst werden sollten. Die Standortauswahl ist in Abbildung 2 dargestellt.

- 2 Zählsysteme Val Stabelchod: unten (Systemnr. 1) und Val Stabelchod oben (Systemnr. 2)
- 1 Zählsystem Val dal Botsch unten (Systemnr. 3) bis 26.6., danach wurde dieses System am Standort Macun eingesetzt
- 1 Zählsystem Val dal Botsch oben (Systemnr. 4)
- 1 Zählsystem Champlönch (Systemnr. 5)
- 1 Zählsystem Val Mingèr (Systemnr. 6)
- 1 Zählsystem Val Trupchun (Systemnr. 7)
- 1 Zählsystem Alp La Schera (Systemnr. 8)
- 1 Zählsystem Macun (Systemnr. 9), ab 16.7.



*Abbildung 2: Karte des Schweizerischen Nationalparks mit dem Wegnetz und den Zählstandorten.*

Auf dem Rundweg Margunet wurden in jedem Tal zwei Zählsysteme installiert. Die in kurzen Abständen (ca. 50m) hintereinander vergrabenen Matten dienten dazu, Vergleiche der Systeme durchzuführen. Ab 26. Juni waren nur noch am Standort Stabelchod zwei Zählsysteme, im Val dal Botsch wurde ein System wegen grossen Abweichungen in der Zählgenauigkeit entfernt. Dieses

Zählsystem wurde getestet und anschliessend auf Macun eingesetzt. Die Ungenauigkeit rührte von der Installation her.

Die Täler Cluozza und Spoel wurden 2007 nicht mit automatischen Zählstationen versehen. Das Wegnetz ist vielfach verzweigt. Für eine umfassende Abdeckung des ganzen Wegnetzes wären mehrere Zählsysteme notwendig. Da aber nur 8 Systeme zur Verfügung standen und ein Anhaltspunkt über das Besucheraufkommen aus den Übernachtungszahlen in der Cluozza-Hütte abgeschätzt werden konnte, wurde auf Zählungen in diesem Teilgebiet verzichtet.

Die einzelnen Standorte wurden an engen Wegstellen installiert, um die Besucher über die Detektoren zu lenken. Zusätzlich wurden gezielte Verengungen mittels Steinen, Ästen, Baumstämmen etc. vorgenommen. Wichtig war, dass Eingriffe und die künstlichen Verengungen nicht auffielen und das Verhalten der Besucher nicht beeinflussten.



*Abbildung 3: Zählstandort mit automatischem Zählsystem auf La Schera. Ziel war es, die Systeme für die Besucher nicht erkennbar zu platzieren und zu verhindern, dass die Gäste die Matten umgehen.*

## 2.2 Verbesserung der Zählgenauigkeit

### 2.2.1 Systemanpassungen

Die ganze Zählperiode wurde in drei Durchläufe unterteilt. Am Ende der Durchläufe wurden die Daten gesichtet und die Beobachtungen während der Kalibrierzählungen ausgewertet. Falls nötig wurden Änderungen durch Parkwächter und/oder durch die Kalibrierzählungs-Mitarbeiter vorgenommen. Kleinere Anpassungen betreffen insbesondere den Einbau von Verengungen oder Ausbesserungen am Untergrund, resp. Weg. Die Tabelle 2 listet die wichtigsten Veränderungen Ende des jeweiligen Durchlaufes auf.

Tabelle 2: Änderungen der Zählstandorte

Durchlauf	Zeitspanne	Wichtigste Veränderungen nach den Durchläufen
1	15.05.2007 – 12.06.2007	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Zählstandort Val Mingèr wurde verengt (8.6), damit es nicht mehr möglich war, nebeneinander zu gehen.</li><li>▪ Fuorn 3 wurde ausgegraben, getestet und wieder eingesetzt.</li></ul>
2	13.06.2007 – 14.07.2007	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Am 26.6 wurde Standort Fuorn 3 definitiv ausgegraben.</li><li>▪ Am 16.7 wurde das Zählsystem von Fuorn 3 auf Macun installiert.</li></ul>
3	15.07.2007 – 14.08.2007	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Es wurden keine grösseren Anpassungen für die Periode nach dem 15.8.07 mehr vorgenommen.</li></ul>

### 2.2.2 Entscheid über die Weiterverwendung der Zähltechnologie

Die Herstellerfirma gibt eine Genauigkeit der Plattensensoren von  $\pm 5\%$  an. Die Untersuchungen vom Jahr 2005 ergaben aber Fehlzählungen von ca. 50% (Rupf et al. 2006).

Bei den Kalibrierzählungen ist die Überprüfung dieser Zahl im Nationalpark aufgrund der oftmals wenigen Überschreitungen pro Stunde problematisch, da bereits bei einzelnen Fehlzählungen die relative Abweichung in solchen Fällen relativ hoch ist. Gleichzeitig wurden einige Datensätze mit 0 Überschreitungen aufgenommen, welche das Resultat verbessern.

Als Entscheidungsgrundlage wurde die mittlere Abweichung mittels Wilcoxon Test überprüft. Es flossen alle Zählraten ohne Ausreisser ein. Dabei wurde getestet, ob die mittlere Abweichung kleiner als 10% der mittels Kalibrierzählung erfassten Besuchenden ist.

Um die oben beschriebene Problematik zu umgehen, wurde zudem ein Verfahren angewandt, bei welchem die Daten auf eine binomiale Verteilung (akzeptiert, nicht akzeptiert) reduziert wurden. Bei Datensätzen mit mehr als 10 Überschreitungen wurde eine Abweichung von 10%, bei solchen mit weniger als 10 Überschreitungen eine Abweichung von einer Person toleriert. Mittels Binomial-Test wurde diese Verteilung schliesslich auf die Abweichung überprüft.

## **2.3 Aufbereitung der automatischen Zählraten**

### **2.3.1 Bereinigung der manuellen Zählraten**

Um die Auswertung nicht mit Erhebungsfehlern zu verfälschen, müssen erhobene Daten geprüft und Fehler entfernt werden. Ein einfaches Vorgehen ist die Darstellung der Daten in einem Streudiagramm. Bei den vorliegenden Daten liessen sich die Ausreisser mit der Darstellung der prozentualen Abweichungen besser erkennen. Besondere Beachtung musste den Bemerkungen auf den Zählprotokollen geschenkt werden. Diese gaben Aufschluss über allfällige zu korrigierende manuelle Zählungen.

### **2.3.2 Kalibrierzählungen**

Mit den Kalibrierzählungen werden einerseits die Zähler auf ihre Genauigkeit überprüft. Andererseits ermöglichen die Kalibrierzählungen die Schätzung des systematischen Zählfehlers.

Die Überprüfung der automatischen Zähler erfolgte mit manuellen Zählungen. Die zählende Person versteckte sich für die Kalibrierzählung an einem Ort, von dem sie den Standort des Zählers sehen konnte. Auf diese Weise wurden die Passanten nicht in ihrem natürlichen Verhalten beeinflusst.

Auf den Zählprotokollen wurden der Zeitpunkt, die Anzahl Kinder bis rund 10 Jahre sowie Erwachsene inklusive Kinder ab 10 Jahren, die Marschrichtung und Informationen zu den Besuchergruppen aufgenommen.

Ein Kalibrierzählungseinsatz dauerte in der Regel 2 Stunden. Dies ermöglichte einen optimalen Mix zwischen Anfahrtszeit und Menge erhobener Daten, da an einem Tag durch eine Person an zwei Zählstandorten Kalibrierzählungen durchgeführt werden konnten. Die Zeitpunkte wurden so ausgewählt, dass möglichst viele Überschreitungen beobachtet werden konnten. Vor Beginn der Zählperiode erfolgte ein Zeitabgleich mit dem Datenlogger. Dieser speichert die Summe der Überschreitungen stündlich. Der Zeitabgleich ist äusserst

wichtig, um Überschreitungen während Stundenübergängen dem richtigen Datensatz des Loggers zuzuordnen. Solche Fehler können erheblichen Einfluss auf die gefundene Zählgenauigkeit haben (Rupf et al. 2006).

### 2.3.3 Datenkorrektur

Anhand der Kalibrierzählungen können die automatischen Zählungen mittels Formel II mit einem Kalibrierfaktor (Formel I) korrigiert werden. Auf diese Weise werden die systematischen Zählfehler beseitigt und die tatsächliche Anzahl Überschreitungen generiert. Dies kann für die einzelnen Richtungen, sowie auf das Total der Überschreitungen angewendet werden. T gibt aber lediglich Auskunft über die Anzahl der Überschreitungen der Zählsysteme, nicht über die Anzahl Besuchende.

$$I. c_z = \text{mean}\left(\frac{m_z}{a_z}\right)$$

a: Automatische Zählungen  
 c: Kalibrierfaktor  
 m: Manuelle Zählungen  
 z: Zählsystem

$$II. T_z = \sum_1^{n_z} c_z * a_z$$

n: Anzahl aufgenommene Zählstunden  
 T: Tatsächliche Überschreitungen

## 2.4 Automatisierung der Auswertung

Der Aufwand für das Erstellen einer Benutzeroberfläche und eines einwandfrei funktionsfähigen Analyseablaufes, welcher eine genügende Flexibilität zulässt, steht nicht im Verhältnis zu dessen Nutzen. Die Automatisierung konnte nur zu einem gewissen Grad erreicht werden.

Die verwendete Software war das in wissenschaftlichen Kreisen weit verbreitete Freeware-Statistikprogramm „R“ (ähnlich S-Plus). Der Programmcode steht für weitere Analysen zur Verfügung und muss nur geringfügig abgeändert werden. Er befindet sich im Anhang 1-3.

## 2.5 Schätzung des Besucheraufkommens und deren Verteilung

### 2.5.1 Korrektur des systematischen Fehlers

Mittels Multiplikation der automatisch erhobenen Zählungen mit dem Kalibrierfaktor wie er im Kapitel 2.3.3 beschrieben wurde, konnte der systematische Zählfehler behoben werden. Zählungen während der Nacht zwischen 23 und 5 Uhr wurden nicht berücksichtigt.

Aus bisher ungeklärten Gründen fehlten automatische Zähl­daten vom Standort Mingèr (Systemnr. 6) zwischen dem 26. August und dem 16. September. Diese Datenlücken wurden mittels linearer Extrapolation aus den vorhandenen Daten des jeweiligen Monats berechnet. Beispielsweise wurde die Summe der im August registrierten Besucher mit dem Faktor 31/25 multipliziert.

### 2.5.2 Genauigkeit der Daten

Anhand der Verteilung der Kalibrierfaktoren wurde des Weiteren das 90%-Konfidenzintervall für die Kalibrierfaktoren berechnet. Für die Berechnung des Konfidenzintervalls wurde die Formel III verwendet. Anhand dieser Intervalle lassen sich Bereiche angeben, in welchen mit einer Wahrscheinlichkeit von  $p > 0.9$  die tatsächliche Anzahl Überschreitungen liegen müssen.

III.	$\left[ c_z \pm t \left( 1 - \frac{\alpha}{2}, n - 1 \right) \frac{s_z}{\sqrt{n_z}} \right]$	c: Kalibrierfaktor n: Anzahl                      aufgenommene Zählstunden s: Standardabweichung t: 1- $\alpha$ -Quantil der t-Verteilung mit n-1 Freiheitsgraden z: Zählsystem
------	--	---

### 2.5.3 Anzahl Parkbesuche

Bisher wurden die punktuellen Datenaufnahmen überprüft und korrigiert. Um die Anzahl Besuchende des Gebietes zu eruieren ist das Wanderwegnetz mit den Zählstandorten zu untersuchen. Eine Übersicht der Standorte mit dem Wegnetz ist in Abbildung 2 dargestellt. Je nach Standort der Zählsysteme können Besuchende auf ihrer Wanderung mehrere Zählsysteme oder ein System mehrmals passieren. Für jeden Zählstandort muss ein Gewichtungsfaktor bestimmt werden, mit welchem anhand der Zähl­daten auf das Besucheraufkommen der Region geschlossen werden kann. Die Überlegungen zu den einzelnen Standorten sind in Tabelle 3 aufgelistet.

*Tabelle 3: Beschreibung der Zählstandorte und deren Einfluss auf die Berechnung der jährlichen Parkbesuche.*

<b>System Nr.</b>	<b>Standort</b>	<b>Einfluss des Zählstandortes auf die Berechnung des jährlichen Besucheraufkommens</b>
1 und 2	Stabelchod	Es wurden zwei Zählsysteme hintereinander installiert. Für die Berechnung der Anzahl Parkbesuche wurde lediglich der Standort 1 einbezogen. Die Differenz von rund 4500 Überschreitungen kam allenfalls zustande, da Besucher auf der Brücke zwischen den beiden Zählstandorten umkehrten. Das erhobene Besucheraufkommen wurde mit einem Faktor 0.55 gewichtet, da Wandernde in dieser Region fast ausschliesslich 2 Zählsysteme passieren.
3 und 4	Val dal Botsch	Es wurde anfänglich ebenfalls mit 2 seriellen Zählsystemen gearbeitet. Aufgrund grosser Abweichungen wurde eines der Systeme später deinstalliert, getestet und am Standort 9, Macun, wieder eingesetzt. Der Standort 4 floss mit dem Faktor 0.55 in die Berechnungen ein, da Wanderungen in dieser Region 2 Zählstandorte passieren, ausser den Wanderungen über die Fuorcla Val dal Botsch und durch das Val Plavna. Diese werden laut Ortskundigen aber nur selten unternommen.
5	Champlönch	An diesem Standort ist vorwiegend mit Wanderungen zu rechnen, welche den Standort lediglich einmal passieren. Da Zusätzlich in diesem Gebiet mit Wanderungen zu rechnen ist, welche den Zählstandort nicht passieren wurde mit einem geschätzten Faktor von 1.2 gerechnet.
6	Val Mingèr	Im Val Mingèr wurden die Besucherzahlen mit einem Korrekturfaktor 0.55 multipliziert, da vorwiegend mit Wanderungen zu rechnen ist, welche den Zählstandort entweder auf dem Rückweg erneut passieren, oder eine der Zählsysteme auf Margunet (1-4) überschreiten. Zusätzlich wird damit gerechnet, dass rund 5% der Besuchenden den Park durch das Val Plavna verlassen.

<b>System Nr.</b>	<b>Standort</b>	<b>Einfluss des Zählstandortes auf die Berechnung des jährlichen Besucheraufkommens</b>
7	Val Trupchun	Im Val Trupchun wurde davon ausgegangen dass die Verteilung der Wandernden auf beiden Talseiten ausgeglichen ist. Somit passieren im Mittel alle Besuchenden nur einmal den Zählstandort. Der Gewichtungsfaktor beträgt demnach 1.
8	La Schera	Beim Zählstandort La Schera flossen die Zählungen mit einem Faktor 1.3 in die Berechnung ein. Insbesondere Wanderungen, welche von den Parkplätzen 4 und 5 bis zum Rastplatz gehen und von dort wieder zum Ausgangspunkt zurückkehren, werden hier nicht erfasst. Personen, welche von den Parkplätzen 4 und 5 auf den Munt La Schera wandern und zum Ausgangspunkt zurückkehren, werden 2 Mal erfasst.
9	Macun	Die registrierten Überschreitungen des Standortes Macun flossen mit dem Faktor 1 in die Berechnungen ein. Es konnte davon ausgegangen werden, dass die Besuchenden das Zählsystem im Mittel nur einmal überschreiten. Schwierig abzuschätzen ist das Besucheraufkommen, welches vor der Installation dieses Zählsystems die Route wählte. Auf eine schlecht abgestützte Extrapolation wurde verzichtet, da dies für die Abschätzung des gesamten Besucheraufkommens im Nationalpark nicht ins Gewicht fällt.

#### 2.5.4 Nicht erfasste Besuche

Die Verteilung der Zählsysteme ermöglichte es, Aussagen über die Verteilung der Besuche innerhalb des Parks zu machen. Allerdings können mit 8 Zählsystemen nicht alle Wege abgedeckt werden. Für die Abschätzung des Besucheraufkommens der nicht erfassten Gebiete wurden die Übernachtungszahlen der Chamanna Gluozza verwendet und Expertenschätzungen vorgenommen. Die Expertenschätzungen stützten sich auf die Verteilung der Besuchenden aus dem Jahr 1993 (Lozza 1996) und eigene Erfahrungen.

Parkbesuchende, welche lediglich wenige Meter in den Park vordringen, konnten nicht erfasst werden (z.B. Besucher der Alp Stabelchod). Es mussten Annahmen getroffen werden, welche auf Beobachtungen von Parkwächtern und Ortskundigen beruhen.

#### 2.5.5 Vergleich der seriellen Zählsysteme

Zwei serielle Zählsysteme wurden im Val dal Botsch und auf der Alp Stabelchod installiert. Eines der Zählsysteme im Val dal Botsch lieferte sehr ungenaue Daten, ein Vergleich mit diesem Zählsystem ist somit sinnlos.

Der Abstand der Zählstandorte auf der Alp Stabelchod betrug rund 50 Meter. Eine Auswertung auf Stundenbasis kann nicht vorgenommen werden, da Personen, welche die beiden Zählsysteme zu unterschiedlichen Aufnahmestunden überschreiten, das Resultat verfälschen.

#### 2.5.6 Räumlich-zeitliche Auswertung

Die Zählsysteme speichern Überschreitungen mit einer stündlichen Auflösung, so dass Tagesgänge eruiert werden können. Weiter wurden Aussagen über die Verteilung während der Saison in den einzelnen Regionen gemacht.

## 2.6 Schematischer Arbeitsablauf der Datenverarbeitung

Abbildung 4 zeigt schematisch den Arbeitsablauf der Datenauswertung. Die einzelnen Punkte werden in nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

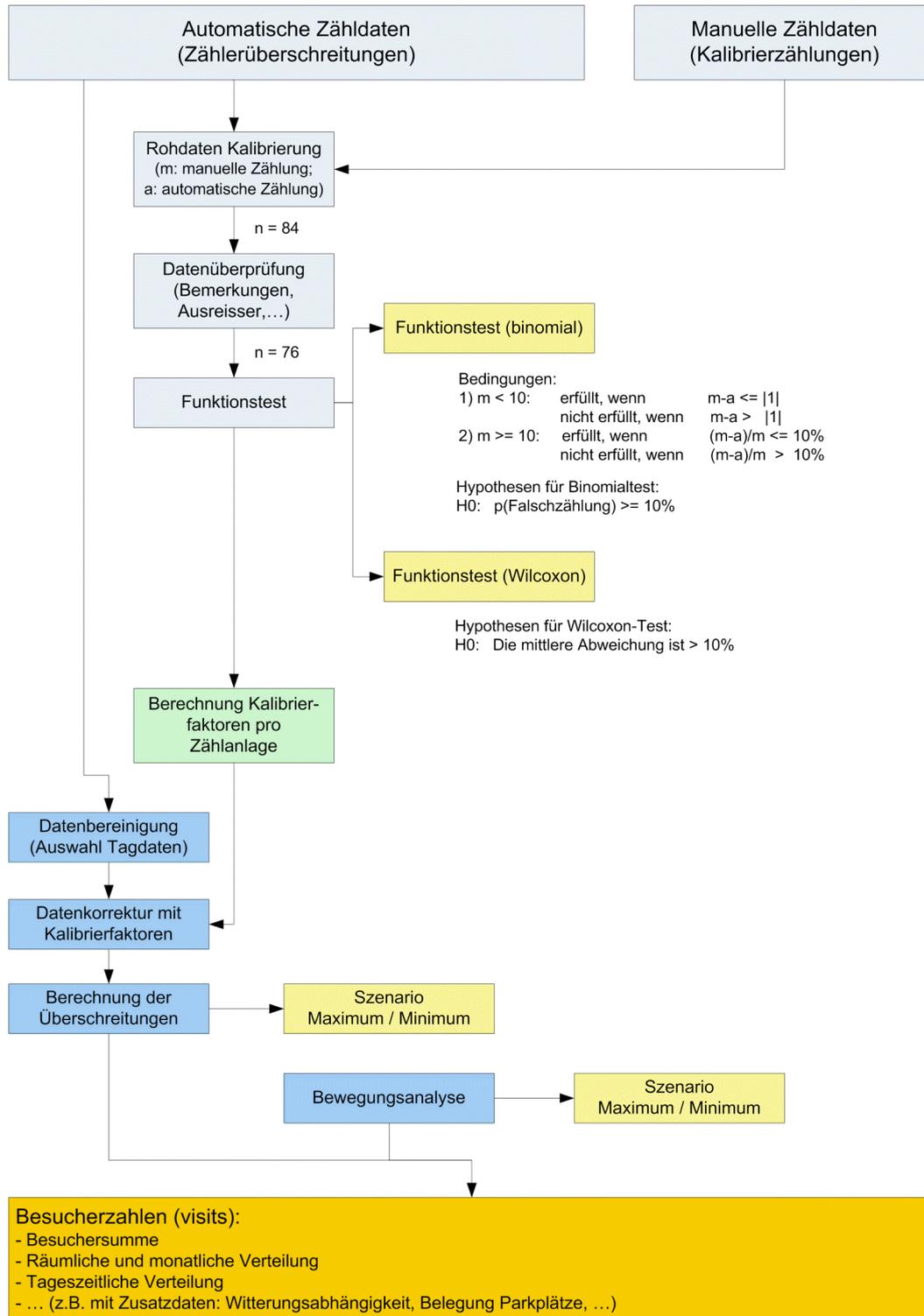


Abbildung 4: Schematischer Ablauf der Datenauswertung

### 3 Resultate

#### 3.1 Datenbereinigung der manuellen und automatischen Zählraten

In

Abbildung 5 sind die manuellen Zählraten und die Abweichungen der automatischen Zählraten bezogen auf die Anzahl Überschreitungen dargestellt. Bei Betrachtung der Datengrundlage, insbesondere der Bemerkungen auf den Aufnahmeprotokollen, konnten teilweise Korrekturen angebracht werden. Fehlerhafte Daten betrafen beispielsweise einige Kinder, welche auf Schultern getragen wurden. Diese wurden zu Beginn des Projektes von den Zählpersonen gezählt, obwohl die Kinder von den Zählsystemen nicht erfasst werden können. Weiter trat eine ungültige Zählstunde auf, während welcher gemäss Protokoll keine Besuchenden den Zählstandort überschritten, maschinell aber einige erfasst wurden. Vermutlich wurde diese Zählung durch die Person, welche die Kalibrierzählung vornahm, ausgelöst.

Probleme traten mit dem Zählsystem Nr. 3 im Val dal Botsch auf. Die Daten dieses Standortes wurden nicht verwendet.

Von den insgesamt 85 aufgenommenen Zählstunden konnten nach dieser ersten Untersuchung nur noch 76 in die weiteren Analysen einfließen.

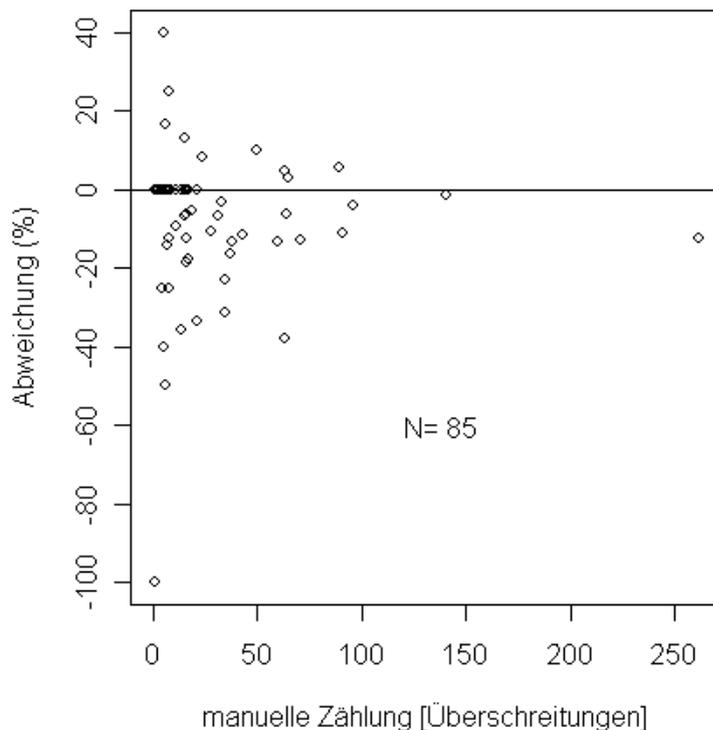


Abbildung 5: Abweichungen der automatischen in Bezug auf manuelle Zählraten.

## 3.2 Zählgenauigkeit

### 3.2.1 Beschreibung der Kalibrierzählung

Die manuell erhobenen Zählstunden und die gleichzeitig automatisch gezählten Daten stellen sich wie in Tabelle 4 dar. Es sind jeweils die Daten ohne und mit Unterscheidung der Richtung angegeben. Der Median ist bedeutend kleiner als der Mittelwert und dieser wiederum erheblich kleiner als das Maximum. Dies zeigt, dass die meisten Zählstunden ein relativ geringes Besucheraufkommen aufweisen, die Verteilung der Daten also rechtsschief ist.

*Tabelle 4: Beschreibung der manuellen und automatischen Zählzeiten*

Richtung		Minimum	Median	Mittelwert	Maximum
Ohne Unterscheidung	Manuell	0	10	22.2	262
	Automatisch	0	9.5	20.8	230
Richtung Park	Manuell	0	2.5	10.4	262
	Automatisch	0	3	8.9	180
Richtung Ausgang	Manuell	0	1	11.8	126
	Automatisch	0	2	11.8	122

Die Fehlerquellen der eingesetzten Zählsysteme sind unterschiedlicher Natur. Zu viele Zählungen treten auf, wenn Personen zu langsam über die Systeme gehen, oder wenn sie im Bereich der Platten umkehren und das System erneut überschreiten. Zu wenige Zählungen werden bei sehr schnellem Überschreiten mit grossen Schritten sowie bei Gruppen die zu nahe hintereinander oder nebeneinander gehen, registriert. Weiter können Veränderungen des Deckmaterials wie Einfrieren oder Verdichten die Sensitivität der Zählsysteme eindämmen. (Eigene Beobachtungen und Ross 2005)

Tabelle 5 stellt die mittleren Abweichungen der automatischen Zählungen den manuellen Zählungen gegenüber. Es sind jeweils die Daten ohne und mit Unterscheidung der Richtung angegeben. Bei den richtungsgetreuten Daten konnte eine Zählstunde nicht einbezogen werden, da die Richtungsinformationen nicht vollständig vorhanden war. Die mittleren Abweichungen ohne Richtungsunterscheidung liegen prozentual deutlich unter 10%, die angegebene Genauigkeit der Herstellerfirma von +/-5% konnte aber nicht erreicht werden.

*Tabelle 5: Mittlere Abweichung der Kalibrierdaten*

Richtung	Summe der manuellen Zählungen	Summe der automatischen Zählungen	Abweichung	Abweichung in % der manuellen Zählungen
Keine Unterscheidung	1690	1579	111	6.57
Richtung Park	755	664	91	12.05
Richtung Tal	897	882	15	1.67

### 3.2.2 Analyse der Zählstunden

Etwas detaillierter zeigt sich das Bild bei Betrachtung der einzelnen Zählstunden (Tabelle 6). Während Abweichungen der gesamten Überschreitungen während den einzelnen Zählstunden im Mittel bei 4.2% der manuellen Zählungen liegen, finden sich bei den richtungsgetrenten Aufnahmen Richtung Park erheblich grössere Abweichungen (Tabelle 5). Die Unterschiede zwischen der mittleren Abweichung und deren Beträgen zeigen, wie wenig konstant die Fehler insbesondere bei den richtungsgetrenten Erhebungen sind. Bei Auswertungen einzelner Zählstunden der richtungsgetrenten Daten ist mit grösseren Unsicherheiten zu rechnen. Für die Berechnung der jährlichen Besucherzahlen wird somit nach Möglichkeit mit der total erhobenen Überschreitung gerechnet.

*Tabelle 6: Mittlere Abweichung der Zählstunden aller Standorte.*

	Total	Richtung Park	Richtung Tal
Anzahl Zählstunden	76	76	76
Mittlere Abweichung in % der manuellen Zählung	4.2	6.7	13.6
Mittlere absolute Abweichungen in % der manuellen Zählung	6.5	22.8	24.9

In Abbildung 6 sind die Abweichungen bezüglich manueller Zählzeiten dargestellt. Abweichungen zur Linie nach unten zeigen durch die automatischen Systeme unterschätzte Überschreitungen, oberhalb der Linie sind die Überschätzungen angesiedelt.

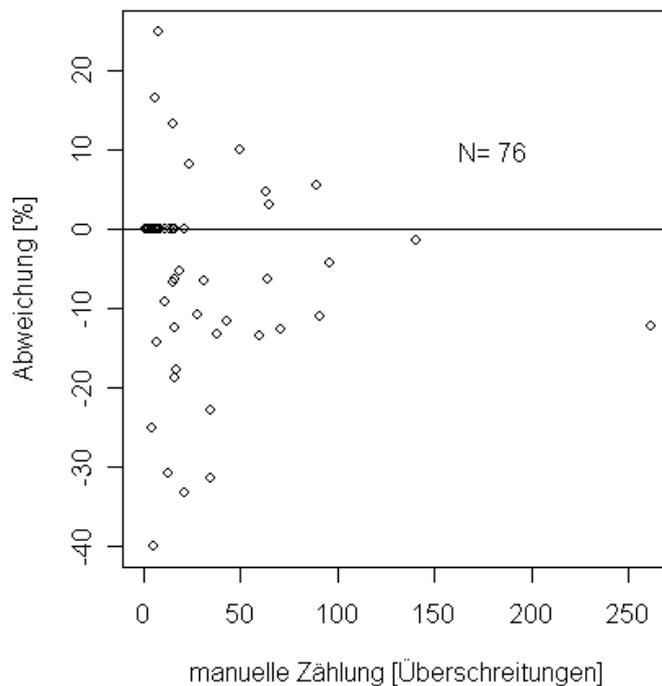


Abbildung 6: Abweichung der automatischen Zählung bezüglich manuellen Zählungen.

Die prozentualen Abweichungen nehmen mit zunehmenden tatsächlichen Überschreitungen ab. Wider Erwarten konnte aber der umgekehrte Trend, Abnahme der Abweichungen mit zunehmender Anzahl Überschreitungen, statistisch signifikant nachgewiesen werden. Dies liegt daran, dass viele der Datenpunkte bei geringer Anzahl Überschreitungen Abweichungen von 0% aufweisen. Bei Betrachtung der Beträge von relativen Abweichungen die grösser sind als 0, konnte mit dem Wilcoxon-Test eine signifikante ( $p < 0.05$ ) Abnahme der Abweichungen mit zunehmenden manuellen Zählungen nachgewiesen werden.

In Abbildung 7 sind die Abweichungen getrennt nach Richtungen im Zusammenhang mit dem Besucheraufkommen aufgeführt, analog der Abbildung 6. Wiederum fällt der abnehmende Trend der prozentualen Abweichungen mit zunehmender Anzahl effektiver Überschreitung auf. Diese konnten mit dem Wilcoxon-Test für die Richtung in den Park signifikant nachgewiesen werden (mit  $p > 0.01$ ). Richtung Tal konnte je nach Klassengrenzen eine Abnahme der Abweichung mit zunehmenden Überschreitungen signifikant nachgewiesen werden.

Die mittleren Abweichungen sind um ein Vielfaches grösser als ohne Berücksichtigung der Richtung.

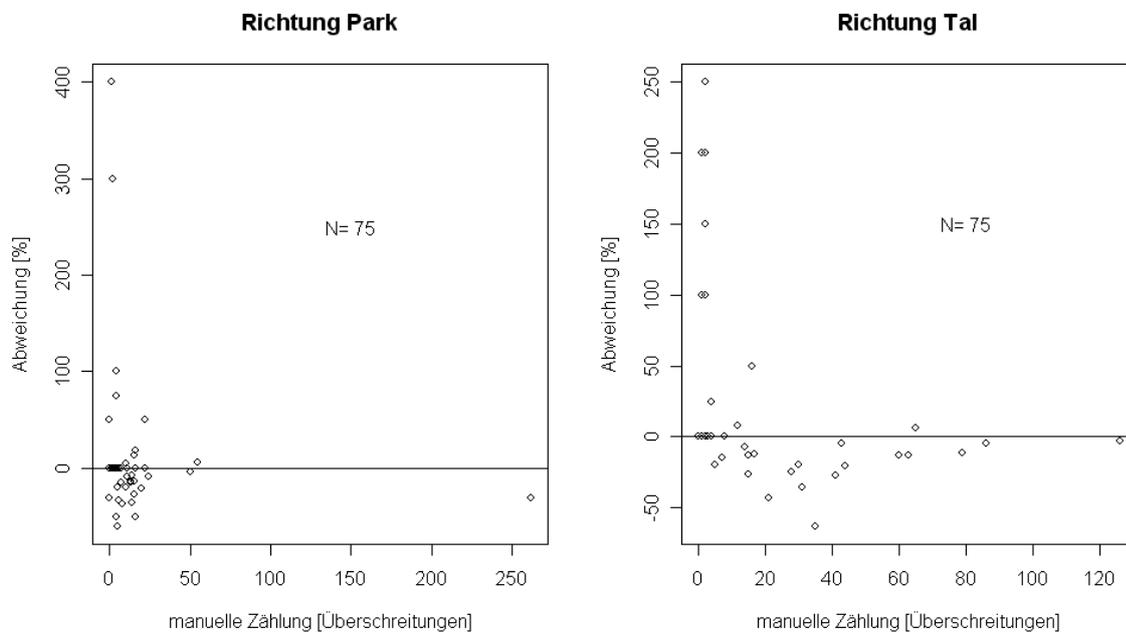


Abbildung 7: Abweichungen der automatischen Zählung bezüglich der manuellen Zählungen, getrennt nach Richtung.

### 3.2.3 Test der Zählabweichungen

In bisherigen Untersuchungen wurden beträchtliche Ungenauigkeiten der automatischen Zählungen festgestellt (Rupf et al. 2006). Daher wurde in diesem Projekt die Genauigkeit der automatischen Zähltechnologie überprüft. Eine erste Betrachtung dazu wurde bereits im Kapitel 3.2.1 dargelegt. Um die Zählungen der einzelnen Stunden für weitere Analysen benutzen zu können, mussten die Abweichungen der einzelnen Zählstunden unter der gesetzten Marke sein. Um dies zu überprüfen, wurde die mittlere Abweichung aller Standorte berechnet. Die Untersuchung mittels einseitigen Wilcoxon Tests lieferte das Testergebnis für eine Abweichung kleiner als 10%. Aus Tabelle 7 wird ersichtlich, dass die Abweichung unter Betrachtung aller Durchläufe signifikant kleiner als 10% ist. Werden die Durchläufe einzeln betrachtet, sind die Abweichungen in den Durchläufen 2 und 3 signifikant unter 10%. Der dritte Durchlauf weist ein erheblich besseres Resultat auf.

Erstaunlich ist das bessere Resultat im dritten Durchlauf, da zuvor keine grösseren Veränderungen am System vorgenommen wurden. Es liefert ein Indiz dafür, dass die kleineren Anpassungen und zusätzlichen Verengungen der Wege trotzdem eine Verbesserung in der Zählgenauigkeit brachten. Allenfalls ist im Herbst die Zusammensetzung der Besuchenden anders, beispielsweise kleinere

Gruppengrößen oder weniger Kinder, was ebenfalls zu genaueren Zählungen führen kann.

*Tabelle 7: Resultate des Wilcoxon-Tests; H0: Die mittleren Abweichungen sind grösser als 10%*

Durchlauf	Anzahl Zählstunden	Mittelwert der Abweichung (Betrag)	p-Wert
Alle Durchläufe	76	6.4%	<b>0.00004</b>
1	31	8.0%	0.06772
2	18	6.2%	<b>0.04568</b>
3	27	4.7%	<b>0.00008</b>

Um die Problematik der kleinen Anzahl Überschreitungen und der einhergehenden grossen prozentualen Abweichung auszuschalten, wurde ein binomiales Verfahren angewendet, welches zur Qualitätssicherung bei industriellen Produktionen verwendet wird. Die Testergebnisse sind in Tabelle 8 aufgelistet. Mit dem Binomial-Test wurde die Hypothese untersucht, dass die Abweichungen grösser als 10% sind. Dieses Verfahren erwies sich als viel strenger und konnte die gewünschte Zählgenauigkeit statistisch nicht nachweisen. Die festgestellte Verbesserung der Genauigkeit in den Durchläufen konnte ebenfalls beobachtet werden.

*Tabelle 8: Resultate des Binomial-Tests; H0: Die Wahrscheinlichkeit den Anforderungen zu genügen ist kleiner als 90%*

Durchlauf	Anzahl Zählstunden	Anzahl Zählstunden die den Anforderungen genügen (Abweichungen $\leq 10\%$ )	p-Wert
Alle Durchläufe	76	58	0.9999
1	31	24	0.9904
2	18	13	0.9936
3	27	21	0.9853

### 3.2.4 Berechnung der Kalibrierfaktoren

In Tabelle 9 sind die Kalibrierfaktoren für jeden Standort aufgeführt. In der Spalte "mittlere absolute Abweichung" sind die Mittelwerte der Abweichungsbeträge dargestellt. Negative und positive Abweichungen heben sich nicht auf. Interessant ist, dass alle Zählsysteme nicht alle Besuchenden erfassen, also eher die Realität unterschätzen, mit Ausnahme des Standortes Stabelchod unten. Dieses Zählsystem registrierte allgemein zu viele Überschreitungen. Dies könnte auf die Lage des Zählstandortes zurückzuführen sein, der kurz vor der Brücke liegt und allenfalls zum Stehenbleiben animierte. Bei der Korrektur der automatischen Daten wurde mit dem Mittel über alle Durchläufe und nicht nach Durchläufen getrennt gerechnet, weil eine Abstützung des Faktors auf möglichst viele Zählstunden und gezählte Personen wichtig ist. Die Abweichungen sind in einem akzeptablen Bereich und zeigen über die ganze Saison keine erheblichen Unterschiede auf. Ausnahmen sind die Zählsysteme im Val Mingèr und Macun.

Tabelle 9: Abweichung der automatischen Zählzeiten an den einzelnen Standorten.

<b>Stabelchod unten</b>			System Nr. 1		
Durchlauf	Anzahl Zählstunden	manuell gezählte Personen	automatisch gezählte Personen	Kalibrierfaktor (c)	Mittlere absolute Abweichung
1	2	4	4	1.0000	0%
2	4	28	28	0.9857	9%
3	2	39	43	0.9027	11%
Mittel				<b>0.9685</b>	7%

<b>Stabelchod oben</b>			System Nr. 2		
Durchlauf	Anzahl Zählstunden	manuell gezählte Personen	automatisch gezählte Personen	Kalibrierfaktor (c)	Mittlere absolute Abweichung
1	5	457	428	1.0125	5%
2	4	29	29	1.0000	0%
3	2	37	36	1.0333	3%
Mittel				<b>1.0118</b>	3%

<b>Val dal Botsch oben</b>			System Nr. 4		
Durchlauf	Anzahl Zählstunden	manuell gezählte Personen	automatisch gezählte Personen	Kalibrierfaktor (c)	Mittlere absolute Abweichung
1	6	149	134	1.0944	13%
2	2	45	43	1.0345	3%
3	3	51	46	1.1138	10%
Mittel				<b>1.0888</b>	10%

<b>Champlönch</b>			System Nr. 5		
Durchlauf	Anzahl Zählstunden	manuell gezählte Personen	automatisch gezählte Personen	Kalibrierfaktor (c)	Mittlere absolute Abweichung
1	4	6	6	1.0000	0%
2	2	20	15	1.3056	23%
3	2	4	4	1.0000	0%
Mittel				<b>1.0764</b>	6%

<b>Val Mingèr</b>			System Nr. 6		
Durchlauf	Anzahl Zählstunden	manuell gezählte Personen	automatisch gezählte Personen	Kalibrierfaktor (c)	Mittlere absolute Abweichung
1	7	52	42	<b>1.1905</b>	13%
2	2	10	10	1.0000	0%
3	2	49	44	1.0758	7%
Mittel				<b>1.0379</b>	9%

<b>Trupchun</b>			System Nr. 7		
Durchlauf	Anzahl Zählstunden	manuell gezählte Personen	automatisch gezählte Personen	Kalibrierfaktor (c)	Mittlere absolute Abweichung
1	5	54	49	1.0862	7%
2	1	64	60	1.0667	6%
3	8	499	474	1.0562	7%
Mittel				<b>1.0676</b>	7%

<b>La Schera</b>			System Nr. 8		
Durchlauf	Anzahl Zählstunden	manuell gezählte Personen	automatisch gezählte Personen	Kalibrierfaktor (c)	Mittlere absolute Abweichung
1	2	4	3	1.1667	13%
2	1	0	0	1.0000	0%
3	4	18	18	1.0000	0%
Mittel				<b>1.0476</b>	4%

<b>Macun</b>			System Nr. 9		
Durchlauf	Anzahl Zählstunden	manuell gezählte Personen	automatisch gezählte Personen	Kalibrierfaktor (c)	Mittlere absolute Abweichung
1	0	0	0		
2	2	71	63	<b>1.1258</b>	11%
3	4	0	0	1.0000	0%
Mittel				<b>1.1258</b>	4%

Beim Standort Stabelchod unten wurde im dritten Durchlauf ein schlechteres Resultat mit einer mittleren Abweichung von 11% erzielt. Es handelte sich um 2 Zählstunden mit Abweichungen von jeweils 2 registrierten Überschreitungen.

Diese können beispielsweise aufgrund von stehen gebliebenen Besuchern zustande gekommen sein, was auch auf den Zählprotokollen vermerkt wurde. Es muss damit gerechnet werden, dass hier kein Einzelereignis sondern ein gängiges Verhalten erfasst wurde, weshalb diese Daten in die Kalibrierfaktorberechnung einfließen.

Der Zählstandort Champlönch wies beim grössten Besucheraufkommen die grösste Abweichung aus. Aus den Protokollen sind Hinweise ersichtlich, dass die Gruppen, insbesondere mit Kindern, in sehr kurzen Abständen über die Stelle gingen. Aufgrund der schmalen Stelle muss damit gerechnet werden dass dieses Verhalten der Regel entspricht, weshalb auch dieser scheinbare Ausreisser für den benutzten Kalibrierfaktor berücksichtigt wurde.

Im Val Mingèr waren die Abweichungen während des ersten Durchlaufs am grössten. Mit den getroffenen Massnahmen der Wegverengung konnten nach dem 8. Juni bessere Resultate erreicht werden. In diesem Fall wurden die Daten vor der Veränderung mit dem Kalibrierfaktor des ersten Durchlaufes, danach mit dem mittleren Kalibrierfaktor der Durchläufe 2 und 3 korrigiert (in Tabelle 9 fett markiert).

Der Standort La Schera weist ebenfalls eine grosse Abweichung im ersten Durchgang auf. Bei Betrachtung der Anzahl Personen zeigte sich, dass lediglich eine Person nicht erfasst wurde. Aufgrund des geringen Besucheraufkommens während den Zählungen sind die Aussagen mit grösseren Unsicherheiten behaftet.

Am Standort Macun wurden bei den Kalibrierzählungen lediglich im zweiten Durchlauf Überschreitungen protokolliert. Der mittlere Kalibrierfaktor ist somit wenig aussagekräftig. Für die Korrektur der Daten wurde mit dem Kalibrierfaktor des Durchlaufes 2 gerechnet.

### 3.2.5 Allgemeine Bedingungen zur Erhöhung der Zählgenauigkeit

Im Laufe des Projekts ist das Know-how mit dem Umgang der Zählssysteme erheblich gewachsen. Um mit den eingesetzten Zählssystemen möglichst genaue Zählresultate zu erhalten, sind gemäss unseren Erfahrungen folgende Punkte zu beachten:

#### Auswahl der Zählstandorte

- Wegbreite: Die Platten der eingesetzten Zählssysteme sind 50 cm breit. Gemäss Hersteller kann damit eine Wegbreite von bis zu 80 cm abgedeckt werden (Eco-Compteur, unpubliziert). Es ist wichtig diese Angaben strikte einzuhalten oder besser zu unterbieten, da das Kreuzen, oder bereits leicht versetztes hintereinandergehen, wie es während Gesprächen oftmals gemacht wird, zu Fehlzählungen führen kann (Rupf-Haller et al. 2006).

- Aussicht: Bei der Standortwahl sollte die Aussicht miteinbezogen werden. Handelt es sich um einen interessanten Abschnitt können sehr langsam gehende oder stehende Besucher mehrere Zählungen auslösen.
- Hindernisse: Grössere Gruppen können durch Hindernisse gestaut werden. Befindet sich der Zählstandort zu nahe an einem Hindernis, können auf den Systemen stehende Personen mehrere Zählungen auslösen.
- Abzweigungen, Kreuzungen, Rastplätze: Bei der Standortwahl für die Zählsysteme ist auf genügende Abstände zu Kreuzungen und Rastplätzen zu achten. Diese Stellen können von den gleichen Personen mehrfach begangen werden, insbesondere wenn sich nach einer Abzweigung eine neue Geländekammer erahnen lässt.
- Treppen eignen sich gut für Zählung von Personen mittels Schrittsensoren, da in der Regel die Schritte vorgegeben sind (Cessford et al. 2002). Problematisch erwiesen sich dabei Befestigungen, welche die Übertragung der Information beeinträchtigen.  
Seitliche Wegstabilität: Genügend schmale Wegstellen befinden sich oftmals an ausgesetzten Stellen. Es ist bei der Installation zu beachten, dass die Zählsysteme nicht durch seitliche Wegerosion sichtbar werden oder abrutschen.
- Gefälle: Der Weg bei der Zählstelle sollte nur ein geringes Gefälle aufweisen, da sonst die Gefahr gross ist, dass der Sensor frei erodiert wird und dadurch das Verhalten der Passanten beeinflusst.
- Entwässerung: Der Untergrund der Platten muss wasserdurchlässig oder schwach geneigt sein. Ansonsten besteht die Gefahr der Bildung von Pfützen, welche von den Besuchenden gemieden werden.

#### Installation der Zählsysteme

- Test: Vor und unmittelbar nach der Installation müssen die Zählsysteme auf Funktionalität getestet werden (Ross 2005).
- Überdeckungsmaterial: Das Überdeckungsmaterial sollte den Druck gut übertragen und nicht allzu weich sein (Rupf et al. 2006). Das Material sollte sich bei grosser Trockenheit oder Kälte nicht in einen starren Körper verwandeln (Cessford & Muhar 2002), z.B. keine sehr tonreiche Erde verwenden. Im Weiteren sollte das Überdeckungsmaterial demjenigen des natürlichen Weges entsprechen, um die Zählstelle möglichst unauffällig zu gestalten.
- Kartierung: Der genaue Standort der Zählsysteme muss mittels Koordinaten und Fotos festgehalten werden. Die Systeme sind ansonsten nur schwer wieder auffindbar (Hornback et al. 1999).

## Kalibrierzählungen

- Schulung des Zählpersonals: Eine gute Schulung des Zählpersonals ist für die genaue Kalibrierung unabdingbar. Eine Anleitung als Stütze hat sich als sehr hilfreich erwiesen.
- Zeitabgleich: Vor der Kalibrierzählung muss ein Zeitabgleich der Uhr der Zählperson mit dem Datenlogger stattfinden. Überschreitungen während den Stundenübergängen können somit den richtigen Datensätzen zugeordnet werden.
- Verdeckte Zählung: Die Zählungen sollten die Erholungssuchenden nicht in ihrem natürlichen Verhalten beeinträchtigen. Das Zählpersonal sollte am besten versteckt arbeiten. Direkter Sichtkontakt mit dem Zählstandort ist aber wichtig für die Zuordnung der Überschreitungen zur entsprechenden Zählstunde und zur Aufnahme des Verhaltens der Besucher über der Zählstelle. Diese Beobachtungen dienen der Datenvalidierung und liefern wichtige Informationen bei der Interpretation von allfälligen Differenzen.
- Protokollierung: Für die manuelle Erfassung der Besucherzahlen müssen zwingend klare Protokollvorlagen vorhanden sein und angewendet werden.

## **3.3 Berechnung der Anzahl Besuche im SNP**

### 3.3.1 Korrektur detektierter Überschreitungen

In Tabelle 10 sind die Korrektur und die Summe der automatisch ermittelten Überschreitungen berechnet. Es wurden die registrierten Summen mit dem in Kapitel 3.2.4 erläuterten Kalibrierfaktor multipliziert.

Weitere Korrekturen betrafen das Val Mingèr, wo zwischen den Erhebungen vor und nach den Wegarbeiten vom 8. Juni unterschieden werden muss. Des Weiteren trat bei diesem Standort ein Datenverlust zwischen dem 26. August und dem 16. September auf. Die fehlenden Daten wurden aufgrund der Erhebungen des jeweiligen Monats linear extrapoliert. Dies ergibt ein Total von knapp 133'000 Überschreitungen.

Tabelle 10: Berechnung der Anzahl detektierten Überschreitungen im Schweizerischen Nationalpark 2007

Standorte	Start	Ende	Überschreitungen automatisch	Kalibrierfaktor	Korrektur (Datenlücke)	Total
Stabelchod unten	14.05.2007	30.11.2007	23'984	0.9685		23'229
Stabelchod oben	10.05.2007	30.11.2007	19'435	1.0118		19'663
Val dal Botsch	14.05.2007	16.11.2007	17'750	1.0888		19'326
Champlönch	14.05.2007	30.11.2007	8'869	1.0764		9'546
Val Mingèr <sup>1)</sup>	14.05.2007	08.06.2007	515	1.1905		613
Val Mingèr <sup>2)</sup>	09.06.2007	30.11.2007	10'161	1.0379	1'883 <sup>3)</sup>	10'546
Val Trupchun	14.05.2007	17.11.2007	34'634	1.0676		36'977
La Schera	15.05.2007	18.11.2007	9'525	1.0476		9'979
Macun	16.07.2007	08.11.2007	2'679	1.1258		3'016
<b>Total</b>			<b>127'552</b>			<b>132'895</b>

1) Durchlauf 1

2) Durchläufe 2 und 3

3) Datenlücke 26.8. - 16.9.07

### 3.3.2 Genauigkeit der Daten

Mittels Konfidenzintervall der Kalibrierfaktoren liessen sich Szenarien für minimale und maximale Überschreitungen ableiten. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% lag die tatsächliche Anzahl Überschreitungen zwischen 127'000 und 139'000 (Tabelle 11).

Tabelle 11: Szenarien der Anzahl Überschreitungen

Standorte	Überschreitungen automatisch	Minimum			Maximum		
		Kalibrierfaktor	Korrektur	Total	Kalibrierfaktor	Korrektur	Total
Stabelchod unten	23'984	0.9177		22'010	1.0194		24'448
Stabelchod oben	19'435	0.9888		19'217	1.0347		20'109
Val dal Botsch	17'750	1.0180		18'070	1.1595		20'582
Champlönch	8'869	0.9965		8'838	1.1563		10'255
Val Mingèr <sup>1)</sup>	515	1.0385		535	1.3425		691
Val Mingèr <sup>2)</sup>	10'161	0.9758	1'770 <sup>3)</sup>	9'916	1.0999	1'995 <sup>3)</sup>	11'176
Val Trupchun	34'634	1.0387		35'974	1.0966		37'979
La Schera	9'525	0.9791		9'326	1.1162		10'632
Macun	2'679	1.0866		2'911	1.1650		3'121
<b>Total</b>	<b>124'873</b>			<b>126'796</b>			<b>138'994</b>

- 1) Durchlauf 1 (bis 8.6.07)  
 2) Durchläufe 2 und 3  
 3) Datenlücke 26.8. - 16.9.07

### 3.3.3 Einbezug des Wegnetzes

Wie in Kapitel 3.2.1 festgestellt, waren die richtungsgetrenten Aufnahmen deutlich weniger genau als die summierten Werte beider Richtungen. Auf die richtungsgetrennte Auswertung wurde für die Berechnung des Besucheraufkommens aus diesem Grund verzichtet. Die folgende Berechnung basiert auf den korrigierten Zähl-daten aus Tabelle 10.

Um von den Überschreitungen auf die Anzahl Besuche zu schliessen, musste das Wegnetz analysiert und die Zähl-daten entsprechend angepasst werden. Die Überlegungen zu den einzelnen Standorten finden sich in Tabelle 3. In folgender Tabelle werden die Berechnungen für die Anzahl Besuchende der einzelnen Zählstandorte aufgezeigt. Aufgrund der getroffenen Annahmen und den detektierten Überschreitungen rechnen wir mit einem Besucheraufkommen von knapp 94'000 zwischen Mitte Mai und Mitte bzw. Ende November auf dem beobachteten Wegnetz.

Tabelle 12: Berechnung der Besuche anhand der Überschreitungen

Standorte	Start	Ende	Überschreitungen (Tabelle 10)	Gewichtung	Total
Stabelchod unten	14.05.2007	30.11.2007	23'229	0.55	12'776
Stabelchod oben	10.05.2007	30.11.2007	19'663	0.00	0
Val dal Botsch	14.05.2007	16.11.2007	19'326	0.55	10'629
Champlönch	14.05.2007	30.11.2007	9'546	1.20	11'456
Val Mingèr	14.05.2007	30.11.2007	11'159	0.55	6'137
Val Trupchun	14.05.2007	17.11.2007	36'977	1.00	36'977
La Schera	15.05.2007	18.11.2007	9'979	1.30	12'972
Macun	16.07.2007	08.11.2007	3'016	1.00	3'016
<b>Total</b>			<b>132'895</b>		<b>93'963</b>

In Tabelle 13 sind die minimalen und die maximalen Besucherzahlen aufgeführt, welchen die Szenarien aus dem vorangehenden Kapitel (Tabelle 11) zugrunde liegen. Zusätzlich wurden minimale sowie maximale Gewichtungsfaktoren angenommen.

Tabelle 13: Szenarien für die Berechnung des Besucheraufkommens

Standorte	Minimum			Maximum		
	Über- schreitungen (Tabelle 11)	Gewichtung	Total	Über- schreitungen (Tabelle 11)	Gewichtung	Total
Stabelchod unten	22'010	0.50	11'005	24'448	0.60	14'669
Stabelchod oben	19'217	0.00	0	20'109	0.00	0
Val Botsch	18'070	0.50	9'035	20'582	0.60	12'349
Champlönch	8'838	1.10	9'722	10'255	1.30	13'332
Val Minger	10'450	0.50	6'110	11'868	0.60	7'121
Val Trupchun	35'974	0.90	32'377	37'979	1.10	41'777
La Schera	9'326	1.20	11'191	10'632	1.40	14'884
Macun	2'911	0.90	2'620	3'121	1.10	3'433
<b>Total</b>	<b>126'796</b>		<b>82'059</b>	<b>138'994</b>		<b>107'565</b>

### 3.3.4 Gebiete ausserhalb des Untersuchungsperimeters

Für das Besucheraufkommen der Val Cluozza und der Region Spöl geben die Übernachtungszahlen der Chamanna Cluozza einen Hinweis. Diese betragen in der Saison 2007 4045 Übernachtungen. Da nicht alle Besuchenden dieser Region in der Cluozzahütte übernachten, musste auch diese Zahl mit einem Gewichtungsfaktor bereinigt werden. Das Besucheraufkommen der Gebiete, ausserhalb der untersuchten Standorte mussten durch Experten geschätzt werden. Die Schätzungen sind in Tabelle 14 aufgeführt. Die Anzahl Personen, die den Nationalpark während der Saison 2007 besuchten, wird auf knapp 124'000 geschätzt.

*Tabelle 14: Abschätzung der nicht gezählten Besuchenden.*

<b>Teilgebiet</b>	<b>Datengrundlage</b>	<b>Besuchende</b>	<b>Gewichtung</b>	<b>Total</b>
Untersuchte Gebiete	Tabelle 12	93'963	1	93'963
Spöl / Cluozza	Übernachtungen Chamanna Cluozza	4'035	2	8'070
Gut zugängliche Regionen				
Alp Stabelchod	Expertenschätzung	7'000	1	7'000
Spöltal	Expertenschätzung	2'000	1	2'000
Murtaröl	Expertenschätzung	2'000	1	2'000
Trupchun bis Purcher	Expertenschätzung	3'000	1	3'000
Il Fuorn Grimmels - P3	Expertenschätzung	4'000	1	4'000
Mot Tavrü	Expertenschätzung	2'000	1	2'000
Tantermozza	Expertenschätzung	1'000	1	1'000
Ova Fuorn	Expertenschätzung	2'000	1	2'000
<b>Total</b>				<b>125'033</b>

### 3.4 Räumlich-zeitliche Verteilung

In diesem Kapitel wurde, wo nicht anders erwähnt, mit den korrigierten Zählraten unter Einbezug des Wegnetzes, wie sie in Tabelle 12 ersichtlich sind, gerechnet.

#### 3.4.1 Anzahl Besuche in den Teilgebieten

In Abbildung 8 ist der Anteil Besuchende der untersuchten Teilgebiete dargestellt. Die Standorte Stabelchod und Val dal Botsch können zu einem Teilgebiet zusammengefasst werden, wie dies in vorangehenden Arbeiten geschah (Lozza 1996, Ott 1995). Dieses Teilgebiet beinhaltet so den zweitgrössten Besucheranteil von fast 25%. Das Val Trupchun wies knapp 40% der Besuchenden auf. Die Standorte La Schera und Champlönch umfassten einen Anteil von 14% und 12%, Mingèr von 8% und Macun von 3% der in den untersuchten Teilgebieten geschätzten Besucherzahlen. Die Anteile der einzelnen Zählstandorte sind auch in Tabelle 15 aufgelistet.

Verglichen mit den Erhebungen im Jahr 1993 (Lozza 1996) zeigten sich sehr gute Übereinstimmungen in den Teilgebieten La Schera und Mingèr. Die Besucheranteile in den Gebieten Stabelchod / Botsch und Champlönch nahmen ab, das Val Trupchun wies einen grösseren Anteil auf. Allerdings sind in dieser Darstellung Personen, welche lediglich einige Meter in den Park vordrangen im Gegensatz zu Lozza (1996) nicht berücksichtigt.

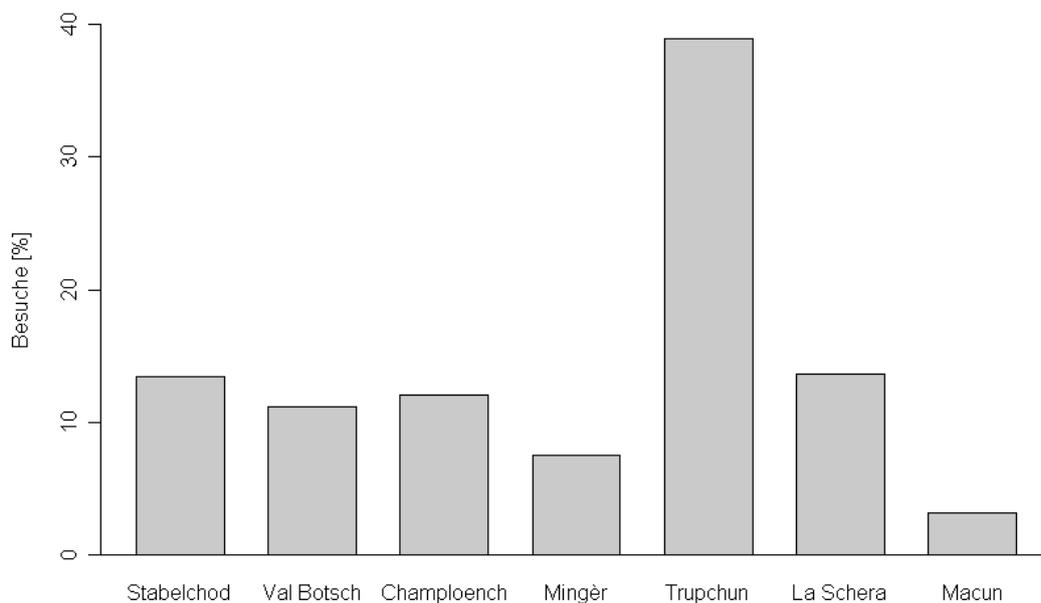


Abbildung 8: Anteil der Besuche in den Teilgebieten.

### 3.4.2 Verteilung der Besuche über die Saison

Die Summe der errechneten Besuche nach Monaten zeigte, dass das grösste Besucheraufkommen im Hochsommer auftrat (Abbildung 9). Die Besucherzahlen nahmen gegen den Herbst ab. Im September waren die geschätzten Besucherzahlen leicht höher als im August, was vor allem auf die Hirschbrunft im Val Trupchun zurückzuführen ist (vgl. Abbildung 10).

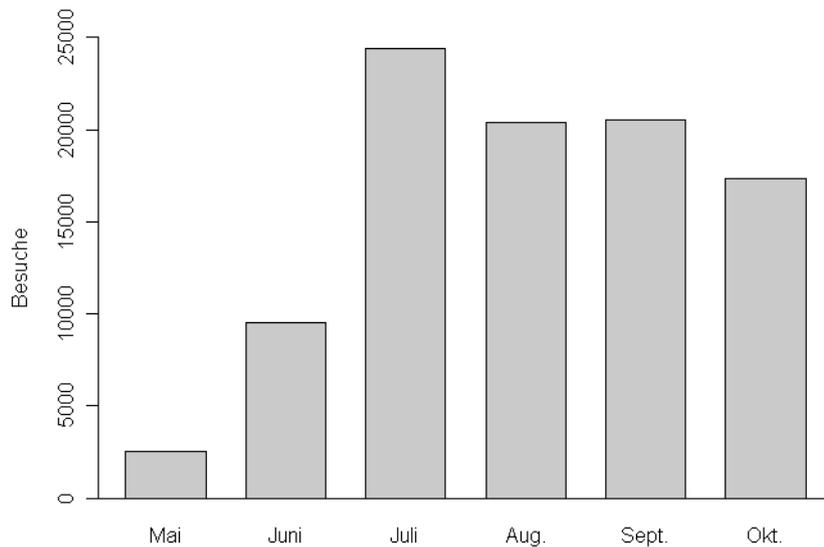


Abbildung 9: Summe der Besuche nach Monaten.

In Tabelle 15 sind die relativen Verteilungen, in Abbildung 10 die Anzahl Besuchenden der Standorte über die Saison dargestellt. Die Verteilungen sind vergleichbar mit den publizierten Zahlen von Lozza (1996). Mit Ausnahme der Standorte Val Trupchun und Macun wiesen alle Standorte das Besuchermaximum im Juli auf. Die Zahlen der Monate August und September waren ebenfalls mit Ausnahme der Standorte Val Trupchun und Macun rückläufig und es erfolgte ein Wiederanstieg im Oktober. Das geringe Besucheraufkommen im September könnte witterungsbedingt sein oder im Zusammenhang mit dem Besuchermaximum des Val Trupchun stehen. Das Besuchermaximum im Val Trupchun erfolgte in der Saison 2007 aufgrund der Hirschbrunft im September. Der Wiederanstieg der Besucherzahlen gegen Saisonende konnte beim Standort Stabelchod oben nicht festgestellt werden. Erklärungen dafür sind allenfalls gefrorenes Deckmaterial der Sensoren oder schneebedingte Änderungen in den Wanderrouten. Beim Standort Macun trat das Besuchermaximum im August auf, was mit der maximalen Ausaperung des Gebiets im Zusammenhang steht.

Das Zählsystem Champlönch repräsentiert das Gebiet Grimmels. Lozza (1996) stellte in diesem Gebiet grössere Besucheranteile fest. In diesem Bereich ist das Wegnetz relativ stark verzweigt. Mit dem Zählstandort konnten also nicht alle Besuchenden erfasst werden. Um gesicherte Aussagen über die Veränderung des Besucheraufkommens vorzunehmen, sind weitere Untersuchungen nötig.

Im Val Mingèr wurden im September relativ wenige Besuchende registriert. Allenfalls war die Korrektur der nicht vorhandenen Daten durch eine lineare Extrapolation der zweiten Monatshälfte nicht die richtige Lösung.

Am Standort Macun begannen die Datenerhebungen Mitte Juli. Zu Beginn der Saison könnte somit der Anteil dieses Gebietes geringfügig höher sein. Aufgrund der grossen Meereshöhe sind vor Anfang Juli höchstens vereinzelt Besucher zu erwarten. Im November scheint die Route nicht mehr gewählt worden zu sein.

*Tabelle 15: Relative Verteilung der Besuche über die Teilgebiete während der Saison.*

Standorte	Mai (%)	Juni (%)	Juli (%)	August (%)	September (%)	Oktober (%)	November (%)	Total (%)
Stabelchod	13	24	15	14	10	12	15	13
Val dal Botsch	12	13	13	12	9	11	27	11
Champlöench	19	12	13	14	9	12	20	12
Mingèr	2	5	4	4	4	5	13	8
Trupchun	43	33	35	36	54	41	0	39
La Schera	11	13	15	15	12	16	24	14
Macun	0	0	4	5	2	3	0	3

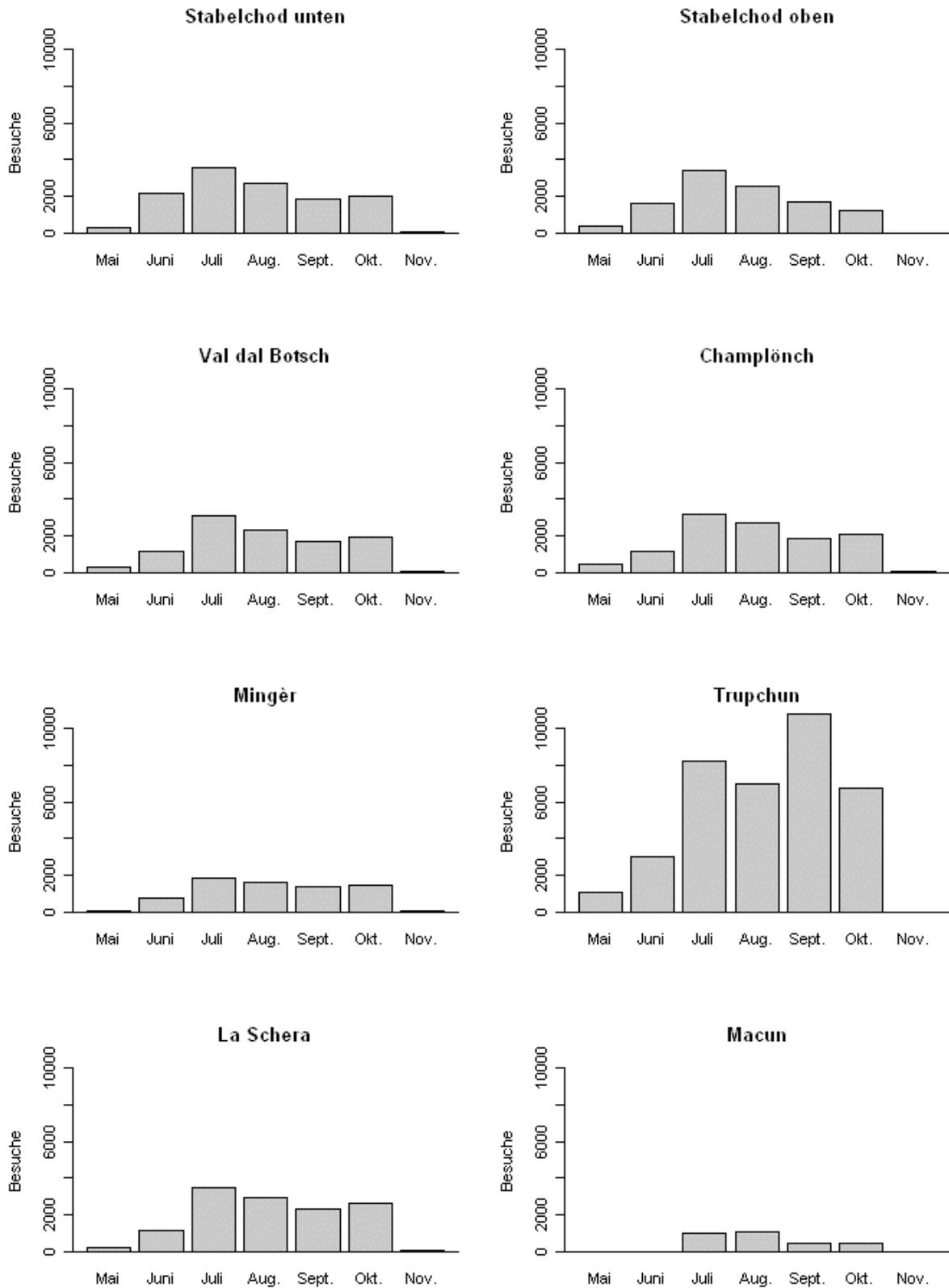


Abbildung 10: Summe der Überschreitungen nach Monaten und Zählssystemen.

### 3.4.3 Untersuchung der Tagesgänge

In der Abbildung 11 sind die Tagesgänge der einzelnen Zählsysteme dargestellt. Als Datengrundlage für diese Darstellung diente die unkorrigierte Anzahl detektierter Überschreitungen, da die Unsicherheit der Kalibrierung von richtungsgetreuten Daten sehr gross war (Tabelle 6). Es handelt sich um Summen über die ganze Zählperiode. Die Tagesgänge sind stark von der Position der Zählsysteme abhängig.

Die Standorte Stabelchod oben und unten zeigen eine gute Übereinstimmung. Beide Standorte registrierten mehr Besuchende in Richtung Park. Dies korrespondiert mit den Aufnahmen im Val dal Botsch, wo das Verlassen des Parks überwog. Der Standort Champlönch wurde vorwiegend in Richtung Il Fuorn begangen. Mit Ausnahme des Standortes Mingèr wiesen alle Kurven nur ein Tagesmaximum auf. Dies kann einerseits auf die Lage des Zählsystems zurückgeführt werden. Es ist hier eher mit längeren Wanderungen zu rechnen. Dieser Effekt könnte durch die Anbindung an den öffentlichen Verkehr verstärkt werden. Busse bedienen das Val Mingèr um acht und um zehn Uhr sowie um 15 und 17 Uhr. Der Zählstandort Mingèr wurde früher am Tag begangen als die anderen Standorte. Die Verteilung des Besucheraufkommens im Val Trupchun weist darauf hin, dass der Höhenweg vermehrt zum Betreten des Tals, die Route auf der orographisch rechten Seite mit dem Zählstandort eher zum Verlassen des Tals benutzt wurde. Zudem lässt sich erkennen, dass das nachmittägliche Verlassen des Tals konzentrierter war. Am Standort La Schera ist eine ausgeprägte Spitze um die Mittagszeit zu erkennen, vorwiegend in Richtung Tal. Dies deutet auf die Beliebtheit der Route vom Parkplatz 10 Richtung La Schera hin. Das Zeitfenster der Überschreitungen beim Standort Macun ist aufgrund der langen Wege in beide Richtungen erwartungsgemäss am kleinsten. Die beliebtere Routenwahl ist von Zernez Richtung Lavin, was vermutlich auf die Möglichkeit des Taxis von Zernez in Richtung Munt Baselgia zurückzuführen ist.

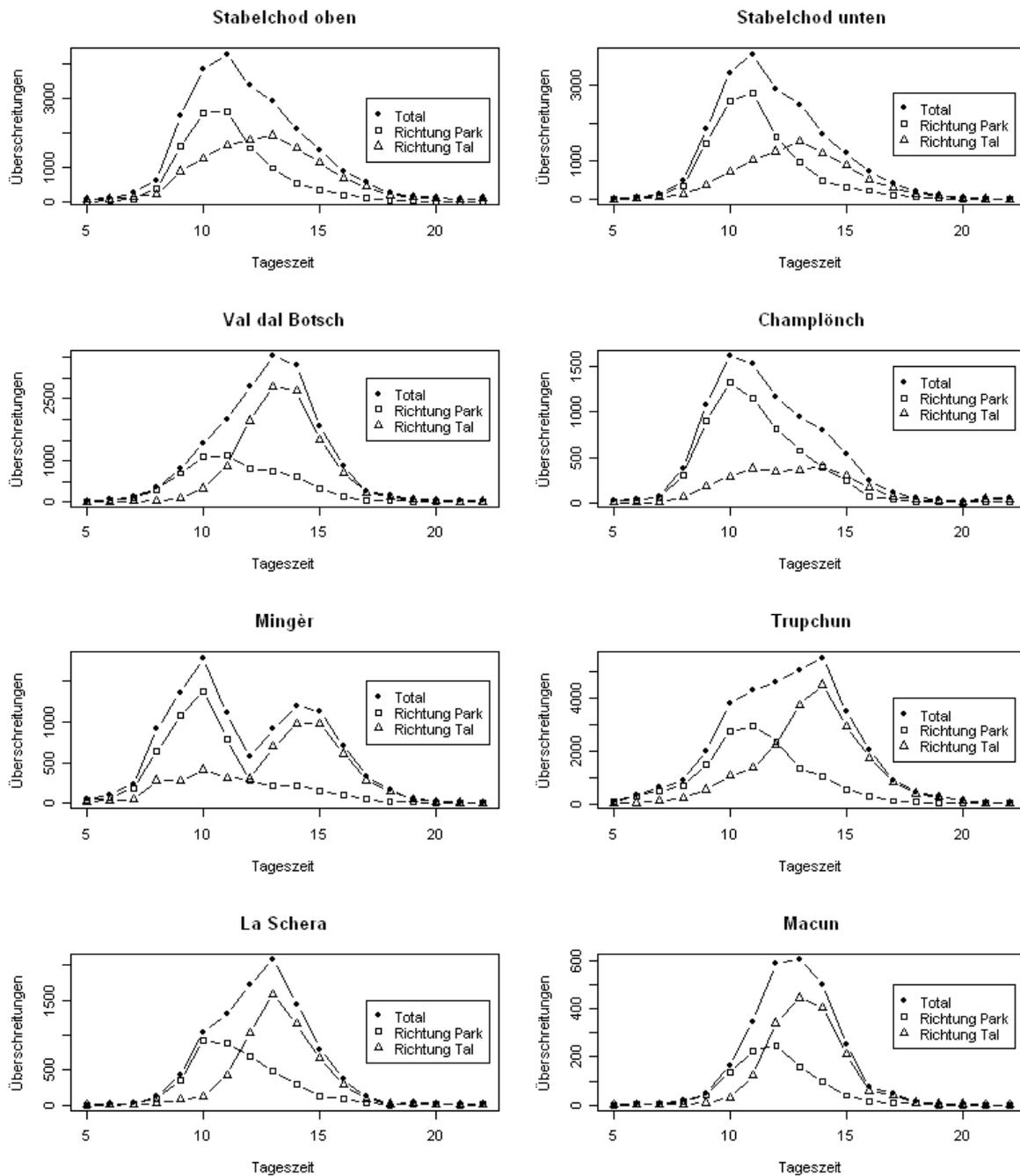


Abbildung 11: Summe der unkalibrierten Überschreitungen nach Tageszeit und Zählsystemen.

### 3.4.4 Vergleich der seriellen Zählsysteme Stabelchod unten und oben

Beim Standort Stabelchod waren zwei Zählsysteme hintereinander, im Abstand von 50 bis 100 Metern, installiert. Vergleiche der beiden Zählsysteme zeigten diverse Unterschiede auf. Beim unteren Zählsystem wurde das Besucheraufkommen eher über-, beim oberen Standort unterschätzt (Tabelle 9). Die geschätzten Überschreitungen (Tabelle 10) sind beim unteren

Zählstandort verteilt auf die ganze Saison um rund 3'500 höher. Aus Abbildung 10 wird ersichtlich, dass insbesondere die Frühlings- wie auch die Herbstmonate Unterschiede der Überschreitungen aufweisen. Dies könnte auf gefrorenes Material über den Zählmatten hinweisen. Allenfalls drehten im Frühjahr und im Spätherbst viele Besuchende beim Bach zwischen den beiden Zählstandorten um, was aufgrund der Steilheit des Weges und der Möglichkeit von vorhandenem Schnee eine durchaus plausible Erklärung ist.

Die Tagesgänge (Abbildung 11) zeigten insbesondere für alle Überschreitungen an beiden Zählstellen einen ähnlichen Verlauf. Erstaunlich ist, dass am oberen Standort am frühen Vormittag ein grösserer Anteil in Richtung Tal unterwegs war.

### **3.5 Diskussion**

Die Kalibrierzählungen wurden detailliert vorbereitet und das Personal eingehend instruiert. Trotzdem traten Probleme bei den Zählungen auf und einzelne Zählstunden mussten verworfen werden. Eine genaue, schriftliche und mündliche Anleitung für das Personal ist zwingend notwendig.

Mit der eingesetzten Zähltechnologie konnte eine mittlere Abweichung von 6.5% erreicht werden. Mittels Wilcoxon-Test wurde mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha=0.01$  eine Abweichung während den einzelnen Zählstunden von weniger als 10% nachgewiesen.

Die Berechnung des Besucheraufkommens erfolgte über drei Stufen. Erstens mussten mittels Kalibrierfaktoren die automatischen Zählzeiten korrigiert und die Überschreitungen berechnet werden. Zweitens musste das Wegnetz in Form eines Gewichtungsfaktors in die Berechnung einbezogen werden. Drittens wurde das Besucheraufkommen für die im Versuchsplan nicht erreichten Gebiete abgeschätzt.

Die errechneten mittleren Kalibrierfaktoren liegen zwischen 0.97 und 1.19. Die Spannweite ist relativ klein. Eine Abstützung auf möglichst viele Kalibrierstunden liefert ein besseres Resultat. Aufgrund der Streuung der Kalibrierfaktoren kann gesagt werden, dass die Anzahl Zählstunden an den meisten Standorten für die Ableitung des Besucheraufkommens genügt.

Die räumlich-zeitliche Verteilung der Besuchenden zeigte meist mit der Literatur vergleichbare Resultate (Lozza 1996; Ott 1995). Das ausgeprägteste Phänomen betraf die Hirschbrunft im September im Val Trupchun. Es konnte eine Verschiebung der Besuchenden von den Gebieten Margunet und Grimmels hin zum Val Trupchun festgestellt werden.

## **4 Schlussfolgerungen**

### **4.1 Fazit**

Mit der vorliegenden Arbeit konnten die in Kapitel 1.3 formulierten Ziele grösstenteils erreicht werden:

#### **4.1.1 Ziel 1: Zählgenauigkeit unter 10%**

Die geforderte Zählgenauigkeit zur Ermittlung der Gesamtbesucherzahlen konnte mit ca. 6.6% erreicht werden. Bezüglich Richtungstrennung waren die Zählungen aber ungenauer. Die mittleren Abweichungen lagen bei 1.7% (Richtung Parkausgang) und bei 12.1% (Richtung Park) (vgl. Tabelle 5).

Für die detaillierteren Analysen des Besucherverhaltens sind Genauigkeitsaussagen über die einzelnen Zählstunden notwendig. Diese Abweichungen sind grösser, da während einigen Zählstunden nicht alle Besuchenden, während anderen Zählstunden aber zu viele Besuchende erfasst wurden. Sie liegen signifikant unter 10% (einseitiger Wilcoxon-Test, Signifikanzniveau 0.01). Durch die grösseren und kleineren Verbesserungsmassnahmen konnte die Genauigkeit in den drei Durchläufen fortwährend erhöht werden. Die gewünschte Genauigkeit konnte mittels strengem Binomial-Test nicht bestätigt werden (vgl. Kapitel 3.2.3).

Obige Aussagen legen den Schluss nahe, dass mit den eingesetzten Zählsystemen bei sorgfältiger Handhabung mit einer Genauigkeit von +/-10 Prozent im Feld gearbeitet werden kann.

#### **4.1.2 Ziel 2: Auswertung der Zählzeiten und Erstellung einer halbautomatischen Auswertung**

Die automatisch erfassten Zählzeiten wurden durch manuelle Kalibrierzählungen geprüft und entsprechend korrigiert. Die Datenbereinigung erfolgte u.a. durch die Konsultation der Kalibrierprotokolle und kann nicht automatisiert werden.

Für die Automatisierung der Auswertung wurde ein Textcode für das Statistikprogramm „R“ erstellt, mit welchem man nach dem Einlesen der Daten die Auswertung relativ einfach vornehmen kann (vgl. Anhang 1-3).

### 4.1.3 Ziel 3: Schätzung der jährlichen Besucherzahlen inkl. räumlicher und zeitlicher Verteilung

Die Anzahl Überschreitungen der Zählsysteme wurde durch den Einbezug des Wegnetzplanes und der Zählstandorte auf die Anzahl Besuchende umgerechnet. Die Besucherzahl liegt für die beobachteten Teile des SNP's bei 94'000 Personen. Diese Zahl bedarf noch einer Ergänzung mit den Besucherzahlen der nicht erreichten Gebiete, beispielsweise Val Cluozza oder Kurzbesuche in den Park auf Stabelchod, etc. Unter Berücksichtigung dieser Regionen besuchten während der Saison 2007 schätzungsweise 124'000 Personen den Nationalpark. Unsicherheiten betreffen die Berechnung der Kalibrierfaktoren und der Einbezug des Wegnetzes über einen geschätzten Gewichtungsfaktor.

Die erfassten BesucherInnen hielten sich zu 39% im Val Trupchun und zu 24 % im Bereich Val dal Botsch – Margunet auf. Erwartungsgemäss am wenigsten frequentiert war der Standort Macun mit etwa 3%.

Nach einem raschen Anstieg vom Mai war der Juli der besucherreichste Monat. Danach war eine langsame Abnahme bis zum Oktober zu verzeichnen. Dieser Trend wäre noch ausgeprägter, wenn nicht das Val Trupchun aufgrund der attraktiven Hirschbrunft das Besuchermaximum im September aufweisen würde.

Die Verteilungen der Besucher stehen mit grosser Wahrscheinlichkeit in Abhängigkeit mit dem Witterungsverlauf, welcher im Spätsommer 2007 durch einige Kaltlufteinbrüche mit Schneefällen gekennzeichnet war.

## 4.2 Ausblick

### 4.2.1 Erfassung der Anzahl BesucherInnen und deren Verteilung

Die Anzahl der Besuchenden während der ganzen Saison ist eine wichtige Grösse für die Besucherlenkung. Die Berechnungen dieses Parameters im Nationalpark basieren auf den kalibrierten Erhebungen automatischer Zählraten. Die Anzahl der Zählstandorte ist aber begrenzt und einige Wegabschnitte müssen mittels Annahmen aufgrund von Erfahrungen oder aufgrund der gefundenen Verteilungen geschätzt werden. Die gefundenen Verteilungen wiederum basieren auf Erhebungen anfangs der Neunzigerjahre. Es sollte geprüft werden, ob sich diese Verteilung in den letzten 15 Jahren veränderte. Besucherzählungen an möglichst allen Eingängen könnten mit Studenten oder freiwilligen Helfern bewerkstelligt werden.

Die Genauigkeit der Besuchererhebungen kann einerseits mittels zusätzlicher automatischer Zählsysteme verbessert werden. Andererseits können in Kombination mit indirekten Parametern weitere Schlüsse auf das

Gästeaufkommen gezogen werden. Solche indirekten Parameter sind beispielsweise:

- Parkplatzbelegung (mittels Auswertung der Parkgebühren im Val Trupchun oder Zählungen)
- Übernachtungen Il Fuorn
- Postautobenützung
- Besuchende des Nationalparkhauses

Die Interpretation dieser indirekten Daten ist aber sehr schwierig und beinhaltet meist grössere Unsicherheiten. In Kombination mit Zählungen können die Unsicherheiten beschränkt werden.

#### 4.2.2 Echtzeiterfassung der Besuchenden

Die Einführung von Echtzeitübertragung der Zähldaten kann an einigen ausgewählten Zählstandorten getestet werden. Die Firma eco-compteur hat die nötige Technologie entwickelt und befindet sich im Ausbau dieser Möglichkeiten. Der Einsatz bestehenden Materials ist also möglich. Die Datenübertragung des getesteten Systems erfolgt mittels Modem, einmal pro Nacht über das Mobiltelefonnetz (GPRS), längerfristig wird auch eine Übertragung über Satellitentelefon angestrebt. Die Daten müssten zur Herstellerfirma übermittelt, dort aufbereitet werden und stehen anschliessend zum Download bereit. Die Visualisierung könnte beispielsweise auf einem Bildschirm im Nationalparkhaus erfolgen, oder über das Web abrufbar sein. Für die Datenübermittlung werden ein Modem und ein spezieller Datenlogger benötigt. Bei Interesse könnte das Material für die Schweiz getestet werden. Die Kosten für das Modem belaufen sich auf rund € 1'200. Dazu kommen monatliche Gebühren für die Datenübermittlung und -aufbereitung von rund € 30.

## 5 Literatur

Cessford G., Cockburn S., Douglas M., 2002: Developing New Visitor Counters and Their Applications for Management. MMV1, 14-20.

Cessford G., Muhar A., 2003: Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas. Journal for Nature Conservation, 11, 240-250.

Eco-Compteur, unpubliziert: Installationsanleitung, Akustische Platte mit ECO-TWIN Zähler.

English D. B., Zarnoch S. J., Kocis S. M., 2004: Designing a Sampling System for Concurrently Measuring Outdoor Recreation Visitation and Describing Visitor Characteristics. MMV2, 28-33.

Hornback K. E., Eagles P. F., 1999: Guidelines for Public Use Measurement and Reporting at Parks and Protected Areas. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Manning R. E., 2007: Parks and Carrying Capacity, Commons Without Tragedy, Washington DC.

Manning R. E. 2002: How Much is Too Much? Carrying Capacity of National Parks and Protected Areas. MMV1, 306-313.

Muhar A., Arnberger A., Brandenburg C., 2002: Methods for Visitor Monitoring in Recreational and Protected Areas: An Overview. MMV1, 1-6.

Lozza H., 1996: Tourismusbefragung 1993 im Schweizerischen Nationalpark. Semesterarbeit Universität Zürich, WNPk, Arbeitsberichte zur Nationalparkforschung Zürich, Zernez.

Ott M., 1995: Besuch und BesucherInnen des Schweizerischen Nationalparks: Struktur, Verhalten und räumliche Verteilung. Diplomarbeit, Geographisches Institut, Universität Zürich.

Ross J., 2005: Visitor Counters in Parks: Management Practices for Counter Calibration. Department of Conservation. Wellington, New Zealand.

Rupf-Haller R., Wernli M., Filli F., 2006: Visitor Counting with Acoustic Slab Sensors in the Swiss National Park. MMV3, 72-77.

Seidl I., 2002: Biological and conservationist perspectives on economics. Zürich.



# **Teil 2**

## **Besucherzählung 2007 und 2008: Vergleich der Besucherzahlen mit Wetter und Witterung**

### **Schweizerischer Nationalpark:**

Christine Ketterer

Seraina Campell

Ruedi Haller



## Zusammenfassung

Seit 2007 erfassen sieben für den Besucher unsichtbare Zählmatten die Besucherzahlen des Schweizerischen Nationalparks SNP. Die Besucherzahlen in den nicht erfassten Teilen des SNP können durch die Übernachtungszahlen der Chamanna Cluozza sowie Expertenschätzungen ergänzt werden. In den Angaben fehlend ist die Anzahl derjenigen Parkbesucher, welche von den Parkplätzen aus kurz Strecken in den SNP laufen.

Von 2007 auf 2008 blieb die Anzahl der Besuchern im SNP konstant auf einem Niveau von 125'300.

Während in Stabelchod, im Val dal Botsch, im Val Mingèr, sowie auf Macun die Besucherzahlen zurückgingen, nahmen diese vor allem im Val Trupchun um 4'000 und auf Champlönch um 1'700 zusätzliche Besucher zu. Das Besuchermaximum tritt im Juli auf, ein sekundäres Maximum im September. Im Val Trupchun wird im September aufgrund der Attraktion der Hirschbrunft mehr als die Hälfte der monatlichen Parkbesucher gezählt.

Das Besucherzentrum besuchten von Juni bis Dezember 2008 43'098 regulär zahlende Personen. Am 13.07.2008 konnten 621 Besucher registriert werden, was der höchsten Anzahl an Besucher an einem Tag entsprach.

Besucherzahlen, Physiologisch Äquivalente Temperatur PET und Niederschlag zeigen einen Trend auf. Im Frühjahr bestimmt die Schneehöhe den Zeitpunkt der Wegöffnung und somit die Besucherzahlen. So sind die niedrigeren Besucherzahlen im Mai und Juni 2008 im Vergleich zu 2007 mit einer längeren Schneesaison, einer späteren Öffnung der Wanderwege, einer Kälteperiode Mitte Juni und grösseren Niederschlagsmengen 2008 als 2007 zu erklären. Zudem waren die Feiertage Christi Himmelfahrt und Pfingsten 2008 im Gegensatz zu 2007 so früh gelegen, dass noch keine Parkbesuche möglich waren. Von Juli bis September besuchten 2008 mehr Wanderer trotz schlechteren Wetterbedingungen in den Monaten Juli und September den Nationalpark. So war die PET im Juli und September 2007 höher und gleichzeitig wurde in diesen Monaten 2008 mehr Niederschlag gemessen. Während es im Oktober und Anfang November 2007 sehr niederschlagsarm und überdurchschnittlich warm waren, schneite es am 04.10.2008 schon 10 cm im Tal, was zu einem Einbruch der Besucherzahlen führte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass längere Regenperioden das Besucheraufkommen stärker abschwächen, als einzelne Tage mit Niederschlag. Dabei beeinflusst Niederschlag am Morgen die Besucherzahlen stärker, während bei Regen am Nachmittag oder nur leichte Niederschlägen unter 1 mm in der Stunde nur geringe Einbussen verzeichnet werden können. Im Besucherzentrum konnte an Tagen mit Niederschlag im Mittel 1/3 mehr Besucher als an trockenen Tagen verzeichnet werden.

Man kann davon ausgehen, dass das ungünstigere Wetter 2008 ein Anstieg der Besucherzahlen im SNP verhinderte.

---

<b>Abbildungen .....</b>	<b>4</b>
<b>Tabellen .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Besucherzählung im Schweizerischen Nationalpark 2007 und 2008.....</b>	<b>6</b>
1.1 Ausgangslage .....	6
1.2 Zielsetzung .....	6
1.3 Material und Methode .....	6
1.4 Resultate .....	9
1.4.1 Räumlich-zeitliche Verteilung der Besucher im Nationalpark.....	9
1.4.2 Szenarien.....	18
1.4.3 Besucheraufkommen in nicht erfassten Gebieten.....	18
1.4.4 Anzahl der Besucher im SNP .....	19
1.4.5 Besucherzahlen im Besucherzentrum.....	19
<b>2 Vergleich der Besucherzahlen im Schweizerischen Nationalparks mit Wetter und Witterung .....</b>	<b>20</b>
2.1 Einführung .....	20
2.2 Zielsetzung .....	21
2.3 Human-Biometeorologie und Thermophysiologie des Menschen .....	21
2.3.1 Die menschliche Energiebilanz .....	22
2.3.2 Human-Biometeorologische Modelle MEMI und PET .....	23
2.4 Methode.....	24
2.4.1 Das Modell RayMan .....	24
2.4.2 Datengrundlagen .....	26
2.5 Resultate .....	26
2.5.1 Wetter und Witterung 2007 und 2008.....	26
2.5.2 Physiologisch Äquivalente Temperatur.....	26
2.5.3 Niederschlag und Schnee .....	26
2.5.4 Vergleich Besucherzahlen mit dem Wetter und der Witterung .	28
<b>3 Schlussfolgerung .....</b>	<b>32</b>
3.1 Monatliche Besucherzahlen.....	32
3.2 Tägliches Besucheraufkommen.....	32
<b>4 Literatur .....</b>	<b>34</b>
<b>Anhang Teil 2 .....</b>	<b>A-27</b>

## Abbildungen

<i>Abbildung 1: Vom Zählsystem erfasstes Besucheraufkommen pro Monat im Schweizerischen Nationalpark.....</i>	<i>11</i>
<i>Abbildung 2: Verteilung der Besucher an den Zählstandorten im SNP 2007.....</i>	<i>11</i>
<i>Abbildung 3: Verteilung der Besucher an den Zählstandorten im SNP 2008.....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 4: Anteile der Besucheranzahl 2007 und 2008 in den Teilgebieten (in %).....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 5: Besucheranzahl pro Kalenderwoche im Nationalpark.....</i>	<i>14</i>
<i>Abbildung 6: Besucheranzahl pro Monat und Zählstation im Nationalpark.....</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 7: Besucherzahl an Wochenenden und unter der Woche.....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 8: Summierter Tagesgang der Besucherströme an den einzelnen Standorten.....</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 9: Täglicher Verlauf der Besucher im Nationalparkzentrum von Juni bis Dezember 2008.....</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 10: Human-biometeorologische Bewertung der thermischen Komponente des Klimas (Amelung B., Blazejczyk K., Matzarakis A., 2007, verändert).....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 11: Eingabefelder in RayMan .....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 12: Summe der wöchentlichen Besucherzahlen und Niederschlagssumme der Station Buffalora und PET, berechnet mit den Messwerten der Stationen Buffalora und Scuol für die Kalenderwochen 21 bis 48 2007.....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 13: Summe der wöchentlichen Besucherzahlen, Niederschlagssumme der Station Buffalora und PET, berechnet mit den Messwerten der Stationen Buffalora und Scuol für die Kalenderwochen 21 bis 48 2008.....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 14: Vergleich der PET und der Tagesniederschlagssumme der Station Sils Maria mit den Besucherzahlen von Trupchun im Jahr 2007....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 15: Vergleich der PET und der Tagesniederschlagssumme der Station Sils Maria mit den Besucherzahlen von Trupchun im Jahr 2008....</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 16: Niederschlag, Besucher des SNP sowie des Besucherzentrums im Jahr 2008.....</i>	<i>30</i>

## Anhang

<i>Abbildung 17: Tagessumme der Besucherzahlen, Tagessumme Niederschlag und PET (14 Uhr) der Station Buffalora mit täglicher Auflösung vom 20.05.- 20.11. 2007.....</i>	<i>A-27</i>
<i>Abbildung 18: Tagessumme der Besucherzahlen, Tagessumme Niederschlag und PET (14 Uhr) der Station Buffalora mit täglicher Auflösung vom 20.05.- 20.11.2008.....</i>	<i>A-28</i>

## Tabellen

<i>Tabelle 1: Standortspezifischer Kalibrierungsfaktor und Gewichtung mit möglichen Szenarien um die automatisch gezählten Überschreitungen zu korrigieren und auf die Besucheranzahl am jeweiligen Zählstandort schliessen zu können (aus Rupf et al. 2007 S.26-28).</i>	8
<i>Tabelle 2: Beginn und Ende der Messungen 2007 und 2008, sowie Beginn und Ende der Zeitspanne, in welcher die Daten zur Auswertung verwendet wurden.</i>	9
<i>Tabelle 3: Vergleich der Besucheranzahl an den verschiedenen Standorten 2007 und 2008.</i>	10
<i>Tabelle 4: Verteilung der Besucheranzahl pro Standorten und Monat. (Bsp. Stabelchod 2007 = 100%)</i>	13
<i>Tabelle 5: Verteilung der Besucheranzahl pro Monat und Standort in %.(Bsp. Mai 2007 an allen Standorten = 100%)</i>	13
<i>Tabelle 6: Szenarien pro Standort und Jahr. Berechnet mit jeweils minimalem / maximalem Kalibrierungsfaktor und minimaler / maximaler Gewichtung.</i>	18
<i>Tabelle 7: Expertenschätzungen der nicht gezählten Besuchern (Rupf et al. 2007 S. 29).</i>	18
<i>Tabelle 8: Monatliche Übernachtungszahlen der Chamanna Cluozzas 2007 und 2008.</i>	19
<i>Tabelle 9: Zuordnung der PET Intervalle zum thermischen Empfinden und der thermophysiologicaler Belastungsstufe von Menschen bezogen auf eine metabolische Rate von 80 W und Wärmedurchgangswiderstand der Bekleidung von 0.9 clo. (Mayer, H. und A. Matzarakis 1999)</i>	24
<i>Tabelle 10: Beginn und Ende der durchgängigen Schneedecke, Wintereinbrüche gemessene Schneehöhe an den Wetterstationen Samedan, Santa Maria, Sils Maria und Passo del Bernina in den Jahren 2007 und 2008.</i>	27
<i>Tabelle 11: Niederschlagszeitpunkt und -menge an Tagen mit vielen Parkbesuchern trotz Niederschlagsereignissen. Nummerierung in den Abbildungen 17 und 18.</i>	31

# **1 Besucherzählung im Schweizerischen Nationalpark 2007 und 2008**

## **1.1 Ausgangslage**

Die erste Besucherzählung und -befragung erfolgte im Jahr 1991 an 15 Parkeingängen, wobei die Anzahl der Parkbesucher auf 250`000 pro Saison geschätzt wurden. Weitere vertiefte und systematische Zählungen ergaben das Ergebnis von jährlich 150`000 Parkbesuchern.

2007 wurden acht Zählmatten installiert und durch manuelle Referenzzählungen korrigiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Abweichung statistisch signifikant unter 5% der manuell gezählten Überschreitungen lag (Rupf et al. 2007). Da die Stationen nur einen Teil der Wege und Gebiete des SNP abdecken, kann damit nicht das ganze Besucheraufkommen im SNP erfasst werden.

## **1.2 Zielsetzung**

Ziele dieser Arbeit sind, die Anzahl der Parkbesucher 2007 und 2008 zu vergleichen, sowie die räumlich-zeitliche Verteilung zu untersuchen. Um die Anzahl der Besucher auf einen weiteren Teil des Wegenetzes abschätzen zu können, werden auch die Übernachtungszahlen der Chamanna Cluozza und Expertenschätzungen berücksichtigt. Erstmals kann das Besucheraufkommen im neu eröffneten Besucherzentrum ausgewertet werden.

## **1.3 Material und Methode**

Das Zählsystem besteht aus zwei akustischen Plattensensoren, Signalumwandler sowie Eco-Twin-Zählgerät. Die zwei Platten wurden in 10 cm Tiefe unter dem Wanderweg hintereinander installiert und mit lockerem Kies überdeckt, so dass sie vom Besucher nicht wahrgenommen werden. Das System mit zwei Platten ermöglicht auch die Laufrichtung der Besucher zu erfassen. Die Plattensensoren reagieren auf den Druckunterschied, ausgelöst durch den darüber gehenden Wanderer. Dieser wird mit Hilfe des Signalumwandlers in ein elektrisches Signal umgewandelt und anschliessend die Summe aller Überschreitungen stündlich vom Eco-Twin-Zählgerät gespeichert.

Fehler entstehen durch von Wildtiere ausgelöste Zählungen und durch die Unterschätzung von Gruppen bei zu dicht aufeinander laufenden Personen.

Die Zählsysteme wurden an folgenden vom Management ausgewählten Standorten installiert: Stabelchod, Val dal Botsch, Val Trupchun, Champlönch, Val Mingèr, La Schera und auf Macun.

Mittels manuellen Kalibrierzählungen an jedem Standort eines Zählsystems überprüfte man das Messsystem auf Genauigkeit und versuchte den systematischen Messfehler abzuschätzen (Rupf et al. 2007). Aus dem Vergleich des Mittelwertes der automatischen Zählung der Überschreitung und der manuellen Zählungen wurde ein Kalibrierungsfaktor (Tabelle 1) für jeden Standort ausgerechnet. Zur Korrektur des systematischen Messfehlers werden die automatisch gezählten Überschreitungen mit dem Kalibrierungsfaktor multipliziert. Der Kalibrierungsfaktor im Val Mingèr wurde aufgrund Wegarbeiten vom 8. Juni verändert. Eine Datenlücke vom 26. August bis 16. September wurde durch lineare Extrapolation gefüllt (Rupf et al. 2007 S.26).

Um von den gezählten und durch den Kalibrierungsfaktor korrigierten Überschreitungen auf die Besucherzahlen schliessen zu können, muss aus Überlegungen zum Wegenetz für jeden Standort einen Gewichtungsfaktor (Tabelle 1) bestimmt werden. Bei den Standorten Stabelchod und Val dal Botsch ist anzunehmen, dass die Wanderer fast ausschliesslich beide Zählsysteme überqueren und somit werden die korrigierten Überschreitungen mit einem Gewichtungsfaktor von 0,55 multipliziert. Auch dem Val Mingèr wird ein Korrekturfaktor von 0,55 zugeteilt, weil das Zählsystem entweder zweimal überquert wird oder anschliessend ein Zählsystem um Margunet. Auf Champlönch wird mit einer Gewichtung von 1,2 gerechnet, weil bei der Wanderung das Zählsystem nur einmal überquert wird und des Weiteren nicht alle Wanderer den Standort des Zählsystems passieren dürften.

Im Val Trupchun sowie auf Macun wird davon ausgegangen, dass Besucher das Zählsystem nur einmal überqueren. Auf La Schera werden die Überschreitungen mit einem dem Faktor 1,3 gewichtet, weil einerseits die Wanderungen von Parkplatz 4 und 5 zum Rastplatz nicht erfasst, aber die Wanderungen auf Munt La Schera und wieder zum Ausgangspunkt zurück doppelt erfasst werden (Rupf et al. 2007).

Die Szenarien sollen die Spannbreite des Besucheraufkommens abdecken, indem die Rohdaten mit dem minimalen bzw. maximalen Kalibrierungsfaktor und entsprechend minimaler bzw. maximaler Gewichtung multipliziert werden.

Der mittlere, minimale und maximale Kalibrierungsfaktor wird anhand der dreifach wiederholten Kalibrierzählungen und daraus berechneten Mittelwert sowie mittlere Abweichung gebildet. Auch verschiedene Eventualitäten der Wegbegehung und somit der Gewichtung ergeben die Möglichkeit Szenarien zu bilden.

*Tabelle 1: Standortspezifische Kalibrierungsfaktor und Gewichtung mit möglichen Szenarien um die automatisch gezählten Überschreitungen zu korrigieren und auf die Besucheranzahl am jeweiligen Zählstandort schliessen zu können (aus Rupf et al. 2007 S.26-28).*

Standorte	Kalibrierungsfaktor			Gewichtung		
	Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Stabelchod	0.97	0.92	1.02	0.55	0.5	0.6
Val dal Botsch	1.09	1.02	1.03	0.55	0.5	0.6
Champlönch	1.08	1	1.16	1.2	1.1	1.3
Val Mingèr 1)	1.19	1.04	1.34	0.55	0.5	0.6
Val Mingèr 2)	1.04	0.98	1.1	0.55	0.5	0.6
Val Trupchun	1.07	1.04	1.1	1	0.9	1.1
La Schera	1.05	0.98	1.12	1.3	1.2	1.4
Macun	1.13	1.09	1.17	1	0.9	1.1

1) Durchlauf 1 bis 8. Juni

2) Durchläufe 2 und 3 nach den Wegarbeiten am 8. Juni

Der Zeitraum der Messungen unterscheidet sich je nach Jahr und Standort (Tabelle 2). Um die Besucherzählungen jedoch vergleichen zu können, wurden die Daten beider Jahre in der Zeitspanne ab dem jeweilig späteren Datum und bis zum früheren Enddatum verwertet.

*Tabelle 2: Beginn und Ende der Messungen 2007 und 2008, sowie Beginn und Ende der Zeitspanne, in welcher die Daten zur Auswertung verwendet wurden.*

<b>Standort</b>	<b>Start 2007</b>	<b>Ende 2007</b>	<b>Start 2008</b>	<b>Ende 2008</b>	<b>Start</b>	<b>Ende</b>
Stabelchod	14.05.2007	30.11.2007	22.05.2008	03.11.2008	22.05.	03.11.
Val dal Botsch	14.05.2007	16.11.2007	21.05.2008	03.11.2008	21.05.	03.11.
Champlönch	14.05.2007	30.11.2007	20.05.2008	07.11.2008	20.05.	07.11.
Val Mingèr	14.05.2007	30.11.2007	21.05.2008	11.11.2008	21.05.	11.11.
Val Trupchun	14.05.2007	17.11.2007	22.05.2008	05.11.2008	22.05.	05.11.
La Schera	15.05.2007	18.11.2007	21.05.2008	07.11.2008	21.05.	07.11.
Macun	16.07.2007	08.11.2007	14.07.2008	03.11.2008	16.07.	03.11.

Überschreitungen zwischen 21 Uhr und 5 Uhr wurden nicht berücksichtigt, da das Begehen des SNP bei Dunkelheit verboten ist und somit Tiere die Zählmatte betreten haben müssen.

Die Anzahl der Besucher im Besucherzentrum werden anhand des Kassenberichts seit dem 2. Juni 2008 erfasst. Dabei wurden die Familieneintritte nach Absprache mit den Verantwortlichen des Besucherzentrums mit dem Faktor 3 multipliziert. Die Anzahl der Besucher mit Aktionsbillets wurden in der monatlichen Auswertung außer Acht gelassen, da die Aktionsbillets erst im November gesammelt in die Kasse eingegeben wurden.

Die Gästeanzahl der Chamanna Cluozza wurde anhand der Übernachtungszahlen ermittelt.

## **1.4 Resultate**

### **1.4.1 Räumlich-zeitliche Verteilung der Besucher im Nationalpark**

Von 2007 auf 2008 stieg die Anzahl der Besucher von 94'138 um 134 auf 94'273, da dies aber innerhalb des Fehlerbereiches der Zählmatte von 5% liegt, gilt, dass das Besucheraufkommen konstant blieb.

Während in Stabelchod und im Val dal Botsch, Val Mingèr, sowie auf Macun die Besucherzahlen zurückgingen, nahmen diese vor allem im Val Trupchun um 4'000,

in Champlönch um 1'697 und auf La Schera um 780 zusätzliche Besucher zu (Tabelle 3).

*Tabelle 3: Vergleich der Besucheranzahl an den verschiedenen Standorten 2007 und 2008.*

<b>Standorte</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Differenz</b>	<b>Differenz (%-P)</b>
Stabelchod	12'494	9'343	-3'151	-25.2
Val dal Botsch	10'451	8'298	-2'153	-20.6
Champlönch	11'088	12'785	1'697	15.3
Val Mingèr <sup>1)</sup>	272			
Val Mingèr <sup>2)</sup>	5'761	7'478	-438	-5.5
Val Mingèr <sup>3)</sup>	1'883			
Val Trupchun	36'357	40'356	3'999	11.0
La Schera	12'817	13'597	780	6.1
Macun	3'016	2'416	-600	-19.9
Gesamt	94'138	94'273	134	0.1

1) Durchlauf 1

2) Durchläufe 2 und 3

3) Datenlücke 26.08. bis 16.09.2007, Wert übernommen aus dem Abschlussbericht 2007 (Rupf, R. et. al 2007,S.26)

Von Juli bis Oktober besuchen etwa 88% der Besucher den Nationalpark, dabei bilden die Besucherzahlen im Juli mit 24'268 (2007) und 25'049 (2008) das Maximum, gehen im August leicht zurück und steigen im September wiederum auf 21'090, bzw. 23'057 an, was vor allem mit den Besucherzahlen im Val Trupchun und der dortigen Attraktion der Hirschbrunft zu begründen ist. Im Oktober werden noch 17'292 bzw. 15'047 Besucher im SNP gezählt.

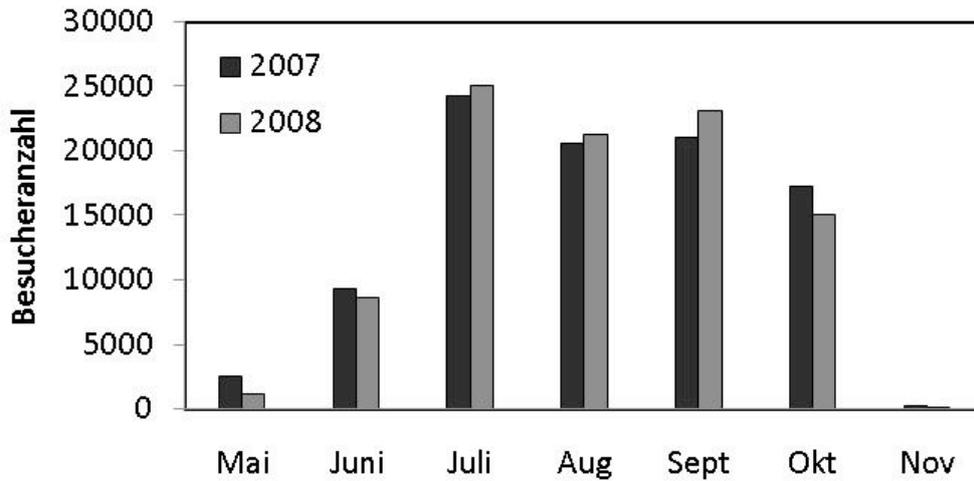


Abbildung 1: Vom Zählsystem erfasstes Besucheraufkommen pro Monat im SNP.

Val Trupchun verbucht mit 38.6% 2007 und 42.8% 2008 den grössten Anteil an den jährlichen Besucherzahlen, darauf folgt das Gebiet Il Fuorn (Stabelchod und Val dal Botsch) mit 24.4%, bzw. 18.7%. La Schera weisst 13.6%, bzw. 14.4% und Champlönch 11.8%, bzw. 13.6% der gezählten Besucher auf. Val Mingèr und Macun bilden mit einem Anteil von 8% und 3% die Schlusslichter (Abbildungen 2 und 3).

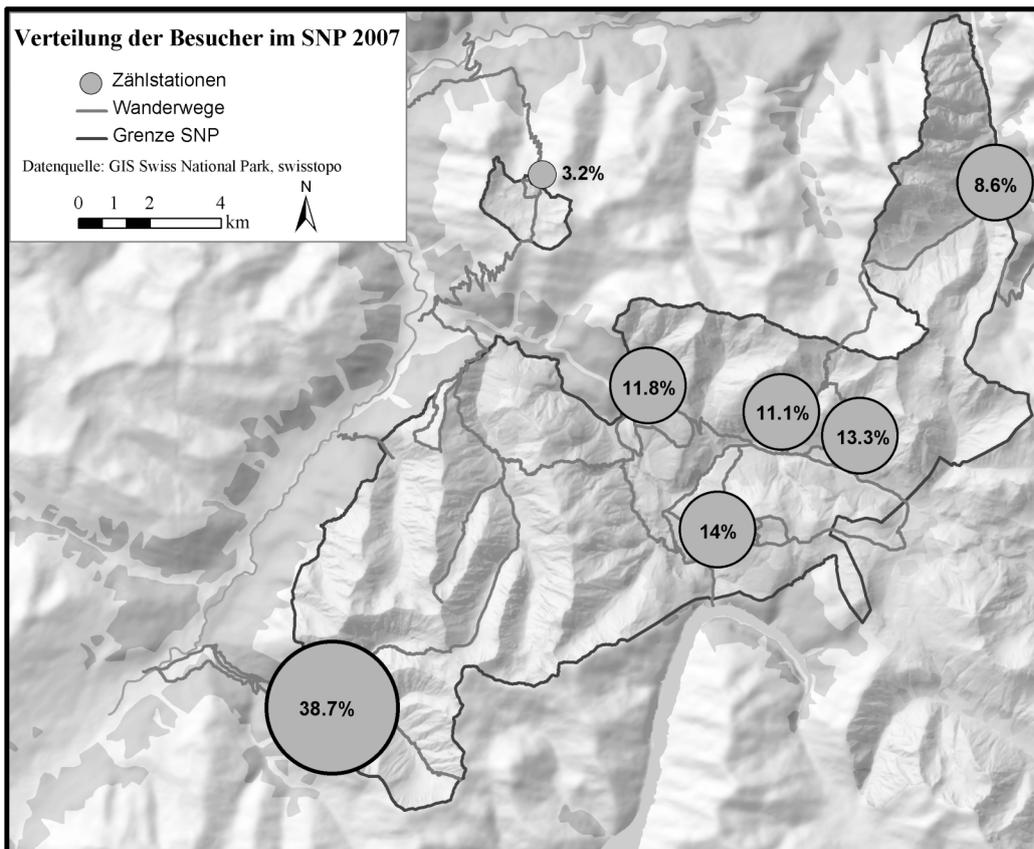


Abbildung 2: Verteilung der Besucher an den Zählstandorten im SNP 2007.

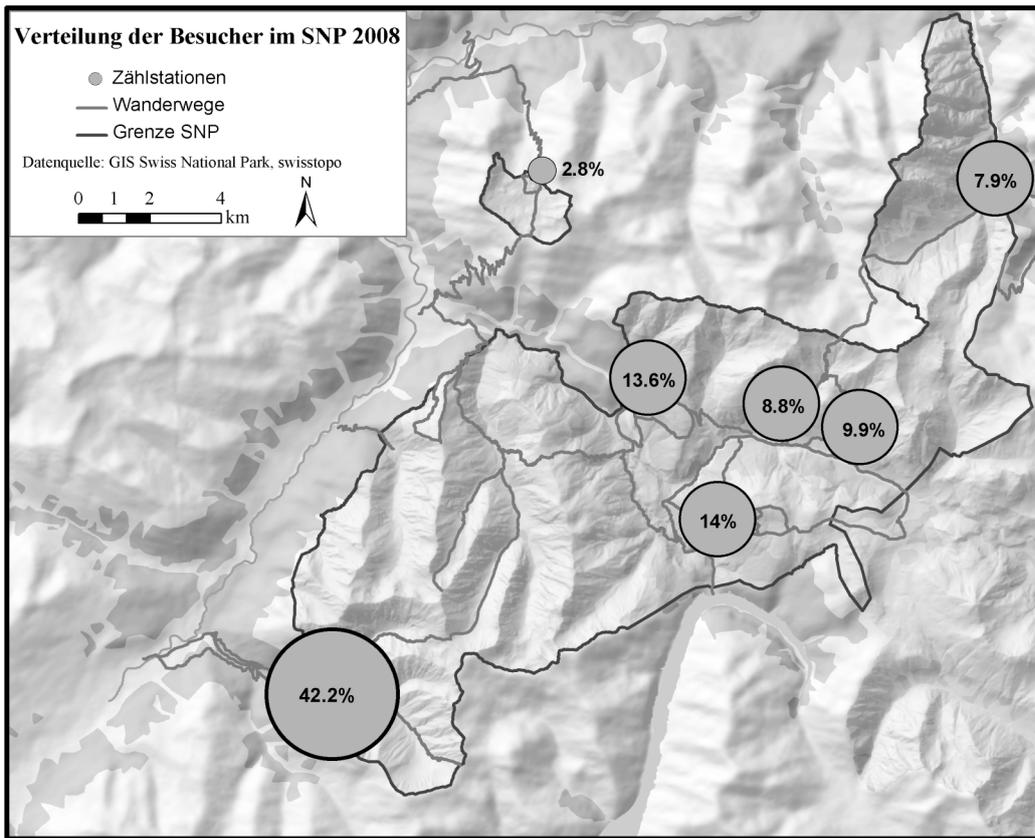


Abbildung 3: Verteilung der Besucher an den Zählstandorten im SNP 2008.

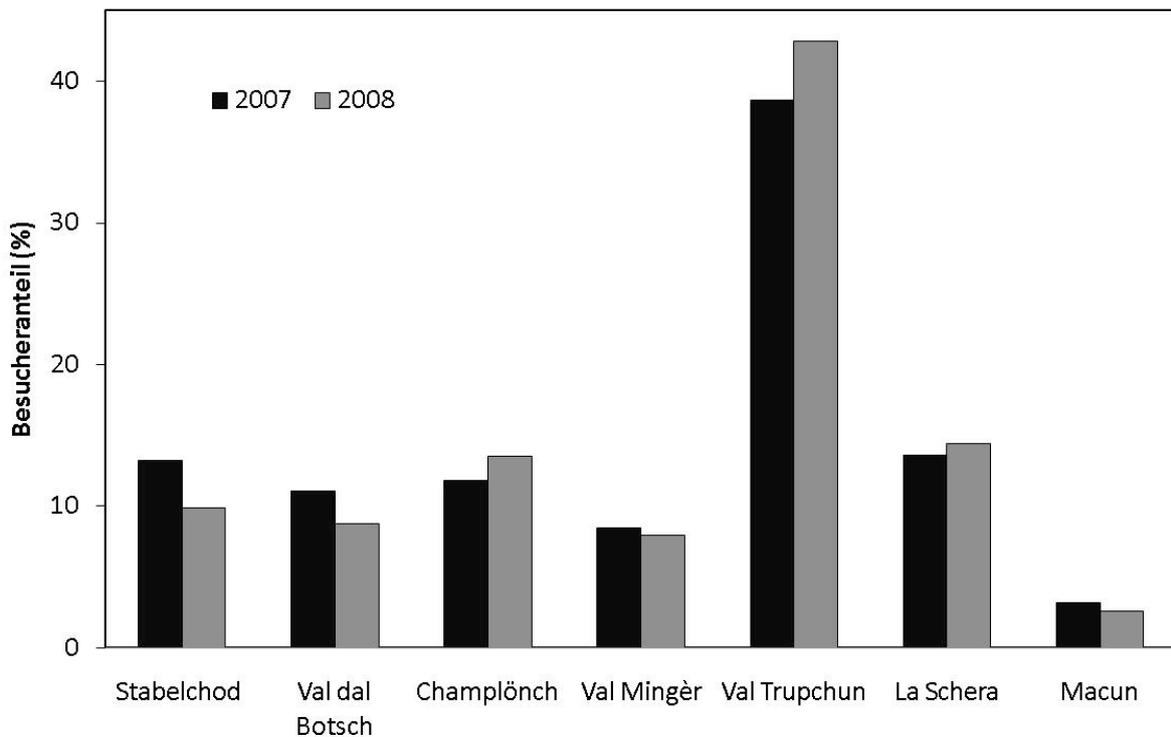


Abbildung 4: Anteile der Besucheranzahl 2007 und 2008 in den Teilgebieten (in %)

Ausser auf Macun und im Val Trupchun weisen alle anderen Stationen ihr Maximum entsprechend dem Gesamtergebnis (Abb.1) im Juli auf. Auf Macun ist das Besuchermaximum im August zu finden, da zu dieser Zeit die besten Bedingungen für eine Wanderung in diese Höhe vorzufinden sind. Im Val Trupchun können die meisten Besucher im September gezählt werden.

*Tabelle 4: Verteilung der Besucheranzahl pro Standorten und Monat. (Bsp. Stabelchod 2007 = 100%)*

Standort	Stabelchod		Val dal Botsch		Champlönch		Val Mingèr		Trupchun		La Schera		Macun	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Mai	1.7	1.4	1.7	0.8	2.7	1.7	0.5	3.1	1.7	1.1	1.1	0.8	0.0	0.0
Juni	16.2	11.4	11.2	11.2	9.8	10.2	10.1	7.8	8.4	8.4	9.3	9.7	0.0	0.0
Juli	28.4	40.5	29.7	34.1	28.3	28.8	22.9	25.7	22.4	20.3	27.4	27.5	33.2	38.2
Aug	21.9	17.4	22.0	24.7	23.8	25.5	22.1	23.5	19.2	19.9	23.2	26.3	35.8	39.9
Sept	15.1	14.2	16.5	15.8	16.5	17.9	25.8	22.9	29.7	32.6	18.3	20.6	15.2	19.0
Okt	16.4	15.0	18.3	13.4	18.5	15.8	18.2	16.7	18.6	17.7	20.4	15.2	15.7	2.9
Nov	0.2	0.1	0.5	0.0	0.4	0.2	0.4	0.3	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Val Trupchun weist in allen Monaten den grössten Anteil der Besucher auf. Im September 2007 besuchten 51%, 2008 sogar 57% aller Besucher des SNP Val Trupchun.

*Tabelle 5: Verteilung der Besucheranzahl pro Monat und Standort in %.(Bsp. Mai 2007 an allen Standorten = 100%)*

Standort	Stabelchod		Val dal Botsch		Champlönch		Val Mingèr		Trupchun		La Schera		Macun	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Mai	14.1	10.8	11.7	5.5	20.3	18.1	2.8	19.8	41.2	36.3	9.5	9.2	0.0	0.0
Juni	21.7	12.4	12.6	10.8	11.6	15.1	8.5	6.8	32.6	39.4	12.7	15.2	0.0	0.0
Juli	14.6	15.1	12.7	11.3	12.9	14.6	7.4	7.6	33.6	32.6	14.4	14.9	4.1	3.6
Aug	13.3	7.6	11.2	9.6	12.9	15.3	8.5	8.2	34.1	37.7	14.5	16.7	5.2	4.5
Sept	8.9	5.7	8.2	5.6	8.6	9.9	9.6	7.4	51.1	57.0	11.1	12.1	2.1	1.9
Okt	11.8	9.3	11.0	7.3	11.8	13.4	8.3	8.3	39.0	47.4	15.1	13.7	2.7	0.4
Nov	12.5	12.0	25.7	0.7	21.3	24.6	16.5	26.5	0.0	34.3	23.1	1.6	0.5	0.0

2008 stieg die Anzahl der Besucher im Frühjahr langsamer an, und das primäre Maximum im Juli war zweigeteilt und das sekundäre Maximum im September war drei Wochen früher als 2007. Das Minimum im August ist 2008 ebenfalls zwei Wochen später (Abbildung 5).

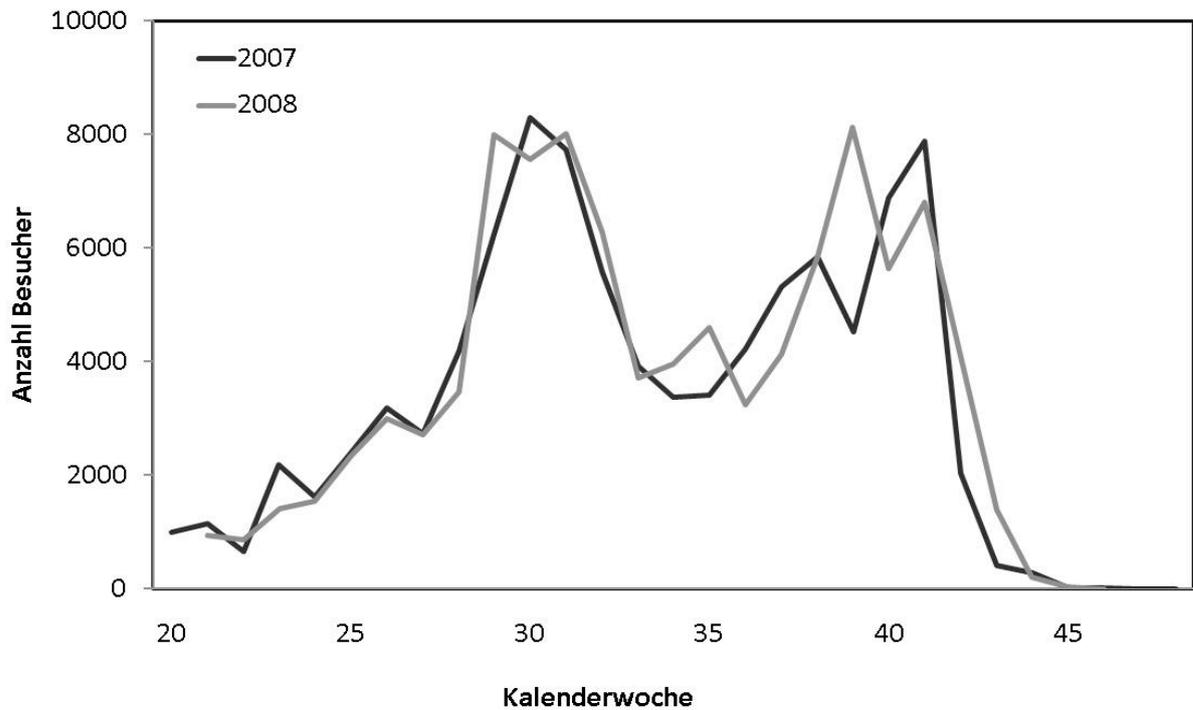


Abbildung 5: Besucheranzahl pro Kalenderwoche im Nationalpark.

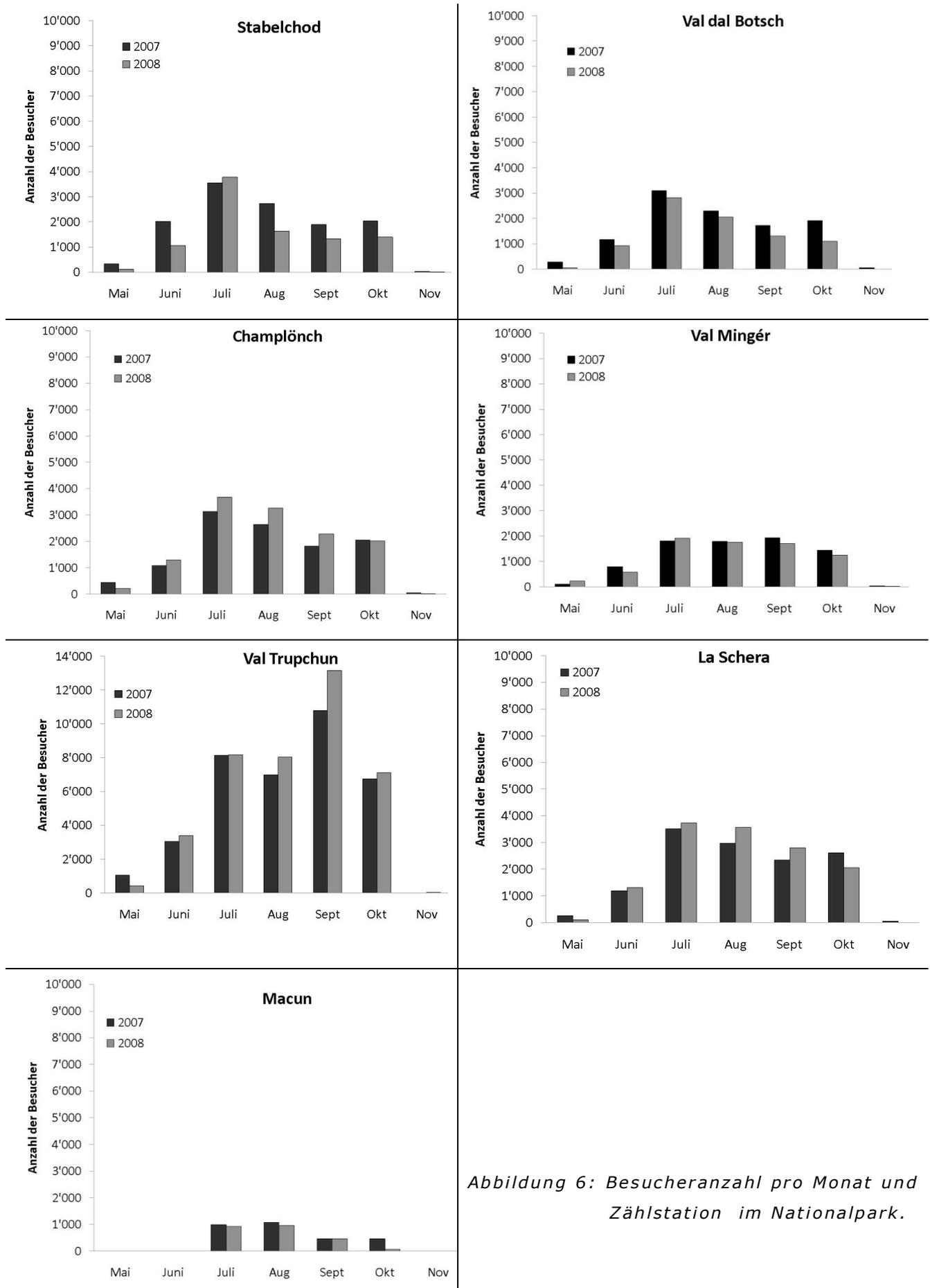


Abbildung 6: Besucheranzahl pro Monat und Zählstation im Nationalpark.

Die Besucherzahlen an Arbeitstagen stieg von 64'672 (68.7%) 2007 auf 69'142 (73.3%) 2008. An den Wochenenden wurde 2007 29'453 (31.3%) und 2008 25'128 (26.7%) Besucher gezählt (Abbildung 7).

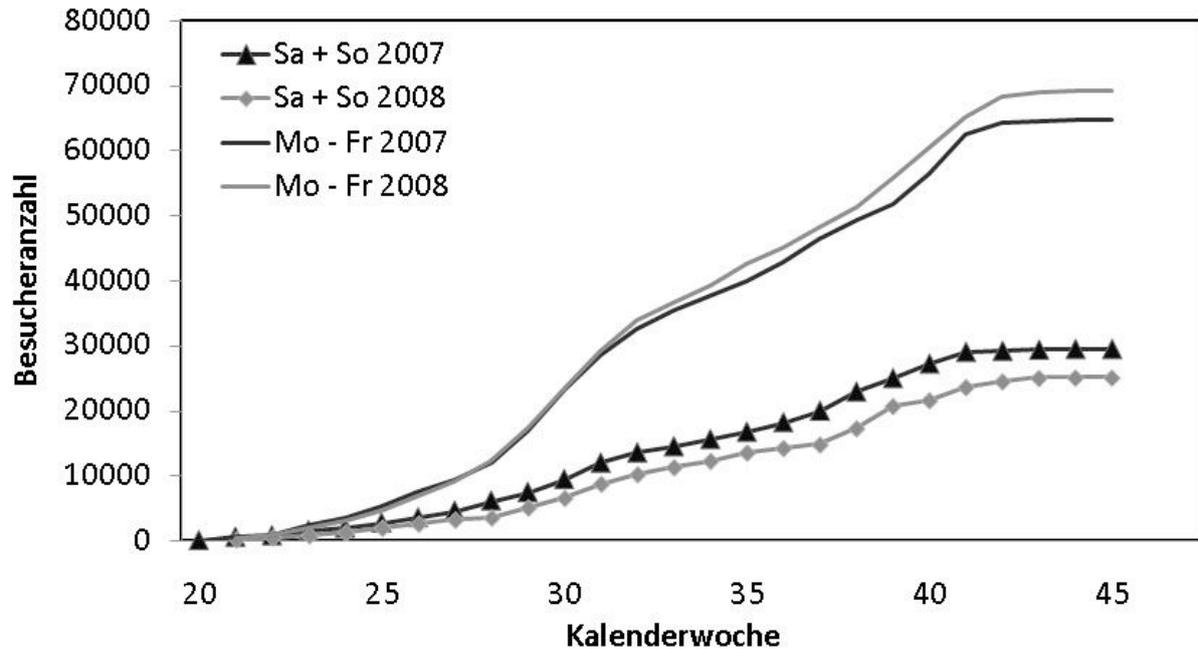


Abbildung 7: Besucherzahl an Wochenenden und unter der Woche.

Für die Auswertung der Tagesgänge der einzelnen Zählmatten wurden, aufgrund der grossen Unsicherheit bei der Kalibrierung von richtungsgetreuen Daten, die unkorrigierten Rohdaten verwendet (Rupf et al. 2007, S.33).

Auf Stabelchod tritt das tägliche Besuchermaximum um 11 Uhr auf, was mit einem Besucherstrom talwärts einhergeht. Im Val dal Botsch wird das Maximum mit einem Hauptteil an talwärts gerichtetem Besucherstrom gegen 14 Uhr gezählt. Im Val Mingèr kann ein sekundäres Maximum um 10 Uhr morgens und ein primäres um 15 Uhr nachmittags gemessen werden.

Im Val Trupchun tritt das Überschreitungsmaximum gegen 16 Uhr auf, also vor allem talabwärts. Ebenso in La Schera. Auf Champlönch um 10 Uhr in Richtung Park. Auf Macun aufgrund der Weglänge gegen 13 Uhr, ein technisches Problem verhindert die Auswertung der Gehrichtung (Abbildung 8).

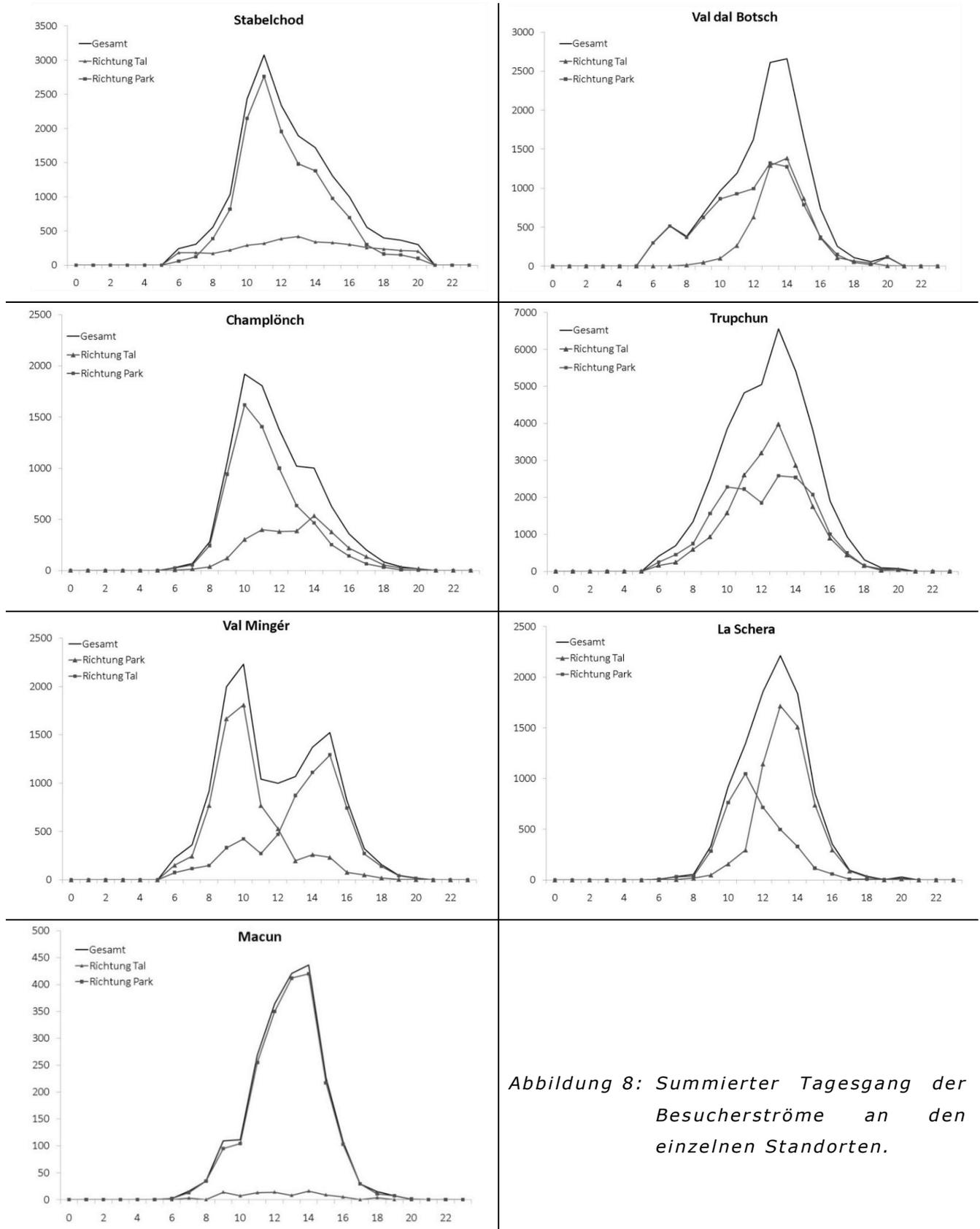


Abbildung 8: Summierter Tagesgang der Besucherströme an den einzelnen Standorten.

### 1.4.2 Szenarien

Im Mittel beträgt die durch die Zählsysteme gemessene Anzahl an Besucher 2007 94'138, maximal 106'178 und minimal 81'587. 2008 beträgt die maximale Anzahl Parkbesucher 106'803 und die minimale 81'508, im Mittel 94'273.

*Tabelle 6: Szenarien pro Standort und Jahr. Berechnet mit jeweils minimalem / maximalem Kalibrierungsfaktor und minimaler / maximaler Gewichtung.*

Jahr	Stabelchod		Val dal Botsch		Champlönch		Val Mingèr		Val Trupchun		La Schera		Macun	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>2007</b>	10762	14346	8883	10834	9409	12903	7022	8877	31835	41079	11057	14706	2619	3433
<b>2008</b>	8048	10728	7053	8602	10850	14879	6391	8645	35338	45598	11730	15602	2099	2750

### 1.4.3 Besucheraufkommen in nicht erfassten Gebieten

Um die Dunkelziffer des Besuchervorkommens in Gebieten ausserhalb des Einzugsgebietes der Zählstationen erfassen zu können, wurden Expertenschätzungen sowie die Übernachtungszahlen der Chamanna Clouzza herangezogen.

*Tabelle 7: Expertenschätzungen der nicht gezählten Besuchern (Rupf et al. 2007 S. 29).*

Teilgebiet	Besuchende
Alp Stabelchod	7'000
Spöltal	2'000
Murtaröl	2'000
Trupchun bis Purcher	3'000
Il Fuorn - Grimmels	4'000
Mot Tavrü	2'000
Tantermozza	1'000
Ova Fuorn	2'000
Total	23'000

Auf der Chamanna Clouzza sind von Juni bis Oktober Übernachtungen möglich. Dabei wird im Juli ein Maximum von 1'280 übernachteten Personen 2007, bzw. 1'342 2008 verbucht.

Die Anzahl der Übernachtungen betrug 2007 4'035 und stieg 2008 um 25 Übernachtungen auf 4'060. Diese geringe Zunahme entspricht der Tendenz der gezählten Besucher.

*Tabelle 8: Monatliche Übernachtungszahlen der Chamanna Cluozzas 2007 und 2008.*

<b>Monat</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Differenz</b>
Juni	256	198	-58
Juli	1'280	1'342	62
August	1'009	1'245	236
September	830	861	31
Oktober	660	414	-246
Gesamt	4'035	4'060	25

#### 1.4.4 Anzahl der Besucher im SNP

Addiert man die Expertenschätzungen, sowie die Übernachtungen der Cluozza Hütte mit zweifacher Gewichtung zu den Besucherzahlen, ergibt dies eine Gesamtergebnis 2007 von 125'208 und 2008 von 125'393 Besucher im Schweizerischen Nationalpark.

#### 1.4.5 Besucherzahlen im Besucherzentrum

Insgesamt besuchten im Zeitraum 02.06. – 31.12.2008 43'098 Besucher das Nationalparkzentrum. Darunter 26'072 Erwachsene, 4'103 Kinder, 3'779 Mitglieder einer Gruppe und 9'154 Familienmitglieder. Spitzentage waren der 13.07.2008 mit 621 und 23.09.2008 mit 593 regulär zahlenden Besuchern (Abbildung 9).

Im November und Dezember wird das Besucherzentrum an Wochenenden geschlossen.

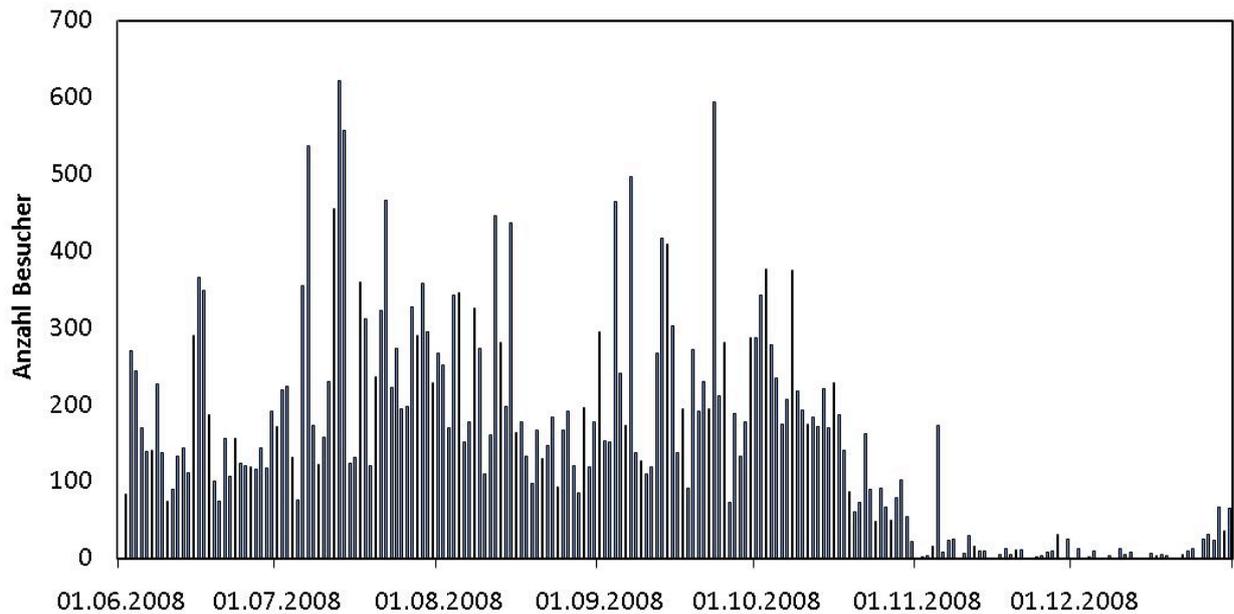


Abbildung 9: Täglicher Verlauf der Besucher im Nationalparkzentrum von Juni bis Dezember 2008.

## 2 Vergleich der Besucherzahlen im Schweizerischen Nationalparks mit Wetter und Witterung

### 2.1 Einführung

Die touristische Attraktivität des Engadins wird nicht nur durch die Landschaft, Flora und Fauna, sondern auch durch Wetter und Klima maßgeblich geprägt. Besonders für Aktivitäten im Freien und gesundheitliches Wohlbefinden sind Wetter und Klima wichtige Faktoren, welche Touristen anziehen, limitieren und deshalb beachtet werden müssen (Zaninovic, K. und A. Matzarakis 2009). Die bereitgestellte touristische Infrastruktur bildet eine strategische Grundlage für den Tourismus, das Wetter aber die Achillesferse. Werbeprospekte oder Wettervorhersagen beeinflussen das Verhalten des (potentiellen) Touristen, aber auch das Wetter vor Ort. So wird an freiwilligen Aktivitäten nur bei stimmenden Bedingungen teilgenommen, bei Diskomfort aber verzichtet.

Die Wirkung der atmosphärischen Bedingungen auf den Menschen kann in verschiedene Facetten eingeteilt werden: die thermische, die physikalische, wie

Schnee, Wind oder Niederschlag und die ästhetische Facette, zu welcher unter anderem Tageslänge, Sonnenscheindauer und Bewölkung zählen.

## **2.2 Zielsetzung**

Ziel dieser Auswertung ist einen Zusammenhang zwischen dem Wetter und dem Besucheraufkommen im Schweizerischen Nationalpark sowie dem Besucherzentrum aufzuzeigen. Dazu soll das thermische Umfeld des Menschen, Niederschlagsdauer und -frequenz, aber auch Schneefall und Schneedecke betrachtet werden.

## **2.3 Human-Biometeorologie und Thermophysiologie des Menschen**

Die human-biometeorologischen Wechselwirkungen mit dem Menschen können in den thermischen, aktinischen (UV-Strahlung) und lufthygienischen Wirkungskomplex gliedert werden (Helbig, A., Baumüller, J., Kerschgens, M. J. 1999).

Der menschliche Wärmehaushalt mit seiner thermoregulatorischen Mechanismen befindet sich mit der atmosphärischen Umwelt durch einen ständigen Austausch in einer engen Beziehung.

Um eine konstante Körperkerntemperatur von 37°C zu halten, melden Thermorezeptoren in Körperkern und -schale ihr thermisches Empfinden an das Zentrale Nervensystem und welches die Signale an den Hypothalamus, welcher auch selber die Bluttemperatur registriert. Bei steigenden Körpertemperaturen wird zur Kühlung die Durchblutung angekurbelt und die Schweißzellen aktiviert, bei negativen Temperaturabweichungen werden die Blutgefäße verengt und die Wärmeproduktion durch erhöhte Stoffwechselfunktion und Muskulaturaktivität gesteigert. Außerdem stellt die subkutane Fettschicht eine Isolationsschicht gegenüber der Umwelt da. Während Ruhephasen erzeugen Gehirn und Organe 70% der Gesamtwärme, welche bei Aktivitäten durch muskuläre Wärmeproduktion übertroffen werden kann.

Der Wärmeaustausch zwischen Mensch und Umgebung erfolgt durch Wind- oder Wasserströmung beeinflusste Konvektion, Verdunstung von z.B. Schweiß oder durch Strahlung. Im Körperinneren ereignet sich der Wärmetransport durch Konduktion und Konvektion.

Das thermische Empfinden eines Menschen wird durch die integrale Wirkung von Lufttemperatur, Dampfdruck, Windgeschwindigkeit, kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse geprägt. Um das Spektrum der das thermische Empfinden des Menschen beeinflussender Faktoren abzudecken, werden Energiebilanzmodelle, und zur anschließenden Bewertung thermophysiologische Bewertungsindizes angewendet (Abbildung 10).

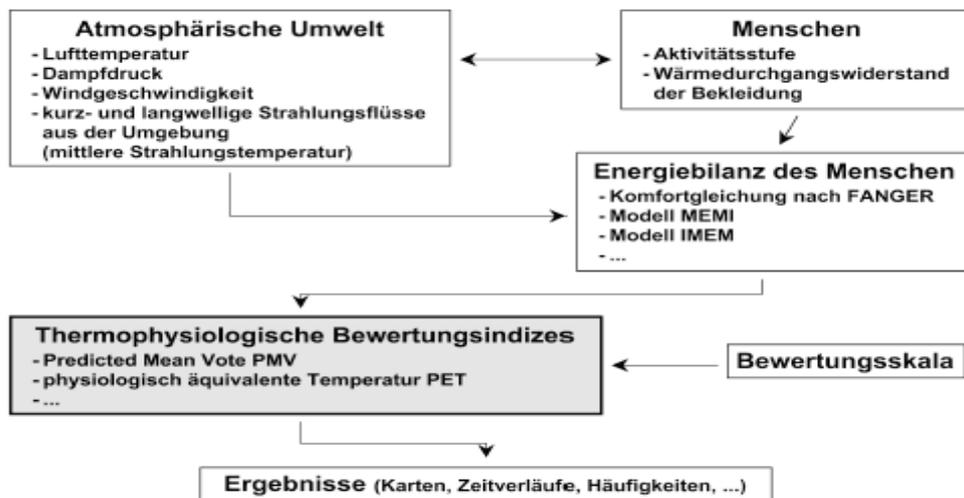


Abbildung 10: Human-biometeorologische Bewertung der thermischen Komponente des Klimas (Amelung B., Blazejczyk K., Matzarakis A., 2007, verändert)

### 2.3.1 Die menschliche Energiebilanz

Die Energiebilanz des Menschen bildet dabei gemäss der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2 Teil 1 die Grundlage dieser Berechnungen:

$$0 = M + W + R_N + Q_H + Q_L + Q_{Sw} + Q_{Re}$$

(Gl.1)

- mit
- M: Gesamtenergieumsatz (metabolische Rate)
  - W: Energieumsatz infolge mechanischer Leistung
  - $R_N$ : Strahlungsbilanz
  - $Q_H$ : turbulenter Fluss fühlbarer Wärme
  - $Q_L$ : sensibler Fluss latenter Wärme durch Wasserdampfdiffusion
  - $Q_{Sw}$ : turbulenter Fluss latenter Wärme durch Verdunstung von Schweiß
  - $Q_{Re}$ : Energieumsatz infolge von Erwärmung und Wasserdampfsättigung der Atemluft

Die Einheit aller Flüsse ist Leistung (W), die Vorzeichen sind positiv, wenn sie zum Energiegewinn des Körpers führen, Energieverluste werden mit negativem Vorzeichen gekennzeichnet. Entsprechend dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik müssen sich pro Zeiteinheit die aufgenommenen und abgegebenen Energiemengen ausgleichen.

### 2.3.2 Human-Biometeorologische Modelle MEMI und PET

Das Münchner- Energiebilanzmodell für Individuen MEMI wurde für Innenraumbedingungen entwickelt. Reale Werte der Hauttemperatur und der Schweißrate, welche sowohl durch die mittlere Hauttemperatur  $T_{sk}$  als auch durch die Kerntemperatur  $T_c$  berechnet wird, fließen in das Modell ein. Die Hitzeflüsse werden separat für bekleidete und unbekleidete Körperteile berechnet. Alter und Geschlecht werden bei der Berechnung der metabolischen Rate beachtet (Mayer, H. und P.Höppe 1987).

Zur Quantifizierung wird zusätzlich zur Energiebilanz (Gl.1) der Wärmefluss vom Körperkern zur Haut  $F_{cs}$  (Gl. 2) und der Wärmefluss von der Hautoberfläche durch den Wärmedurchgangswiderstand der Kleidung  $i_{cl}$  ( $K m^2/W$ ) zur Oberfläche (Gl. 3) berechnet (Höppe 1999).

$$F_{cs} = v_b \cdot \rho_b \cdot c_b \cdot (T_c - T_{sk}) \quad (\text{Gl. 2})$$

mit

$v_b$	Blutfluss vom Körperinneren zur Haut ( $l/s^1 m^2$ )
$\rho_b$	Blutdichte ( $kg/l$ )
$c_b$	spezifische Wärme

$$F_{sc} = \frac{1}{i_{cl}} \cdot (T_{sk} - T_{cl}) \quad (\text{Gl. 3})$$

Das Modell MEMI bildet die Grundlage für den thermischen Indize Physiologisch Äquivalente Temperatur PET. Zuerst werden mit dem Modell MEMI die mittleren Hauttemperatur und Kerntemperatur des Menschen unter den gegebenen atmosphärischen Situation ausgerechnet, um danach diese berechneten Werte, sowie die festgelegten Parameter für das Innenraumklima in die Gleichungen 1 und 3 einzusetzen, welche wiederum nach der Lufttemperatur aufgelöst werden.

Als Innenraumbedingungen wurde angenommen, dass die Strahlungstemperatur dieselbe wie die Lufttemperatur ist, die Windgeschwindigkeit 0.1 m/s und der Wasserdampfdruck 12 hPa bei  $T_a = 20^\circ C$  und  $RH = 50\%$  beträgt. Konstanten bilden der Wärmedurchgangswiderstand der Kleidung (0.9 clo) und die metabolische Umsatzrate ( $80 W/m^2$ ).

Damit wird das vorherrschende Bioklima in äquivalente Innenraumbedingungen verlagert, unter welchen dieselbe Haut- und Kerntemperatur des Menschen und seine Schweißrate wie im Freien zu erwarten sind und die Energiebilanzgleichung ausgeglichen ist (Mayer, H. und P.Höppe 1987).

Ein Vorteil des Indizes PET ist seine Einheit Grad Celsius. Außerdem ist es für den Leser kein Problem, sich etwas unter einer Raumtemperatur von  $20^\circ C$  oder  $4^\circ C$  und seinem jeweiligen thermischen Empfinden vorzustellen (Tabelle 9). Dadurch

ist der Indize für die Öffentlichkeit leichter zugänglich (Matzarakis, A. et al. 1999).

*Tabelle 9: Zuordnung der PET Intervalle zum thermischen Empfinden und der thermophysiological Belastungsstufe von Menschen bezogen auf eine metabolische Rate von 80 W und Wärmedurchgangswiderstand der Bekleidung von 0.9 clo. (Mayer, H. und A. Matzarakis 1999)*

<b>PET</b>	<b>Temperaturintervall (°C)</b>	<b>Thermisches Empfinden</b>	<b>Thermophysiological Belastungsstufe</b>
-10 °C	<= -10	max. negative PET	
0 °C	-10 - 0	extrem kalt	extreme Kältebelastung
4 °C	0 - 4	sehr kalt	starke Kältebelastung
8 °C	4 - 8	kühl	mässige Kältebelastung
13 °C	8 - 13	leicht kühl	schwache Kältebelastung
18 °C	13 - 18	behaglich	keine thermische Belastung
23 °C	18 - 23	leicht warm	schwache Wärmebelastung
29 °C	23 - 29	warm	mässige Wärmebelastung
35 °C	29 - 35	heiss	starke Wärmebelastung
41 °C	35 - 41	sehr heiss	extreme Wärmebelastung

## **2.4 Methode**

### **2.4.1 Das Modell RayMan**

Das am Meteorologischen Institut in Freiburg entwickelte Strahlungs- und Bioklimamodell RayMan (radiation on the human body) ermöglicht die Modellierung der mittlere Strahlungstemperatur in urbanen Strukturen und die Berechnung thermischer Indizes, wie der Physiologisch Äquivalente Temperatur PET (Matzarakis et al. 2009).

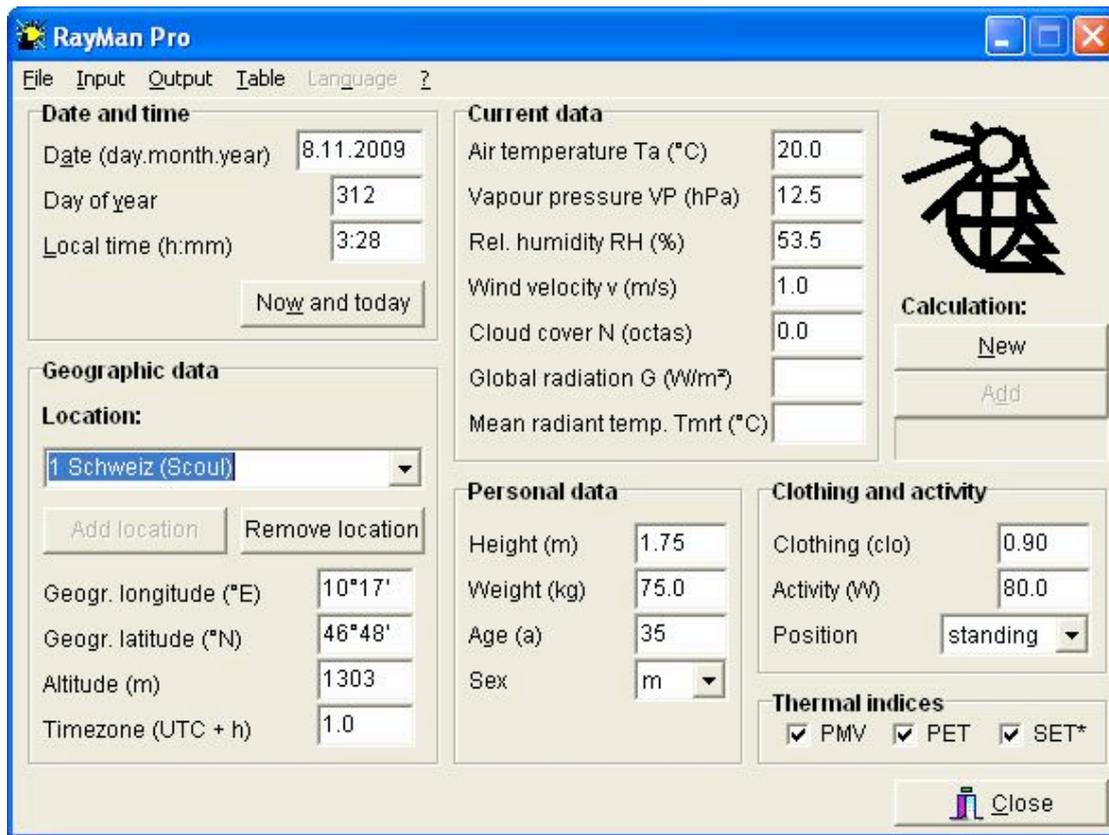


Abbildung 11: Eingabefelder in RayMan

Den notwendigen meteorologischen Eingangsparameter Lufttemperatur, Dampfdruck, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung könne als *ASCII-file*, Ortsangaben, wie geographische Länge und Breite, Höhe über NN und Zeitzone anhand eines *location-files* eingelesen werden.

Als Standard wird für die Albedo 20% und für das Bowen -Verhältnis 0.5 angegeben.

Die Norm-Mensch ist 1,75 m groß, 75 kg schwer, 35 Jahre alt, männlich, hat einen Grundumsatz von 80 W und seine Kleidung, ein leichter Anzug, einen Wärmedurchgangswiderstand von 0.8 clo.

In das Modell können auch Abschattung, Hindernisse, Sky view factor, sowie beliebige Strukturen eingegeben werden, welche das Strahlungsumfeld des Menschen modifizieren.

## 2.4.2 Datengrundlagen

Zur Berechnung der PET mit Hilfe der Software RayMan werden Messdaten der MeteoSchweiz Stationen Buffalora, Scuol, Sils Maria herangezogen. Von den Stationen Buffalora und Scuol konnten die Parameter Temperatur, Dampfdruck, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung zur Berechnung der PET für 14 Uhr verwendet werden. Für Sils Maria wird PET anhand Lufttemperatur, Relativer Feuchte, Windgeschwindigkeit und Bewölkung für 12 Uhr berechnet. Die Daten werden als ASCII-file in das Modell RayMan eingelesen.

## 2.5 Resultate

### 2.5.1 Wetter und Witterung 2007 und 2008

2007 wurde an der MeteoSchweiz Station Buffalora eine mittlere Lufttemperatur  $T_a$  von  $1.5^{\circ}\text{C}$  gemessen, welche somit  $1.2^{\circ}\text{C}$  über dem langjährigen Mittel der Klimanormalperiode 1961-90 lag. Die Niederschlagssumme lag dagegen mit 583 mm 300 mm unter dem langjährigen Mittel. Seit Beginn der Niederschlagsmessungen auf Buffalora 1917 konnten nur zwei trockenere Jahre gemessen werden. 54% der Jahresniederschlagssumme fiel im Sommer. Vor allem die Monate April, Oktober und Dezember waren mit 6,7, 7,1 und 3,2 mm Niederschlag sehr trocken.

Im Jahr 2008 war die  $T_a$  mit  $1.3^{\circ}\text{C}$  etwas kühler und es konnten 1013 mm Niederschlag gemessen werden, wobei alleine 412 mm in den Monaten Juni bis August fielen. Auch der Herbst war mit 286 mm Niederschlag 70 mm nasser als im langjährigen Mittel.

### 2.5.2 Physiologisch Äquivalente Temperatur

Die mittlere PET im Zeitraum 20.Mai bis 20.November betrug in Buffalora 2007  $11.2^{\circ}\text{C}$  und  $12.1^{\circ}\text{C}$  2008. Die maximale und minimale PET im selben Zeitraum in diesen zwei Jahren war  $31.8^{\circ}\text{C}/38.1^{\circ}\text{C}$  2007 bzw.  $-14.4^{\circ}\text{C}/-9.3^{\circ}\text{C}$  2008.

Die mittlere PET in Scuol beträgt 2007  $19^{\circ}\text{C}$ , 2008  $19.5^{\circ}\text{C}$ , die Spannweite reicht von  $-11^{\circ}\text{C}/-4^{\circ}\text{C}$  PET bis maximal  $47.3^{\circ}\text{C}/45.7^{\circ}\text{C}$ .

### 2.5.3 Niederschlag und Schnee

2008 lag im Frühjahr länger Schnee und der Winter begann auch früher als im Jahr 2007. So konnte an der MeteoSchweiz Station Sils Maria bis am 03.05.2008 durchgängig Schnee gemessen werden, 2007 nur bis am 06.04.. Auf dem Passo del Bernina lag eine durchgehende Schneedecke im Jahr 2008 bis am 6.6., wo hingegen im Jahr zuvor bereits am 20.4. Lücken festgestellt wurden. Zudem

schneite es 2008 bereits wieder anfangs Oktober, während im Jahr 2007 der erste Schnee am 9.11. fiel.

*Tabelle 10: Beginn und Ende der durchgängigen Schneedecke, Wintereinbrüche, gemessene Schneehöhe an den Wetterstationen Samedan, Santa Maria, Sils Maria und Passo del Bernina in den Jahren 2007 und 2008.*

<b>Ort/ Jahr</b>	<b>Letzter Tag einer durchgängigen Schneedecke</b>	<b>Tage mit Schneefall zwischen erstem und letztem Tag mit durchgängiger Schneedecke</b>	<b>Beginn einer durchgängi- gen Schneedecke</b>
<b>Samedan</b>			
2007	05.04.2007	29.05.07, 05.09.07, 26.09.07, 20.10.07, 31.10.07	09.11.2007
2008	27.04.2008	01.05.08, 18.05.08, 04.10.08, 31.10.08	31.10.2008
<b>Sta. Maria</b>			
2007	09.03.2007	09.03.07 19.03.-04.04.07	10.11.2007
2008	30.03.2008	03.04.-15.04.08 31.10.08, 13.11.08	22.11.2008
<b>Sils Maria</b>			
2007	05.04.2007	29.05.07, 26.09.07, 20.10., 25.10.	10.11.2007
2008	03.05.2008	04.10.08, 30.10.08	12.11.2008
<b>Passo del Bernina</b>			
2007	20.04.2007	29.05.2007	09.11.2007
2008	06.06.2008	14.07.08, 24.09.08 4.10.-7.10.08	28.10.2008

## 2.5.4 Vergleich Besucherzahlen mit dem Wetter und der Witterung

Die längere Schneedecke im Mai und Juni, sowie der etwas frühere Wintereinbruch im Oktober und November 2008 (Tabelle 10) verhinderte die Zugänglichkeit in den SNP, womit die geringeren Besucherzahlen in diesen Monaten erklärt werden können. Zu beobachten ist, dass die Besuchermaxima im Juli und im Herbst zeitgleich mit Schönwetterperioden mit geringen Niederschlagsmengen und höheren Temperaturen auftreten (Abbildung 12 und 13). Das jährlich zu verzeichnende Besucherminimum im August fällt mit gehäuftem Auftreten von Niederschlagsereignissen zusammen.

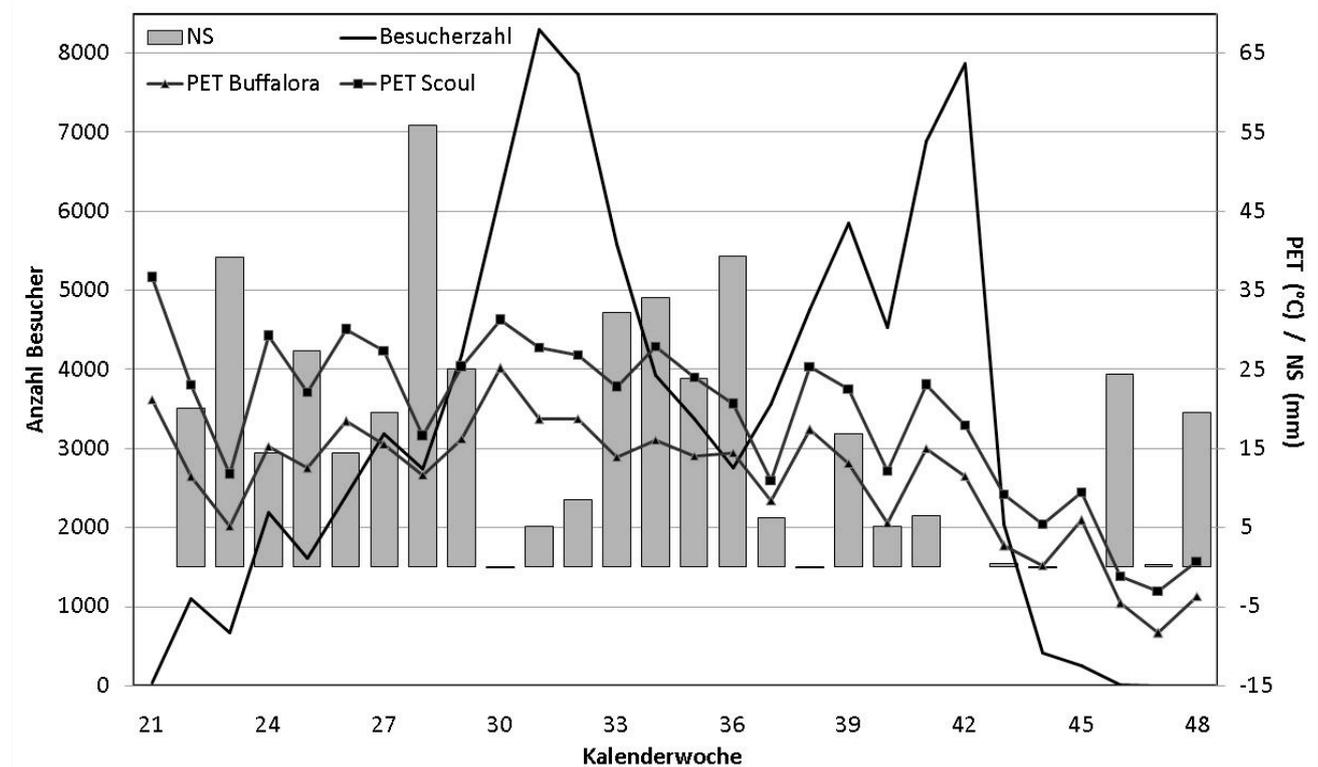


Abbildung 12: Summe der wöchentlichen Besucherzahlen und Niederschlagssumme der Station Buffalora und PET, berechnet mit den Messwerten der Stationen Buffalora und Scuol für die Kalenderwochen 21 bis 48 2007.

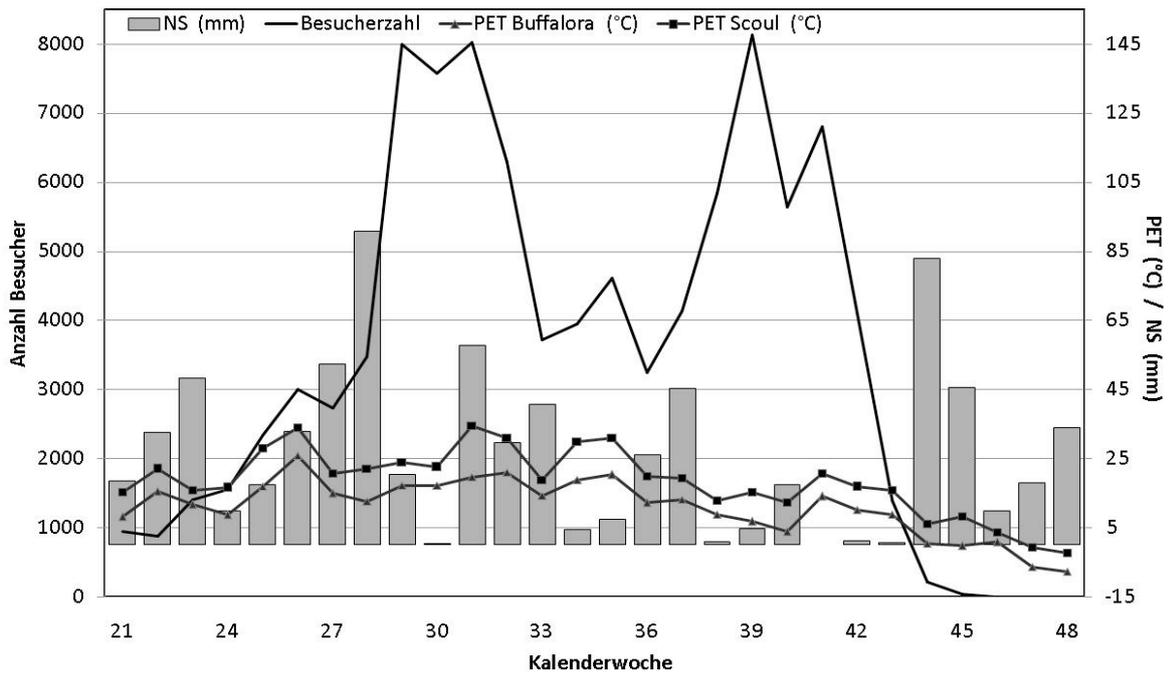


Abbildung 13: Summe der wöchentlichen Besucherzahlen, Niederschlagssumme der Station Buffalora und PET, berechnet mit den Messwerten der Stationen Buffalora und Scoul für die Kalenderwochen 21 bis 48 2008.

Im Val Trupchun sind ebenfalls zwei Besuchermaxima zu erkennen. Das sekundäre Besuchermaximum liegt im niederschlagsarmen Juli und das primäre Maximum tritt während niederschlagsarmen Septemberwochen, der Zeit der Hirschbrunft auf. Des Weiteren ist zu sehen, dass die Besucherzahlen an trockenen Tagen während einer Regenperiode nicht zwingend ansteigen.

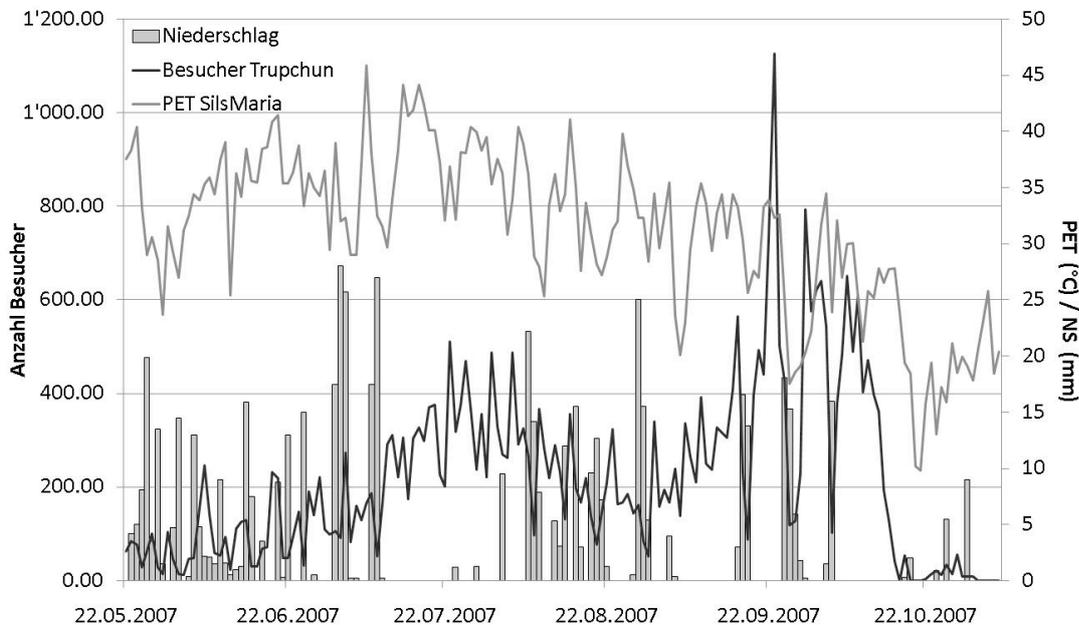


Abbildung 14: Vergleich der PET und der Tagesniederschlagssumme der Station Sils Maria mit den Besucherzahlen von Trupchun im Jahr 2007.

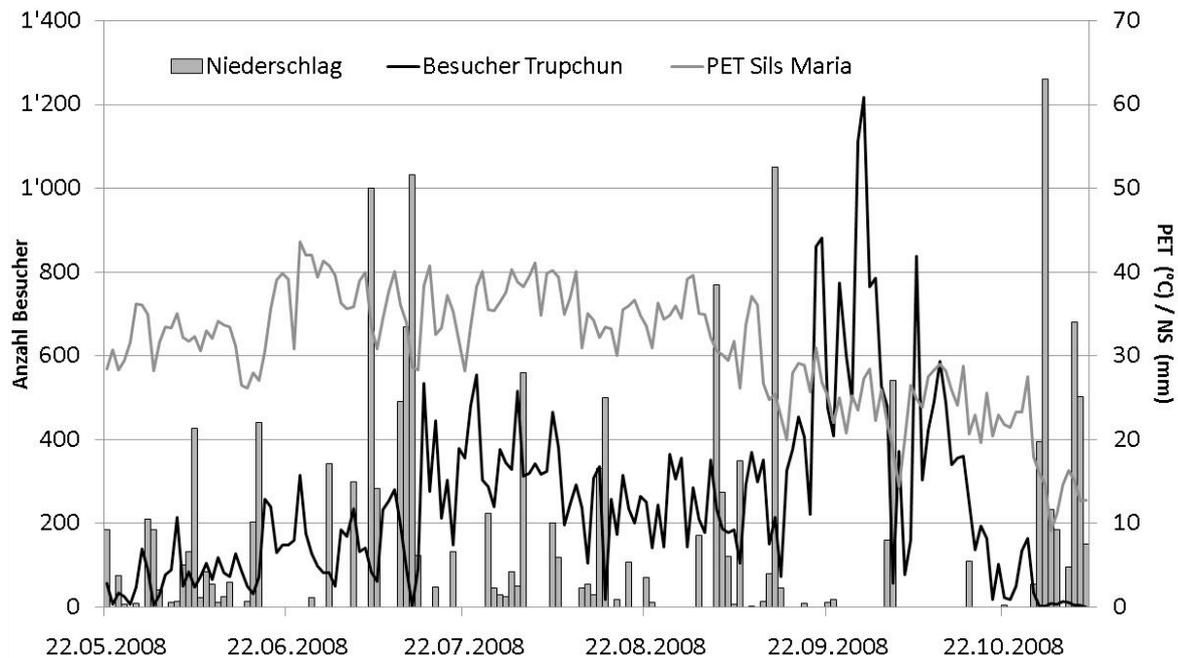


Abbildung 15: Vergleich der PET und der Tagesniederschlagssumme der Station Sils Maria mit den Besucherzahlen von Trupchun im Jahr 2008.

Einen Zusammenhang ist zwischen Niederschlag, Parkbesuchern und Besuchern des Besucherzentrums zu erkennen (Abbildung 17). Bei Niederschlag ist meistens einen Einbruch der Parkbesucher aber einen Anstieg der Anzahl der Museumsbesucher zu erkennen. So werden an regnerischen Tagen (NS > 1 mm) durchschnittlich 236 Besucher und an trockenen Tagen (NS < 0.9 mm) nur 164 Personen im Museum gezählt.

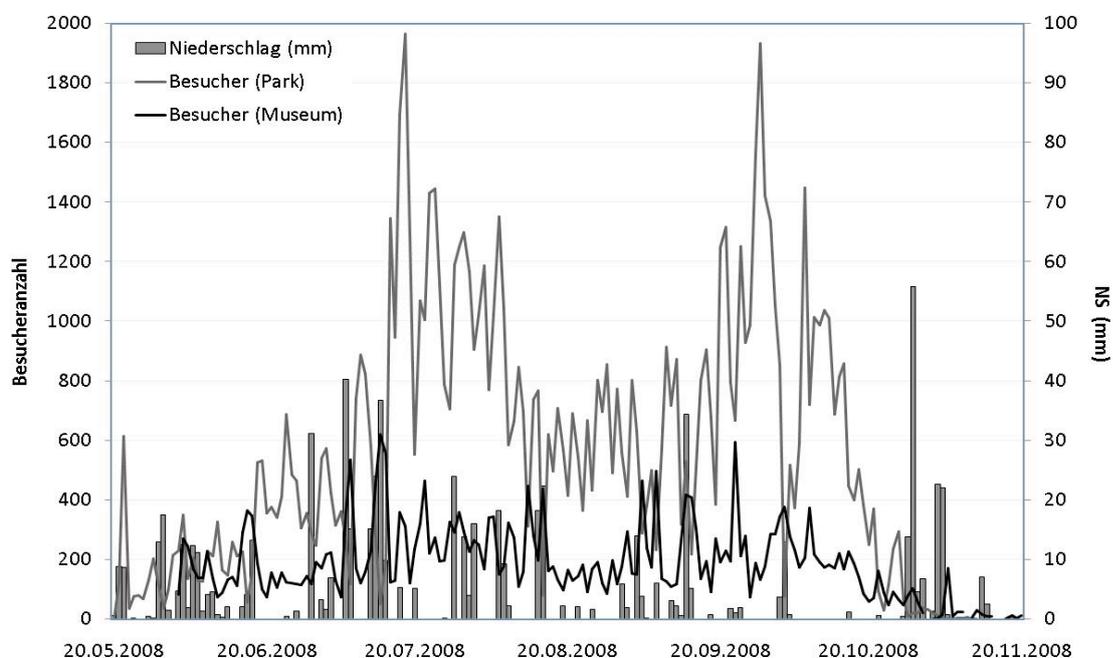


Abbildung 16: Niederschlag, Besucher des SNP sowie des Besucherzentrums im Jahr 2008.

Ist trotz Niederschlagsereignis keine oder kaum ein Abfall der Parkbesucher zu erkennen, so liegt das allein daran, dass es erst am Nachmittag oder Abend regnete (Tabelle 12).

*Tabelle 11: Niederschlagszeitpunkt und -menge an Tagen mit vielen Parkbesuchern trotz Niederschlagsereignissen. Nummerierung in den Abbildungen 17 und 18.*

<b>Nr.</b>	<b>Datum</b>	<b>Zeitpunkt des Niederschlagszeitpunkt und Niederschlagsmenge</b>
1	14.06.2007	leichter Niederschlag ab 11 Uhr
2	01.07.2007	leichter Niederschlag <1mm/h, 15-17 Uhr stärker
3	08.07.2007	leichter Niederschlag um 15 Uhr, abends 2.4 mm
4	29.08.2007	leichter Niederschlag bis 9 Uhr, von 16-18
5	22.05.2008	Niederschlag ab 20 Uhr
6	03.06.2008	Niederschlag bis 6 Uhr morgens und ab 19 Uhr
7	02.07.2008	14 Uhr 1mm und abendlicher Niederschlag
8	03.07.2008	ab 15 Uhr Niederschlag
9	17.07.2008	1mm Niederschlag 9-11 Uhr, 13-18 Uhr mit Max. um 15 Uhr 2.8 mm
10	28.07.2008	15 - 16 Uhr 8.7 mm Niederschlag
11	30.07.2008	16-18 Uhr 13.7 mm Niederschlag
12	06.08.2008	ab 16 Uhr 11.9 mm Niederschlag
13	13.09.2008	8-13 Uhr, mit Maximum 8.3mm zw. 12-13 Uhr, 15-20 Uhr Niederschlag

## **3 Schlussfolgerung**

### **3.1 Monatliche Besucherzahlen**

Schneemenge und Lawinengefahr modifizieren die Besucherzahlen im Frühjahr. So lag 2007 bis am 06.04. eine geschlossene Schneedecke in Samedan und bis am 20.04. auf dem Passo del Bernina, 2008 dauerte diese aber bis 27.04. in Samedan oder 06.06. auf dem Passo del Bernina. So waren alle Wanderwege ausser die Touren über Fuorcla Val Sassa, Piz Quattervals und Macun 2007 schon am 26. Mai offen, 2008 aber erst ab dem 20. Juni, womit auch die geringeren Besucherzahlen im Monat Mai 2008 zu erklären wären. Zudem waren die Feiertage Christi Himmelfahrt und Pfingsten 2008 im Gegensatz zu 2007 so früh gelegen, dass noch keine Parkbesuche möglich waren. Die Temperatur im Juni 2007 fiel im Engadin 3°C wärmer und der Niederschlag geringer als im langjährigen Mittel (Klimanormalperiode 1961-90) aus, ebenso der Juni 2008, allerdings sorgte eine ausgeprägte „Schafskälte“ von 13.-16. Juni für Abkühlung und Schnee in höheren Lagen. Das regenreichere und kältere Wetter im Juni 2008 geht wiederum einher mit geringeren Besucherzahlen.

Von Juli bis September besuchten 2008 trotz schlechteren Wetterbedingungen im Juli und September mehr Wanderer den Nationalpark als 2007. So war die PET im Juli und September 2007 höher und gleichzeitig fiel in diesen Monaten 2008 mehr Niederschlag. Nur im August waren die Bedingungen 2008 im Vergleich zum Vorjahr günstiger.

Oktober und Anfang November 2007 waren sehr niederschlagsarm und überdurchschnittlich warm. Ab dem 18.10.2007 kam es dann zu einem polaren Kaltlufteinbruch und schwachem Schneefall. Ab dem 10.11.2007 lag dann über dem ganzen Nationalpark eine Schneedecke, womit die Wandersaison beendet wurde.

2008 begann der Oktober mit nasskaltem Wetter, so fiel in Sils Maria am 4.10.2008 10 cm Schnee. Darauf folgte eine wärmere Periode, welche Ende Oktober erneut vom Schneefall abgelöst wurde. Mit diesen früheren Wintereinbrüchen lässt sich das Besucherdefizit 2008 im Vergleich zu 2007 erklären.

### **3.2 Tägliches Besucheraufkommen**

Längere Regenperioden schwächen das Besucheraufkommen stärker ab, als einzelne Tage mit Niederschlag. Dabei beeinflusst Niederschlag am Morgen die Besucherzahlen stärker, während bei Regen am Nachmittag oder nur leichte

Niederschläge unter 1 mm in der Stunde nur geringe Einbussen verzeichnet werden können (Tabelle 10, Abbildung 18 und 19).

Sehr deutlich ist auch die Beziehung zwischen Niederschlagsereignis und den Besucherzahlen im Nationalparkzentrum (Abbildung 18), welche an Regentagen deutlich über dem Durchschnitt liegen.

Wetter und Witterung beeinflussen die Anzahl an Parkbesuchern im Sommer auf Tagesebene, im Frühjahr und Herbst unter anderem aufgrund der Wegbegehbarkeit auch über längere Dauer. Hier muss jedoch deutlich gemacht werden, dass Niederschlagsereignisse unter Beachtung von Zeitpunkt, Dauer und Menge einen grösseren Einfluss auf die Besucherzahlen als die PET hat.

Allerdings können die Besucherzahlen nicht allein mit dem Wetter erklärt werden, so spielen Ferien, Pfingsten und Auffahrt oder Attraktionen wie Bartgeieraussetzung oder die Hirschbrunft eine wichtige Rolle. So konnten beispielsweise aufgrund der Attraktion der Hirschbrunft im Val Trupchun in den Monaten September und Oktober trotz geringerer Temperaturen über 10 000 Besucher in diesen Monaten verzeichnet werden.

Der Rückgang im Gebiet Stabelchod und Val dal Botsch von 12'494 auf 9'343 und von 10'451 auf 8'298 lässt sich mit der Bartgeieraussetzung 2007 erklären. Am Tag der Bartgeieraussetzung waren über 300 Schaulustige vor Ort und auch danach lockte die Anwesenheit von Bartgeier und die Möglichkeit diese beobachten zu können Besucher in das Gebiet.

Trotz des ungünstigeren Wetters 2008 blieben die Besucherzahlen im SNP konstant. Man kann davon ausgehen, dass das Wetter 2008 ein Anstieg der Besucherzahlen verhindert hat.

## 4 Literatur

Amelung B., Blazejczyk K., Matzarakis A., 2007: Climate Change and Tourism – Assessment and Coping Strategies. Maastricht – Warsaw – Freiburg. ISBN: 978-00-023716-4. S. 53-62

<http://www.eco-compteur.com/Akustischer-Plattensensor.html?wpid=25159>

(Stand Juni 2009)

Fanger, P.O. (1972): Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill, New York.

Helbig, A., Baumüller, J., Kerschgens, M. J. (1999): Stadtklima und Luftreinhalteung. Springer Verlag, Berlin. 2. Auflage. S. 129-143.

Höppe, P. (1993): Heat balance modelling. In: Experientia 49. S. 741-746.

Höppe, P. (1999): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. In: Int. J. Biometeorol. 42. S.71-75.

Koppe, Ch., Jendritzky, G., Pfaff, G. (2003): Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. In Deutscher Wetterdienst (2003): Klimastatusbericht 2003. S.152-154

Matzarakis, A, Mayer, H. und Rutz, F. (2009): Modell RayMan

<http://www.urbanclimate.net/rayman/index.htm> (Stand. Mai 2009)

Matzarakis, A., Mayer, H. (1996): Another Kind of Environmental Strada: The NEWSLETTER No. 18. WHO Colloborating Centre for Air Quality Managemnent. Pollution Control. S. 7-10

Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M. (1999): Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. Int. J. Biometeor 43. S. 76-84

Mayer, H., Matzarakis, A. (1999): Umweltsimulation. Methodik, Anwendung, Nutzen. Die Richtlinie VDI 3787 Blatt 2. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima. Tagung mit fachlicher Unterstützung durch GUS

Gesellschaft für Umweltsimulation 29./30.09.1999 Düsseldorf. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. Band 31. S. 53-62

Mayer, H. und P. Höppe (1987): Thermal Comfort of Man in Different Urban Environments. In Theoretical and applied Climatology. Nr. 38. Springer Verlag. S.43-49.

Koch, E., Marktl, W., Matzarakis, A., Nefzger, H., Rudel, E., Schunder-Tatzber, S., Zygmuntowski, M. (2004): Klimatherapie in Österreich. Potentiale der Klimatherapie in Österreich.

<http://www.zamg.ac.at/forschung/klimatologie/bioklima/active/>

Rupf, R., Wernli, M., Haller, D., Haller, R., Campell, S., Filli, F., Mühlenthaler, Ch. (2007): Besuchermonitoring Schweizerischer Nationalpark. Schlussbericht Besucherzählung 2007. 69 S.

Statistisches Bundesamt Deutschland (2005): Gesundheitsrelevantes Verhalten. Körpermass nach Altersgruppen. Ergebnisse des Mikrozensus 2005. <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Gesundheit/GesundheitszustandRisiken/Tabellen/Content50/Koerpermasse,templateId=renderPrint.psml> (Stand Mai 2009)

VDI (1998): VDI- Richtlinie 3781. Blatt 2. 29 S.

Zaninovic, K. und A. Matzarakis (2009): The bioclimatological leaflet as a means conveying climatological information to tourists and the tourism industry. In: Int J Biometeorology (2009) 53. S.369-374.

# Anhang Teil 1

## Anhang 1-1: Beschreibung der eingesetzten Zählsysteme

Die folgende Beschreibung der Zählsysteme ist von der Herstellerfirma und kann unter <http://www.eco-compteur.com> eingesehen werden.

„Die Referenz für Zählsysteme im Außeneinsatz“

# Akustischer Plattensensor

Präzise, unsichtbar und störungsunempfindlich, so ist das populärste Modell der Produktpalette.

### Funktionsweise

Die unterirdisch verlegten Plattensensoren reagieren auf Druckunterschiede, die durch darüber laufende Fußgänger ausgelöst werden. Eine interne Messlogik sorgt dafür, dass eine Person trotz mehrmaligen Auftretens nicht mehrfach gezählt wird. Bei breiten Wegen können mehrere Platten nebeneinander eingebaut werden. Somit werden alle Passanten erfasst. Die Messgenauigkeit liegt bei  $\pm 95\%$ .

- Auf breiteren Wegen bis zu 12 m können im Abstand von jeweils 10cm mehrere Platten nebeneinander eingebaut und separat mit dem Zähler verbunden werden. Dies ermöglicht die gleichzeitige Zählung mehrerer Passanten. Die Platten werden zwischen natürlichen oder aufgestellten Hindernissen installiert, um dadurch den Laufweg über die Plattensensoren zu führen.
- Zur Erfassung der Laufrichtung können die Platten in zwei Reihen parallel zueinander eingebaut werden.

### Anwendungsbereiche

Alle Bodentypen, ausgenommen felsiger Untergrund und stark erodierte Böden:

- Wanderwege
- öffentliche Parks und Gärten
- Gehwege
- Bürgersteige, asphaltierte Wege

## Die technischen Spezifikationen der Plattensensor

### > Größe:

Länge = 60cm  
Breite = 50cm  
Dicke = 1,6cm

### > Gewicht:

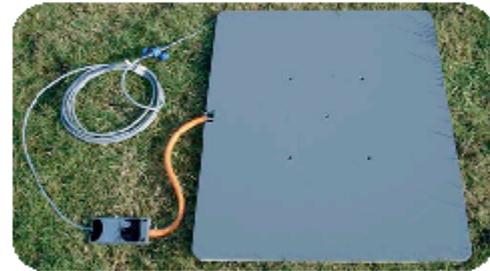
4,5kg

### > Material:

Hartplastik mit Silikonabdichtung und Messingdüse (Schlauchabschluss)

### > Batterielevensdauer:

10 Jahre



## Messgenauigkeit

+/- 5%, abhängig von der Installation

## Einstellungen

Die Sensitivität der Sensoren und die Timer sind vom Hersteller voreingestellt. In speziellen Fällen können die Einstellungen vor Ort mit dem PDA verändert werden.

## Sensitivität

Personen ab 10kg werden registriert.

## Installation

Je nach Untergrundbeschaffenheit dauert die Installation pro Sensorplatte zwischen 30 Minuten und einer Stunde.

## Bodenpräparierung

Schaufeln Sie für die Platte ein Loch in 5 bis 10cm Tiefe und legen Sie die Platte hinein. Danach wird das Loch mit dem Original-Material wieder zu geschaufelt. Bitte stellen Sie sicher, dass keine scharfen Steine die Platte oder den Verbindungsschlauch berühren.

## Ein System beinhaltet

Eine oder mehrere Platten, Signalumwandler, Verbindungsschläuche, 4m Kabel mit wasserdichtem Stecker und das Eco-Pilot oder Eco-Twin-Zählgerät

## Zusätzliche Produkte

- Asphalt-Kit: eine Asphalt-Spezialmischung zur Gewährleistung der zur Zählung nötigen Elastizität des Bodens
- Bienenwabenschicht: Eine an die Platte geleimte Schicht zur Stabilisierung bei erodierten Böden
- Bewegliche Platte: Ein Gelenkstück wird an der Platte zur Installation unter Beton und zur Bewahrung der Elastizität befestigt.

## Installationsbeispiele für akustische Plattensensoren



Eco-counter - 4 rue Charles Bourseul - 22300 Lannion France  
Tel: + 33 2 96 50 81 28  
Email: eco-compteur@eco-compteur.com - Web: www.eco-compteur.com



## Anhang 1-2: Beschreibung der Zählstandorte

<b>Val Stabelchod unten</b>
<b>Systemnummer: 1</b>
<b>CH Koordinatensystem: N 814619    E 172357</b>
<b>Standortbeschreibung:</b> Das Zählsystem befindet sich auf dem befestigten Wegabschnitt vor der Brücke (talaufwärts gesehen). Der Logger ist unter Felsblöcken oberhalb des Weges versteckt
<b>Foto</b>


## STABELCHOD OBEN

**Systemnummer: 2**

**CH Koordinatensystem: N 814682    E 172390**

### **Standortbeschreibung:**

**Das Zählsystem befindet sich nach der Brücke und dem Zickzackweg, am Ende des schmalen Wegabschnitts. Der Logger befindet sich rechts vom Weg und ist unter Geröll versteckt.**

### **Foto**



## **BOTSCH UNTEN**

**Systemnummer: 3**

**CH Koordinatensystem: N 813666      E 172735**

### **Standortbeschreibung:**

**Das Zählsystem befindet sich talaufwärts gesehen vor dem Lawinenzug am Waldrand. Die Zählplatten wurden mit Kies aus dem Bachbett überdeckt und sind vermutlich daran erkennbar. Der Datenlogger befindet sich orographisch rechts vom Weg unter einem Rasenziegel.**

### **Foto**



## **BOTSCH OBEN**

**Systemnummer: 4**

**CH Koordinatensystem: N 813694 E 172816**

**Standortbeschreibung:**

**Das Zählsystem befindet sich talauswärts schauend (wie im Foto) am Anfang des Lawinenzuges, beim Übergang zum Wald. Der Datenlogger befindet sich orographisch rechts vom Weg unter dem Holz.**

**Foto**



# CHAMPLÖNCH

**Systemnummer: 5**

**CH Koordinatensystem: N 809026    E 173693**

**Standortbeschreibung:**

**Das Zählsystem befindet sich talaufwärts gesehen bei der ersten Lichtung nach dem steilen Waldstück, bei einer schmalen Stelle. Der Datenlogger befindet sich unter dem Felsvorsprung oberhalb des Weges.**

**Foto**



## **VAL MINGER**

**Systemnummer: 6**

**CH Koordinatensystem: N 818934 E 179236**

**Standortbeschreibung:**

**Die Matten sind an einer engen Stelle ca. 5min oberhalb des Parkplatzes vergraben. Der Logger befindet sich oberhalb des Weges unter der Krautschicht.**

**Foto**



# TRUPCHUN

**Systemnummer: 7**

**CH Koordinatensystem: N 800298 E 164840**

**Standortbeschreibung:**

**Talaufwärts gesehen befindet sich der Standort kurz nach der Hütte bei Purcher, an einer von grossen Steinen eingefassten engen Stelle. Zwischen den Matten wurde ein Holztritt eingebaut. Die Matten liegen ca. 40cm auseinander. Der Logger ist ca. 1m oberhalb vom Weg unter einer Grasmatte versteckt.**

**Foto**



## LA SCHERA

Systemnummer: 8

CH Koordinatensystem: N 811172 E 169430

### Standortbeschreibung:

Das Zählsystem befindet sich etwa 200 m oberhalb des Rastplatzes Alp La Schera. Der Datenlogger befindet sich oberhalb vom Weg unter dem Holz und einem Rasenziegel.

### Foto



## MACUN

**Systemnummer: 9**

**CH Koordinatensystem: N 806206 E 179324**

### **Standortbeschreibung:**

**Die Matten sind etwa 50 m nach der Bachüberquerung in der Nähe des Felsen (von Alp Zeznina aus gesehen). Der Logger befindet sich oberhalb des Weges unter einem Rasenziegel.**

### **Foto**



## Anhang 1-3: Datenauswertungscode für das Statistikprogramm „R“

```
# Datenbereinigung
# Daten Einlesen
detach(basis); rm(basis)
basis <-
read.table("C:/DATEN/werm/VISIMAN/Daten/temp/Basistabelle_Zaehltage_unbere
inigt.txt", header=TRUE)
attach(basis)
# Ordner für Zwischenspeicher festlegen
setwd("C:/DATEN/werm/VISIMAN/Daten/temp")# Ausreisser suchen

# Plot der Abweichungen
length(tot_man)
plot(tot_man[zaehlsystem !=3],((tot_auto[zaehlsystem !=3] -
tot_man[zaehlsystem !=3])/tot_man[zaehlsystem !=3])*100, xlab="manuelle
Zählung", ylab="Abweichung (%)")
abline(0,0)
text(x=138, y=-60,"N= 85")
points(tot_man[zaehlsystem==3],((tot_auto[zaehlsystem==3] -
tot_man[zaehlsystem==3])/tot_man[zaehlsystem==3])*100, pch=19)
legend(120,-70, c("Zaehlsystem 3","Restliche Zählsysteme"), pch=c(19,21))
savePlot("abweichungen_unkorrigiert","png")
## Datenbereinigung an Datensatz vornehmen!!

# Analyse mit den bereinigten Daten
#-----
# Daten Eilesen
detach(basis); rm(basis)
basis <-
read.table("C:/DATEN/werm/VISIMAN/Daten/temp/Basistabelle_Zaehltage.txt",
header=TRUE)
attach(basis)
# Ordner für Zwischenspeicher festlegen
setwd("C:/DATEN/werm/VISIMAN/Daten/temp")# Ausreisser suchen
```

```

# Datenkontrolle
# NoData Werte mit -9999 eingetragen, daher muss anders gerechnet werden
sum(in_auto+out_auto)-sum(tot_auto) # wenn nicht =0 dann Fehler!
sum(in_auto[in_auto>0]+out_auto[in_auto>0])-sum(tot_auto[in_auto>0]) #
wenn nicht =0 dann Fehler!
sum(in_man+out_man)-sum(tot_man) # wenn nicht =0 dann Fehler!

# Deskriptive Statistik der Datensummen
# -----
# Plotten der Daten
plot(tot_man, tot_auto, xlab="Manuelle Zählung", ylab="Automatische
Zählung")

# Auswertung Zaehldaten

# Darstellung der Daten
summary(tot_man[tot_man>-1])
summary(tot_auto[tot_auto>-1])
summary(in_man[in_man>-1])
summary(in_auto[out_auto>-1])
summary(out_man[out_man>-1])
summary(out_auto[out_auto>-1])

# Abweichungen
# Grundlagen
# Total
x<- tot_man
y<- tot_auto # goto: # Abweichungen
# Richtung Park
x<- in_man
y<- in_auto # goto: # Abweichungen
#Richtung Ausgang
x<- out_man
y<- out_auto # goto: # Abweichungen

sum(x[y > -1]) #Richtungen teils unleserlich
sum(y[y > -1])
sum(x[y > -1]-y[y > -1])
sum(x[y > -1]-y[y > -1])/sum(x[y > -1]) *100

rm(x); rm(y)

# Differenzierung der Zählstunden

```

```

#-----
-----

# Berechnung wichtiger Parameter
# -----
-----

# Abweichung in % von tot_man
tot_abw <-
ifelse(tot_auto+tot_man==0,0,(ifelse(is.finite(tot_auto/tot_man),(tot_auto-
tot_man)/tot_man,NA)))
  betrag_tot_abw <- abs(tot_abw)
# Abweichung in % von in_man
in_abw <- ifelse(in_auto[in_auto>-1]+in_man[in_auto>-
1]==0,0,(ifelse(is.finite(in_auto[in_auto>-1]/in_man[in_auto>-
1]),(in_auto[in_auto>-1]-in_man[in_auto>-1])/in_man[in_auto>-1],NA)))
  betrag_in_abw <- abs(in_abw)
# Abweichung in % von out_man
out_abw <-
ifelse(out_auto+out_man==0,0,(ifelse(is.finite(out_auto/out_man),(out_auto-
out_man)/out_man,NA)))
  betrag_out_abw <- abs(out_abw)

# Analyse
# -----
-----

# Mittlere Abweichung der Kalibrierdaten über alle Standorte
# Berechnung der Abweichung TOTAL
total <- c(length(tot_man), mean(tot_abw)*100,mean(abs(tot_abw))*100) #
Anzahl Zählstunden, Mittelwert in %, Mittelwert in % Betrag
# Berechnung der Abweichungen IN
in_park <- c(length(in_man), mean(in_abw,na.rm=T)*100,
mean(betrag_in_abw,na.rm=T)*100) # Anzahl Zählstunden, Mittelwert in %,
Mittelwert in % und Betrag
# Berechnung der Abweichung OUT
out_park <- c(length(out_man), mean(out_abw,na.rm=T)*100,
mean(betrag_out_abw,na.rm=T)*100) # Anzahl Zählstunden , Mittelwert in % ,
Mittelwert in % und Betrag
x <- data.frame(total,in_park,out_park)
x
write.table(x, file ="kalibrierdaten.csv", sep="," , col.names=NA)
rm(total); rm(in_park); rm(out_park); rm(x)

```

```

# Plot der Abweichungen
par(mfrow=c(1,1))
length(tot_man)
plot(tot_man,((tot_auto - tot_man)/tot_man)*100, xlab="manuelle Zählung",
ylab="Abweichung (%)")
abline(0,0)
text(x=180, y=10,"N= 76")
savePlot(filename="abweichung_alle_dat", type="png")

# nehmen die Abweichungen mit zunehmenden Überschreitungen ab? (absolute
Abweichungen > 0)
#Betrachtung der Abweichungsbeträge (inklusive 0)
x <- median(tot_man) # Klassengrenze
b_tot_abw_k <- betrag_tot_abw[tot_man < x]
b_tot_abw_g <- betrag_tot_abw[tot_man > x]
plot(tot_man, betrag_tot_abw, type="n")
points(tot_man[tot_man<x], b_tot_abw_k, pch=21);
points(tot_man[tot_man>x], b_tot_abw_g, pch=22)
length(b_tot_abw_k);length(b_tot_abw_g)
mean(b_tot_abw_k, na.rm=T); mean(b_tot_abw_g)
wilcox.test(b_tot_abw_k, b_tot_abw_g, alternative="two.sided", na.rm=T)
rm(x)
# Betrachtung der Abweichungsbeträge grösser 0
x <- median(tot_man[betrag_tot_abw > 0])
b_tot_abw_k <- betrag_tot_abw[tot_man < x & betrag_tot_abw > 0]
b_tot_abw_g <- betrag_tot_abw[tot_man > x & betrag_tot_abw > 0]
plot(tot_man, betrag_tot_abw, type="n")
points(tot_man[tot_man<x], b_tot_abw_k, pch=21);
points(tot_man[tot_man>x], b_tot_abw_g, pch=22)
length(b_tot_abw_k);length(b_tot_abw_g)
mean(b_tot_abw_k, na.rm=T); mean(b_tot_abw_g)
wilcox.test(b_tot_abw_k, b_tot_abw_g, alternative="two.sided", na.rm=T)
rm(x)

# Plot der Abweichungen nach Richtungen
par(mfrow=c(1,2))
plot(in_man[in_auto>-1],[in_abw[in_auto>-1]*100], xlab="manuelle Zählung",
ylab="Abweichung (%)", main="Richtung Park")
abline(0,0)
text(x=150, y=250,"N= 75")
# für kleine Werte von in_abs
# plot(in_man[abs(in_abw)<1],[in_abw*100][abs(in_abw)<1], xlab="manuelle
Zählung", ylab="Abweichung (%)", main="Richtung Park")

```

```

plot(out_man[out_auto>-1],(out_abw[out_auto>-1]*100), xlab="manuelle
Zählung", ylab="Abweichung (%)", main="Richtung Tal")
abline(0,0)
text(x=80, y=150,"N= 75")
savePlot(filename="abweichung_richtung", type= "png")

# Nehmen die Abweichungen mit zunehmenden Überschreitungen ab? (Absolute
Abweichungen > 0)
#Getrennt nach Richtungen
#Betrachtung der Abweichungsbeträge (inklusive 0)
x <- median(in_man) # Klassengrenze
b_in_abw_k <- betrag_in_abw[in_man < x]
b_in_abw_g <- betrag_in_abw[in_man > x]
plot(in_man, betrag_in_abw, type="n")
points(in_man[in_man<x], b_in_abw_k, pch=21); points(in_man[in_man>x],
b_in_abw_g, pch=22)
length(b_in_abw_k);length(b_in_abw_g)
mean(b_in_abw_k, na.rm=T); mean(b_in_abw_g, na.rm=T)
wilcox.test(b_in_abw_k, b_in_abw_g, alternative="two.sided", na.rm=T)
rm(x)

#Betrachtung der Abweichungsbeträge (inklusive 0)
x <- median(out_man) # Klassengrenze
b_out_abw_k <- betrag_out_abw[out_man < x]
b_out_abw_g <- betrag_out_abw[out_man > x]
plot(out_man, betrag_out_abw, type="n")
points(out_man[out_man<x], b_out_abw_k, pch=21);
points(out_man[out_man>x], b_out_abw_g, pch=22)
length(b_out_abw_k);length(b_out_abw_g)
mean(b_out_abw_k, na.rm=T); mean(b_out_abw_g)
wilcox.test(b_out_abw_k, b_out_abw_g, alternative="two.sided", na.rm=T)
rm(x)

# Testen der Abweichungen mittels Wilcoxon-Test
# Grundlagenberechnung beachten
# Alle Daten:
mean(betrag_tot_abw)
# Testen ob die Abweichung kleiner ist als 10%
wilcox.test(abs(tot_abw), mu=0.1, alternative="less")
# Durchläufe
abweichung <- function (x) {wilcox.test(betrag_tot_abw[durchlauf==x],
mu=0.1, alternative ="less")}

```

```

length(betrag_tot_abw[durchlauf==1]); mean(betrag_tot_abw[durchlauf==1]);
abweichung (1)
length(betrag_tot_abw[durchlauf==2]); mean(betrag_tot_abw[durchlauf==2]);
abweichung (2)
length(betrag_tot_abw[durchlauf==3]); mean(betrag_tot_abw[durchlauf==3]);
abweichung (3)

# Testen der Abweichung mittels Binomial-Test
# Test auf 10%
# Für jede Zählstunde entschieden wir ob wir mit dem Resultat einverstanden
sind. Es galten folgende Kriterien:
# gezählt < 10 Personen --> Abweichung < 1
# gezählt > 10 Personen --> Abweichung < 10% von gezählten (0.1*gezählt)
binom <- ifelse(tot_man < 10, ifelse(abs(tot_man-tot_auto) <=1,
"Ok","NotOk"),ifelse(betrag_tot_abw < 0.1, "Ok","NotOk"))
# Alle Daten
binom.test(length(binom[binom=="Ok"]),length(binom), p=0.9,
alternative="greater")
# Durchläufe
binom.test(length(binom[binom=="Ok" &
durchlauf==1]),length(binom[durchlauf==1]), p=0.9, alternative="greater")
binom.test(length(binom[binom=="Ok" &
durchlauf==2]),length(binom[durchlauf==2]), p=0.9, alternative="greater")
binom.test(length(binom[binom=="Ok" &
durchlauf==3]),length(binom[durchlauf==3]), p=0.9, alternative="greater")

# Abweichungen an den einzelnen Zählstandorten
loop <- c(1:3,"total")
cal_fac <- ifelse(tot_man+tot_auto==0, 1, tot_man/tot_auto)
tot_abw <-
ifelse(tot_auto+tot_man==0,0,(ifelse(is.finite(tot_auto/tot_man),((tot_auto-
tot_man)/tot_man)*100,NA)))
zaehl.system <- 1
anz.zaehlstunden <- c(length(tot_man[durchlauf==1 &
zaehlsystem==zaehl.system]), length(tot_man[durchlauf==2 &
zaehlsystem==zaehlsystem]), length(tot_man[durchlauf==3 &
zaehlsystem==zaehl.system]), length(tot_man[zaehlsystem==zaehl.system]))
manuell <- c(sum(tot_man[durchlauf==1 & zaehlsystem==zaehl.system]),
sum(tot_man[durchlauf==2 & zaehlsystem==zaehl.system]),
sum(tot_man[durchlauf==3 & zaehlsystem==zaehl.system]),
sum(tot_man[zaehlsystem==zaehl.system]))
automatisch <- c(sum(tot_auto[durchlauf==1 &
zaehlsystem==zaehl.system]), sum(tot_auto[durchlauf==2 &

```

```

zaehlsystem==zaehl.system]), sum(tot_auto[durchlauf==3 &
zaehlsystem==zaehl.system]), sum(tot_auto[zaehlsystem==zaehl.system]))
  cal.fac <- c(mean(cal_fac[durchlauf==1 & zaehlsystem==zaehl.system]),
mean(cal_fac[durchlauf==2 & zaehlsystem==zaehl.system]),
mean(cal_fac[durchlauf==3 & zaehlsystem==zaehl.system]),
mean(cal_fac[zaehlsystem==zaehl.system]))
  mittlere.abw <- c(mean(betrag_tot_abw[durchlauf==1 &
zaehlsystem==zaehl.system]), mean(betrag_tot_abw[durchlauf==2 &
zaehlsystem==zaehl.system]), mean(betrag_tot_abw[durchlauf==3 &
zaehlsystem==zaehl.system]),
mean(betrag_tot_abw[zaehlsystem==zaehl.system]))
  zaehl.system
  data.frame(loop,anz.zaehlstunden, manuell, automatisch, cal.fac,
mittlere.abw)
  zaehl.system <- zaehl.system + 1

rm(zaehl.system)

# Berechnung der benutzten Kalibrierfaktoren
#-----
cal_fac <- ifelse(tot_man+tot_auto==0, 1, tot_man/tot_auto)
cf1 <- mean(cal_fac[zaehlsystem==1])
cf2 <- mean(cal_fac[zaehlsystem==2])
cf4 <- mean(cal_fac[zaehlsystem==4])
cf5 <- mean(cal_fac[zaehlsystem==5])
cf6a <- mean(cal_fac[zaehlsystem==6 & durchlauf==1]); cf6b <-
mean(cal_fac[zaehlsystem==6 & durchlauf >1]) # Val Minger wurde am 8.6.
umgebaut
cf7 <- mean(cal_fac[zaehlsystem==7])
cf8 <- mean(cal_fac[zaehlsystem==8])
cf9 <- mean(cal_fac[zaehlsystem==9 & durchlauf==2])

# Konfidenzintervall
conf1 <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==1])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==1])))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==1])
)))
conf2 <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==2])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==2])))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==2])
)))
conf4 <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==4])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==4])))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==4])
)))

```

```

conf5 <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==5])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==5]))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==5])
)))
conf6a <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==6 & durchlauf==1])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==6 &
durchlauf==1]))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==6 & durchlauf==1]))));
conf6b <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==6 & durchlauf>1])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==6 &
durchlauf>1]))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==6 & durchlauf>1]))))
conf7 <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==7])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==7]))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==7])
)))
conf8 <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==8])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==8]))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==8])
)))
conf9 <- qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==9])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==9]))/(sqrt(length(cal_fac[zaehlsystem==9])
)))

# Untere (u) und obere (o) mögliche Kalibrierfaktoren
cf1u <- cf1 - conf1; cf1o <- cf1 + conf1
cf2u <- cf2 - conf2; cf2o <- cf2 + conf2
cf4u <- cf4 - conf4; cf4o <- cf4 + conf4
cf5u <- cf5 - conf5; cf5o <- cf5 + conf5
cf6au <- cf6a - conf6a; cf6ao <- cf6a + conf6a ; cf6bu <- cf6b - conf6b; cf6bo
<- cf6b + conf6b
cf7u <- cf7 - conf7; cf7o <- cf7 + conf7
cf8u <- cf8 - conf8; cf8o <- cf8 + conf8
cf9u <- cf9 - conf9; cf9o <- cf9 + conf9

# Konfidenzintervall cf +-
zaehl.system <- 1
zaehl.system
qt(0.9,length(cal_fac[zaehlsystem==zaehl.system])-
1)*((sqrt(var(cal_fac[zaehlsystem==zaehl.system]))/(sqrt(length(cal_fac[zaehls
ystem==zaehl.system]))))
zaehl.system <- zaehl.system+1
rm(zaehl.system)

# Berechnungen mit den Zählraten
#-----

```

```

# Standort Minger muss speziell behandelt werden wegen grossen
Veränderungen am System Anfang Juni, und Datenverlust im August und
September
# Daten öffnen
detach(basis)
a <-
read.table("C:/DATEN/werm/VISIMAN/Daten/temp/Basistabelle_Automatisch2.txt"
, header=TRUE)
attach(a)

# Datenbereinigung
c<-
c("id","jahr","monat","tag","zeit","fuo1_tot","fuo1_in","fuo1_out","fuo2_tot","fuo
2_in","fuo2_out","fuo4_tot","fuo4_in","fuo4_out","cha5_tot","cha5_in","cha5_out
","min6_tot","min6_in","min6_out","tru7_tot","tru7_in","tru7_out","sch8_tot","sc
h8_in","sch8_out","mac9_tot","mac9_in","mac9_out")
auto <- subset(a, zeit >=5 & zeit <=22)
detach(a)
attach(auto)

# Berechnung Anzahl Überschreitungen
# Korrektur Minger
sum(min6_tot[monat==8 & min6_tot>-1])
sum(min6_tot[monat==9 & min6_tot>-1])
c_min <- ((sum(min6_tot[monat==8 & min6_tot>-1])/25*6)+
(sum(min6_tot[monat==9 & min6_tot>-1])/14*16))*cf6b # Korrektur Minger
August und September wegen fehlenden Daten
c_min_juni <- (sum(min6_tot[monat==8 & min6_tot>-1])/25*6) #
Berechnung der Überschreitungen bei Minger im Juni
c_min_juli <- (sum(min6_tot[monat==9 & min6_tot>-1])/14*16) #
Berechnung der Überschreitungen bei Minger im Juli

# Berechnung der überschreitungen
zaehl.system <- c(1,2,4,5,"6a","6b",7,8,9)
tot_auto <- c(sum(fuo1_tot[fuo1_tot>-1]),sum(fuo2_tot[fuo2_tot>-
1]),sum(fuo4_tot[fuo4_tot>-1]),sum(cha5_tot[cha5_tot>-
1]),sum(min6_tot[min6_tot>-1 & id<713]),sum(min6_tot[min6_tot>-1 & id >
712]),sum(tru7_tot[tru7_tot>-1]),sum(sch8_tot[sch8_tot>-
1]),sum(mac9_tot[mac9_tot>-1]))
cf <- c(cf1,cf2,cf4,cf5,cf6a,cf6b,cf7,cf8,cf9)
korr <- c("","","","","","c_min","","")
total <- tot_auto * cf
x <- data.frame(zaehl.system,tot_auto,cf,korr,total)

```

```

x
write.table(x, file="anz_ueberschreitungen.csv", sep="," , col.names=NA)

# Szenario Minimum (cf am unteren Bereich des Konfidenzintervalls) und
Maximum
# Korrektur Minger
sum(min6_tot[monat==8 & min6_tot>-1])
sum(min6_tot[monat==9 & min6_tot>-1])
c_min_u <- ((sum(min6_tot[monat==8 & min6_tot>-1])/25*6)+
(sum(min6_tot[monat==9 & min6_tot>-1])/14*16))*cf6bu
c_min_o <- ((sum(min6_tot[monat==8 & min6_tot>-1])/25*6)+
(sum(min6_tot[monat==9 & min6_tot>-1])/14*16))*cf6bo

zaehl.system <- c(1,2,4,5,"6a","6b",7,8,9)
cfu <- c(cf1u,cf2u,cf4u,cf5u,cf6au,cf6bu,cf7u,cf8u,cf9u)
korr_u <- c("","","","","","c_min_u","","")
total_u <- tot_auto * cfu
cfo <- c(cf1o,cf2o,cf4o,cf5o,cf6ao,cf6bo,cf7o,cf8o,cf9o)
korr_o <- c("","","","","","c_min_o","","")
total_o <- tot_auto * cfo
x <- data.frame(zaehl.system,tot_auto,cfu,korr_u,total_u,cfo,korr_o,total_o)
x
write.table(x, file="anz_ueberschreitungen_szenarien.csv", sep="," ,
col.names=NA)
rm(x)

# Berechnung des Besucheraufkommens unter Einbezug des Wegnetzes
# Faktor für die Berechnung der Besucherzahlen
gew1 <- 0.55
gew2 <- 0
gew4 <- 0.55
gew5 <- 1.2
gew6 <- 0.55
gew7 <- 1
gew8 <- 1.3
gew9 <- 1
gew <- c(gew1,gew2,gew4,gew5,gew6,gew7,gew8,gew9)

# Berechnung Anz. Besuchende
zaehl.system <- c(1,2,4,5,6,7,8,9)
uberschreit <- c(total[1:4],total[5]+total[6],total[7:9])

```

```

besuche <- uberschreit * gew
x <- data.frame(zaehl.system,uberschreit,gew,besuche)
x
write.table(x, file="besuche.csv", sep="," , col.names=NA)
rm(x)

# Szenario Minimum-Maximum (Kalibrierfaktor (cf) und Gewichtungsfaktor
(gew))

# Faktor für die Berechnung der Besucherzahlen Minimum
gew1_u <- 0.5
gew2_u <- 0
gew4_u <- 0.5
gew5_u <- 1.1
gew6_u <- 0.5
gew7_u <- 0.9
gew8_u <- 1.2
gew9_u <- 0.9
gew_u <- c(gew1_u,gew2_u,gew4_u,gew5_u,gew6_u,gew7_u,gew8_u,gew9_u)
# Faktor für die Berechnung der Besucherzahlen Maximum
gew1_o <- 0.6
gew2_o <- 0
gew4_o <- 0.6
gew5_o <- 1.3
gew6_o <- 0.6
gew7_o <- 1.1
gew8_o <- 1.3
gew9_o <- 1.1
gew_o <- c(gew1_o,gew2_o,gew4_o,gew5_o,gew6_o,gew7_o,gew8_o,gew9_o)
zaehl.system <- c(1,2,4,5,6,7,8,9)
# Minimum
uberschreit_u <- c(total_u[1:4],total_u[5]+total_u[6],total_u[7:9])
besuche_u <- uberschreit_u * gew_u
# Maximum
uberschreit_o <- c(total_o[1:4],total_o[5]+total_o[6],total_o[7:9])
besuche_o <- uberschreit_o * gew_o
x<-data.frame(zaehl.system,
uberschreit_u,gew_u,besuche_u,uberschreit_o,gew_o,besuche_o)
x
write.table(x,file="Besuchende_szenario.csv",row.names=T,sep="," ,
col.names=NA)
rm(uberschreit_u); rm(uberschreit_o)

```

```

# Allgemeiner Korrekturvektor
korrektur7 <- c(cf1*gew1, cf4*gew4, cf5*gew5, gew6, cf7*gew7, cf8*gew8,
cf9*gew9) #MINGER CF BEREITS IN DATEN INTEGRIEREN WEGEN
DATENVERLUST!!
korrektur8 <- c(cf1*gew1, cf2*gew2, cf4*gew4, cf5*gew5, gew6, cf7*gew7,
cf8*gew8, cf9*gew9)

# Auswertung der Verteilungen
#####
#

# Anzahl Besuchende in den Teilgebieten
par(mfrow=c(1,1))
stao.name <- c("Stabelchod", "Val Botsch", "Champloench", "Mingèr",
"Trupchun", "La Schera", "Macun")
stao.sum <- function(x) {
  sum(x[x>-1]) }
# Berechnung Mingèr
minger <- sum(min6_tot[monat == 5 & min6_tot > -1])*cf6a +
sum(min6_tot[monat >= 6 & min6_tot > -1])*cf6b +c_min
standorte <- c(stao.sum(fuo1_tot), stao.sum(fuo4_tot), stao.sum(cha5_tot),
minger, stao.sum(tru7_tot), stao.sum(sch8_tot),
stao.sum(mac9_tot))*korrektur7
barplot(standorte, names=stao.name, ylab="Besuche", ylim=c(0,35000),
space=0.5)
abline(0,0)
savePlot(filename="summe_teilgebiete", type="png")

# Prozente
sum(standorte)
stao.prozent <- standorte/sum(standorte)*100
barplot(stao.prozent, names=stao.name, ylab="Besuche (%)", ylim=c(0,40),
space=0.5); abline(0,0)
savePlot(filename="prozent_teilgebiete", type="png")

# Barplot Monate Alle Standorte
monate <- c("Mai", "Juni", "Juli", "Aug.", "Sept.", "Okt.", "Nov.")

par(mfrow=c(1,1))
sum.monat <- function(x) {

```

```

a <- c(sum(x[monat==5 & x > -1]), sum(x[monat==6 & x > -1]),
sum(x[monat==7 & x > -1]), sum(x[monat==8 & x > -1]), sum(x[monat==9 & x
> -1]), sum(x[monat==10 & x > -1]), sum(x[monat==11 & x > -1])) }
m_fuo1 <- sum.monat(fuo1_tot)*cf1*gew1
m_fuo2 <- sum.monat(fuo2_tot)*cf2*gew1 #Gewichtungsfaktor =0, daher
weggelassen
m_fuo4 <- sum.monat(fuo4_tot)*cf4*gew4
m_cha5 <- sum.monat(cha5_tot)*cf5*gew5
# m_min6 <- c(sum.monat(min6_tot)*cf6*gew6
m_min6 <- c(sum(min6_tot[monat==5 &
min6_tot>0])*cf6a*gew6,sum(min6_tot[monat==6 & min6_tot > -
1])*cf6b*gew6, sum(min6_tot[monat==7 & min6_tot > -1])*cf6b*gew6,
(sum(min6_tot[monat==8 & min6_tot > -1])+sum(min6_tot[monat==8 &
min6_tot>-1])/25*6)*cf6b*gew6, (sum(min6_tot[monat==9 & min6_tot > -1])+
sum(min6_tot[monat==9 & min6_tot>-1])/14*16)*cf6b*gew6,
sum(min6_tot[monat==10 & min6_tot > -1])*cf6b*gew6,
sum(min6_tot[monat==11 & min6_tot > -1]))
m_tru7 <- sum.monat(tru7_tot)*cf7*gew7
m_sch8 <- sum.monat(sch8_tot)*cf8*gew8
m_mac9 <- sum.monat(mac9_tot)*cf9*gew9
sum_monat <- m_fuo1+m_fuo4+m_cha5+m_min6+m_tru7+m_sch8+m_mac9
barplot(sum_monat[1:6],names=monate[1:6],ylab="Besuche",
ylim=c(0,25000), space=0.5); abline(0,0) #[1:6] November wird
ausgeschlossen, da ab dem 11.11. nicht mehr gezählt wurde
savePlot(filename="summen_monate",type="png")

# Relative Verteilung über die Teilgebiete und Monate
minger.monat <- function(x) {
m_min6[x-4]}
stao.monat <- function(x) {
a<-c(sum(fuo1_tot[monat==x & fuo1_tot>0]),sum(fuo4_tot[monat==x &
fuo4_tot>0]),sum(cha5_tot[monat==x &
cha5_tot>0]),minger.monat(x),sum(tru7_tot[monat==x &
tru7_tot>0]),sum(sch8_tot[monat==x & sch8_tot>0]),sum(mac9_tot[monat==x
& mac9_tot>0])) *korrektur7
b<-a/sum(a)*100
d <- c(b,100);d}
x <- data.frame(c(stao.name,"Total"),stao.monat(5),stao.monat(6),
stao.monat(7), stao.monat(8), stao.monat(9),
stao.monat(10),stao.monat(11),c(stao.prozent,sum(stao.prozent)))
x
write.table(x,file="verteilung_teilgebiete_monate.csv",row.names=T,sep="," ,
col.names=NA)

```

```

# Monatssummen der einzelnen Standorte
par(mfrow=c(4,2))
# Barplots
barplot(m_fuo1, names=monate, ylab="Besuche", main= "Stabelchod unten",
ylim=c(0,10000)); abline(0,0)
barplot(m_fuo2, names=monate, ylab="Besuche", main= "Stabelchod oben",
ylim=c(0,10000)); abline(0,0)
barplot(m_fuo4, names=monate, ylab="Besuche", main= "Val dal Botsch",
ylim=c(0,10000)); abline(0,0)
barplot(m_cha5, names=monate, ylab="Besuche", main= "Champlönch",
ylim=c(0,10000)); abline(0,0)
barplot(m_min6, names=monate, ylab="Besuche", main= "Mingèr",
ylim=c(0,10000)); abline(0,0)
barplot(m_tru7, names=monate, ylab="Besuche", main= "Trupchun",
ylim=c(0,10000)); abline(0,0)
barplot(m_sch8, names=monate, ylab="Besuche", main= "La Schera",
ylim=c(0,10000)); abline(0,0)
barplot(m_mac9, names=monate, ylab="Besuche", main= "Macun",
ylim=c(0,10000)); abline(0,0)
savePlot(filename="monat_standorte", type="png")

# Tagesgang
tagesgang <- function(x) {
  a<- c(sum(x[zeit == 5 & x > 0]),sum(x[zeit == 6 & x > 0]),sum(x[zeit == 7
& x > 0]),sum(x[zeit == 8 & x > 0]),sum(x[zeit == 9 & x > 0]),sum(x[zeit ==
10 & x > 0]),sum(x[zeit == 11 & x > 0]),sum(x[zeit == 12 & x > 0]),sum(x[zeit
== 13 & x > 0]),sum(x[zeit == 14 & x > 0]),sum(x[zeit == 15 & x >
0]),sum(x[zeit == 16 & x > 0]),sum(x[zeit == 17 & x > 0]),sum(x[zeit == 18 &
x > 0]),sum(x[zeit == 19 & x > 0]),sum(x[zeit == 20 & x > 0]),sum(x[zeit ==
21 & x > 0]),sum(x[zeit == 22 & x > 0])) }
# Plots
par(mfrow=c(4,2))
plot(5:22, tagesgang(fuo1_tot), type="b", pch=19,
xlab="Tageszeit",ylab="Überschreitungen", main="Stabelchod oben")
points(5:22, tagesgang(fuo1_in), type="b", pch= 22)
points(5:22, tagesgang(fuo1_out), type="b", pch= 24)
legend(17,3000, c("Total", "Richtung Park", "Richtung Tal"), pch=c(19,22,24))

plot(5:22, tagesgang(fuo2_tot), type="b", pch=19,
xlab="Tageszeit",ylab="Überschreitungen", main="Stabelchod unten")
points(5:22, tagesgang(fuo2_in), type="b", pch= 22)
points(5:22, tagesgang(fuo2_out), type="b", pch= 24)

```

```

legend(17,2800, c("Total", "Richtung Park", "Richtung Tal"), pch=c(19,22,24))

plot(5:22, tagesgang(fuo4_tot), type="b", pch=19,
xlab="Tageszeit",ylab="Überschreitungen", main="Val dal Botsch")
points(5:22, tagesgang(fuo4_in), type="b", pch= 22)
points(5:22, tagesgang(fuo4_out), type="b", pch= 24)
legend(17,3000, c("Total", "Richtung Park", "Richtung Tal"), pch=c(19,22,24))

plot(5:22, tagesgang(cha5_tot), type="b", pch=19,
xlab="Tageszeit",ylab="Überschreitungen", main="Champlönch")
points(5:22, tagesgang(cha5_in), type="b", pch= 22)
points(5:22, tagesgang(cha5_out), type="b", pch= 24)
legend(17,1500, c("Total", "Richtung Park", "Richtung Tal"), pch=c(19,22,24))

plot(5:22, tagesgang(min6_tot), type="b", pch=19,
xlab="Tageszeit",ylab="Überschreitungen", main="Mingèr")
points(5:22, tagesgang(min6_in), type="b", pch= 22)
points(5:22, tagesgang(min6_out), type="b", pch= 24)
legend(17,1500, c("Total", "Richtung Park", "Richtung Tal"), pch=c(19,22,24))

plot(5:22, tagesgang(tru7_tot), type="b", pch=19,
xlab="Tageszeit",ylab="Überschreitungen", main="Trupchun")
points(5:22, tagesgang(tru7_in), type="b", pch= 22)
points(5:22, tagesgang(tru7_out), type="b", pch= 24)
legend(17,4000, c("Total", "Richtung Park", "Richtung Tal"), pch=c(19,22,24))

plot(5:22, tagesgang(sch8_tot), type="b", pch=19,
xlab="Tageszeit",ylab="Überschreitungen", main="La Schera")
points(5:22, tagesgang(sch8_in), type="b", pch= 22)
points(5:22, tagesgang(sch8_out), type="b", pch= 24)
legend(17,1500, c("Total", "Richtung Park", "Richtung Tal"), pch=c(19,22,24))

plot(5:22, tagesgang(mac9_tot), type="b", pch=19,
xlab="Tageszeit",ylab="Überschreitungen", main="Macun")
points(5:22, tagesgang(mac9_in), type="b", pch= 22)
points(5:22, tagesgang(mac9_out), type="b", pch= 24)
legend(17,500, c("Total", "Richtung Park", "Richtung Tal"), pch=c(19,22,24))

savePlot(filename="tagesgange",type="png")

```

## Anhang Teil 2

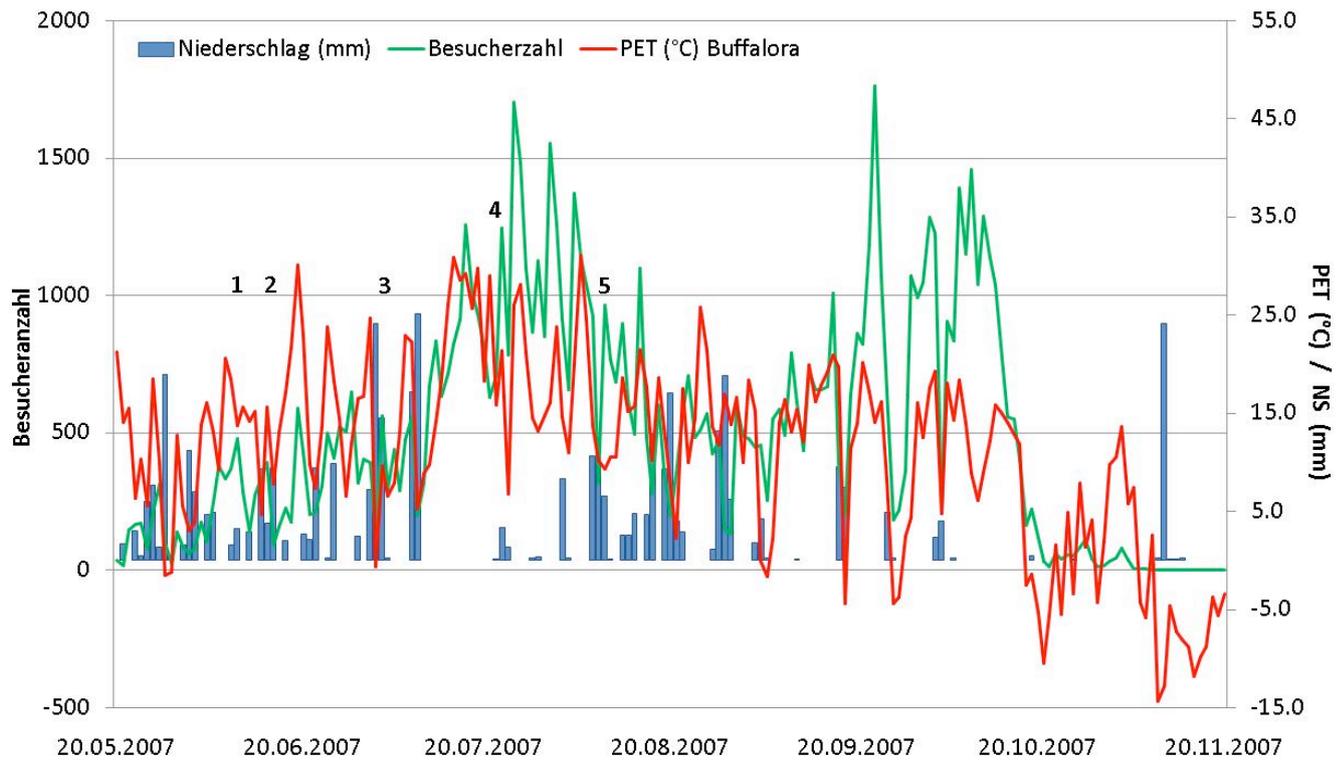


Abbildung 1: Tagessumme der Besucherzahlen, Tagessumme Niederschlag und PET (14 Uhr) der Station Buffalora mit täglicher Auflösung vom 20.05.- 20.11. 2007

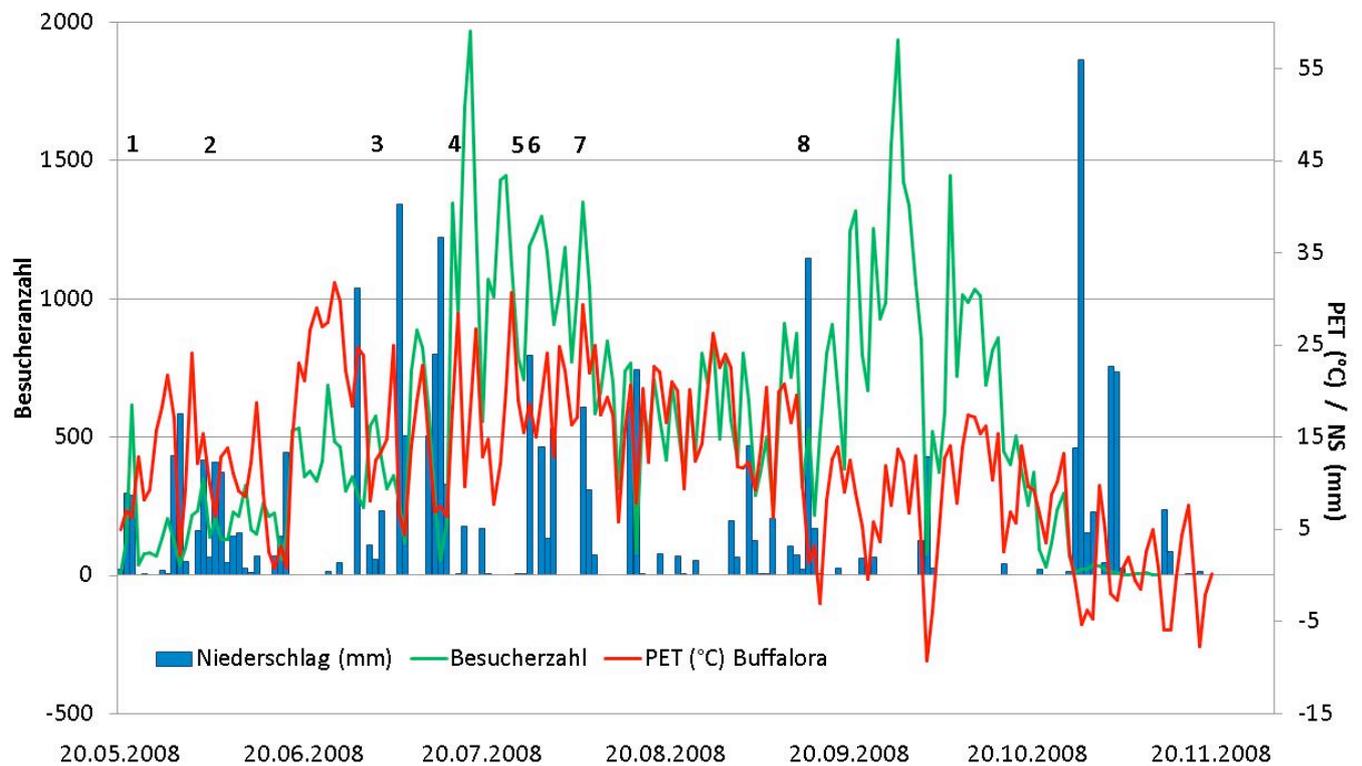


Abbildung 2: Tagessumme der Besucherzahlen, Tagessumme Niederschlag und PET (14 Uhr) der Station Buffalo mit täglicher Auflösung vom 20.05.-20.11.2008