

Research Methods MSc UNR HS21

Projektbericht

Besuchermonitoring am Aussichtsturm Hochwacht über 12 Jahre



Quelle: <https://www.zsz.ch>

Eingereicht von:

Alain Hublard und Stef van Wieringen

Fachkorrektur:

Reto Rupf und Roland Graf

09. Januar 2022

Einleitung

Der Wildnispark Zürich Sihlwald ist ein rund 1100 ha grosses Naturschutzgebiet im periurbanen Raum südlich der Stadt Zürich. Seit dem 1. Januar 2010 gilt es als erster national anerkannter Naturerlebnispark und trägt als Naherholungsgebiet der Stadt Zürich eine grosse Bedeutung.

Diese Erholungsfunktion von Wald und Natur kommt vor allem auch während Krisenzeiten zu tage. So berichtete die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL von einer Veränderung der Waldbesuche aufgrund des, durch die Corona-Pandemie bedingten Lockdowns im Frühjahr 2020, in dem mehr StadtbewohnerInnen den Wald aufsuchten als während einem normalen Frühling (vgl. Kittl und Lässig 2020). Auch Schnabel-Jung und Wipf (Richie et al. 2021, zit. nach Schnabel-Jung und Wipf 2021: 57) erwähnen einen vermehrten Besuch von in agglomerationsnähe gelegenen Naherholungsgebieten als Konsequenz der Pandemiemassnahmen. Zum Teil war sogar von einem "Besucheransturm in Schweizer Wäldern" die Rede (vgl. Wunderlich et al. 2021: 49).

Gleichzeitig sahen sich so auch viele Schutzgebiete mit einer hohen Anzahl an Besuchenden konfrontiert, welche ein mangelndes Verständnis von ökologischen Zusammenhängen und eine mangelnde Sensibilität für Schutzgebiete hatten (McGinley 2020, zit. nach. Schnabel-Jung und Wipf 2021: 59-60). Wunderlich et al. (2021: 51) erwähnen, dass neben diesen ökologischen Herausforderungen jedoch die Erholungsfunktion nicht vernachlässigt werden darf, da diese insbesondere in Krisenzeiten und für Strategien der Krisenbewältigung wichtig ist.

Um dieses Gleichgewicht zwischen Naturschutz und dem Nutzen als Naherholungsgebiet zu ermöglichen, ist der Wildnispark Zürich bereits heute in Zonen mit unterschiedlichen Verhaltensregeln aufgeteilt. Die vorliegende Arbeit hat nun verschiedene Einflussfaktoren wie Lockdown, Wetter, Ferienzeit, Wochentag oder Kalenderwoche im Zusammenhang mit der Anzahl BesucherInnen betrachtet und dient dem Besuchermanagement des Wildnispark Zürich, um zukünftig Voraussagen zum Nutzungsverhalten der Besuchenden zu ermöglichen.

Fragestellung

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit, welche im Rahmen des Moduls Research Methods erarbeitet wurde, steht folgende Hypothese:

Je mehr Sonnenstunden und je höher die Temperatur, desto mehr Besuchende sind im Untersuchungsgebiet unterwegs; je mehr Niederschlag gemessen wird, desto weniger Besuchende werden gezählt.

Um dieser Hypothese begegnen zu können, wurde ein Besuchermonitoring betrieben, bei dem eine automatische Zählstelle die Anzahl an Besuchenden erfasst hat. Zudem soll eine statistisch schliessende Betrachtung Aussagen darüber erlauben, ob die eingangs erwähnten hohen Besucherzahlen während des ersten Lockdowns im Frühling 2020 lediglich wetterbedingt erreicht wurden oder ob der zweite Lockdowns im Winter 2020/21 hier auch einen positiven Einfluss hatte. Hieraus ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- 1. Welchen Einfluss haben neben dem Lockdown auch die Wetterparameter (Sonnenscheindauer, Tageshöchsttemperatur, Niederschlagssumme) sowie die Wochenenden, die Ferien, die Monate und das Jahr auf die Besuchszahlen?*
- 2. Dabei interessiert uns besonders, wie stark die jeweiligen Einflüsse sind, welche Effektrichtungen beobachtbar sind und welche der untersuchten Parameter signifikant sind.*
- 3. Können deutliche Unterschiede zwischen den "normalen", vor-Covid19-Jahren und danach bei Tages-, Wochen-, und Saisongang anhand der wichtigsten, deskriptiven Kennzahlen gefunden werden?*

Methoden

Der vom Wildnispark Zürich beim Aussichtsturm Hochwacht installierte Zähler 204 hat im Zeitraum vom 13. August 2009 bis 31. Juli 2021 die Besucherzahl erfasst. Die Besuchenden wurden stundenweise und nicht richtungstrennt gezählt. Der Hochwachturm war während des ersten Lockdowns – vom 16.03.2020 bis 11.05.2020 – für die Öffentlichkeit gesperrt, somit wurden während diesem Zeitraum keine Daten erhoben.

Um die Besucherzahlen gleichzeitig in Bezug auf verschiedene Einflussfaktoren untersuchen zu können, wurde ein Generalised Linear Mixed Effect Model (GLMM) konstruiert. Die täglich zusammengefassten Besucherzahlen am Hochwachturm während dem erwähnten Zeitraum dienen als abhängige Variable für das Modell. Die erklärenden Variablen setzen sich aus Monat, Wochenende, Covid-Phasen und Schulferien als kategoriale Variablen und Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer als kontinuierliche Variablen zusammen

(vgl. Tabelle 1). Als Random Effekt des GLMM wurden die Jahre gewählt und insgesamt wurden 4260 Observations über 13 Jahre verteilt erhoben (vgl. Tabelle 3).



Abbildung 1: Standort Hochwachturm mit Zähler 204 (Eigene Darstellung / Quelle: www.wildnispark.ch)

Da die Wetterdaten unterschiedliche Einheiten aufwiesen, wurden diese skaliert und somit standardisiert, um somit besser vergleichen zu können. Zudem wurden sie auf Korrelationen geprüft, dies erwies sich als unproblematisch ($|r| < 0.7$ nach Pearson). Die Verteilung der abhängigen Variable wurde auch geprüft und mit verschiedenen Verteilungen verglichen. Dabei erwies sich die negativ-binomiale Verteilung als die am passendsten. Diese Verteilung korrigierte auch die Überdispersion der Zähltdaten (Dengler et al. 2021). Das Modell wurde selektioniert, indem die Terme, welche am wenigsten signifikant waren, schrittweise entfernt wurden, bis nahezu alle signifikant waren. Zudem wurde ein quadratischer Term bei den Temperaturdaten hinzugefügt, da sich dieser als hochsignifikant erwies. Es wurde ein möglichst einfaches Modell mit hoher Aussagekraft erstrebt, weshalb keine Interaktionen in das Modell einbezogen wurden. Die statistische Analyse wurde mit der lme4 Bibliothek (Bates et al. 2017) in der Statistik Software R (Version 3.6.3) durchgeführt und die Plots wurden mit den Paketen ggplot 2 (Wickham et al. 2021) und sjPlots (Lüdecke et al. 2021) erstellt.

Obwohl bei den täglichen Zähltdaten die Normalverteilung der Residuen und die Varianzhomogenität nicht gegeben war, wurde keine logarithmische Transformation der Daten durchgeführt. Denn nach Schielzeth et al. (2020) ist die Visualisierung und Interpretation von Modellen wesentlich einfacher, wenn die abhängige Variable nicht

transformiert wird. Zudem zeigte die Simulationsanalyse von Schielzeth et al. (2020), dass selbst stark schiefe, bimodale und heteroskedastische Verteilungen nur zu einer geringen Verzerrung des Modells führen.

Tabelle 1

Die Variablen

| | |
|----------------------|---|
| Abhängige Variable | Täglich zusammengefasste Besucherzahl des Aussichtsturms |
| Erklärende Variablen | Monat (1-12) |
| | Wochenende (Ja / Nein) |
| | Covid-Phasen (Normal, Covid, Lockdown 2) |
| | Schulferien (Ja / Nein) |
| | Tägliche Maximaltemperatur (°C) |
| | Niederschlag (mm; Halbtagessumme von 06:00 bis 18:00) |
| | Sonnenscheindauer (%; relativ zur absolut möglichen Tagessumme) |

Anmerkungen: Die Daten des Besuchermonitoring stammen vom Wildnispark Zürich / Die Daten zu den Schulferien stammen von der Internetplattform schulferien.org <https://www.schulferien.org/schweiz/ferien/zuerich/> (09.11.2021) / Die Wetterdaten wurden beim Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie bezogen und stammen von der MeteoSchweiz Messtation in Wädenswil

Resultate

Die durchschnittliche monatliche Besucherzahl über den gesamten Erhebungszeitraum liegt bei 1'549 BesucherInnen. In der Darstellung a) der Abbildung 2 wird zudem ersichtlich, dass Februar 2018 der Monat mit der niedrigsten Besucherzahl ($n = 412$) und November 2020 derjenige mit der höchsten Besucherzahl ($n = 3'145$) war.

Die Darstellung b) der Abbildung 2 verdeutlicht, dass die Besucherzahl am Wochenende deutlich höher lag als unter der Woche. So liegt im untersuchten Zeitraum der Median vom Samstag bei 62.5 und derjenige vom Sonntag bei 110. Im Vergleich wurden über die Wochentage verteilt durchschnittlich 32.5 BesucherInnen pro Tag gezählt. Des Weiteren macht die Abbildung deutlich, welchen Einfluss die Covid-Pandemie auf die Besucherzahlen der jeweiligen Wochentage hatte.

Betrachtet man die Darstellung c) der Abbildung 2, wird zudem deutlich, dass die höchsten Durchschnittswerte an Sonntagen zwischen 14:00 und 15:00 Uhr gemessen wurden (21 BesucherInnen), gefolgt von Samstagen um dieselbe Uhrzeit (11 BesucherInnen). Der Werktag mit der höchsten durchschnittlichen Besucherzahl pro Stunde war Donnerstag mit knapp 5

BesucherInnen zwischen 12:00 und 13:00 Uhr. Auch nach den drei Phasen gruppiert, wurden die meisten BesucherInnen jeweils wieder zwischen 14:00 und 15:00 Uhr gezählt. Der Durchschnitt in diesem Zeitfenster lag während dem zweiten Lockdown bei 11, während der gesamten Covid-Pandemie bei 9 und normalerweise in den Pre-Covid-Jahren bei 7 BesucherInnen.

Tabelle 2

Zusammenfassende Statistik des Modells

| Prädiktoren | Estimate | std. Error | CI | p |
|-----------------------------------|----------|------------|---------------|------------------|
| (Intercept) | 3.14 | 0.11 | 2.91 – 3.36 | <0.001 |
| Tagesmaximaltemperatur skaliert | 0.05 | 0.03 | -0.01 – 0.11 | 0.087 |
| Tagesmaximaltemperatur skaliert^2 | -0.07 | 0.01 | -0.10 – -0.04 | <0.001 |
| Halbtagesniederschlag skaliert | -0.29 | 0.01 | -0.32 – -0.27 | <0.001 |
| Sonnenscheindauer skaliert | 0.45 | 0.02 | 0.42 – 0.48 | <0.001 |
| Wochenende | 1.16 | 0.03 | 1.11 – 1.21 | <0.001 |
| Schulferien | 0.33 | 0.03 | 0.27 – 0.40 | <0.001 |
| Phase [Lockdown 2] | 0.51 | 0.11 | 0.29 – 0.74 | <0.001 |
| Phase [Covid] | 0.05 | 0.09 | -0.23 – 0.12 | 0.545 |
| Monat [02] | -0.38 | 0.06 | -0.50 – -0.26 | <0.001 |
| Monat [03] | -0.25 | 0.07 | -0.38 – -0.11 | <0.001 |
| Monat [04] | 0.2 | 0.08 | 0.05 – 0.35 | 0.008 |
| Monat [05] | 0.42 | 0.08 | 0.26 – 0.58 | <0.001 |
| Monat [06] | 0.36 | 0.09 | 0.19 – 0.54 | <0.001 |
| Monat [07] | 0.13 | 0.09 | -0.05 – 0.31 | 0.155 |
| Monat [08] | 0.2 | 0.09 | 0.02 – 0.37 | 0.026 |
| Monat [09] | 0.4 | 0.08 | 0.24 – 0.56 | <0.001 |
| Monat [10] | 0.24 | 0.07 | 0.09 – 0.39 | 0.001 |
| Monat [11] | 0.23 | 0.07 | 0.10 – 0.36 | 0.001 |
| Monat [12] | 0.28 | 0.06 | 0.16 – 0.40 | <0.001 |

Anmerkungen: CI = Konfidenzintervall; Dies ist der Wertebereich, zwischen dem die Schätzung (Estimate) innerhalb eines bestimmten Vertrauensniveaus (95%) liegt, wenn der Test wiederholt wird / Fettgedruckte p Werte sind signifikant; die anderen nicht

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass der wichtigste Prädiktor zur Einschätzung von Besucherzahlen vom Aussichtsturm Hochwacht das Wochenende ist, gefolgt vom Lockdown und der Sonnenscheindauer. Negative Effekte haben die Monate Februar und März sowie der

Halbtagesniederschlag. Die Tabelle 3 zeigt zudem auf, dass die Varianz (σ^2) zwischen den Jahren (Random Effekt) relativ hoch ist.

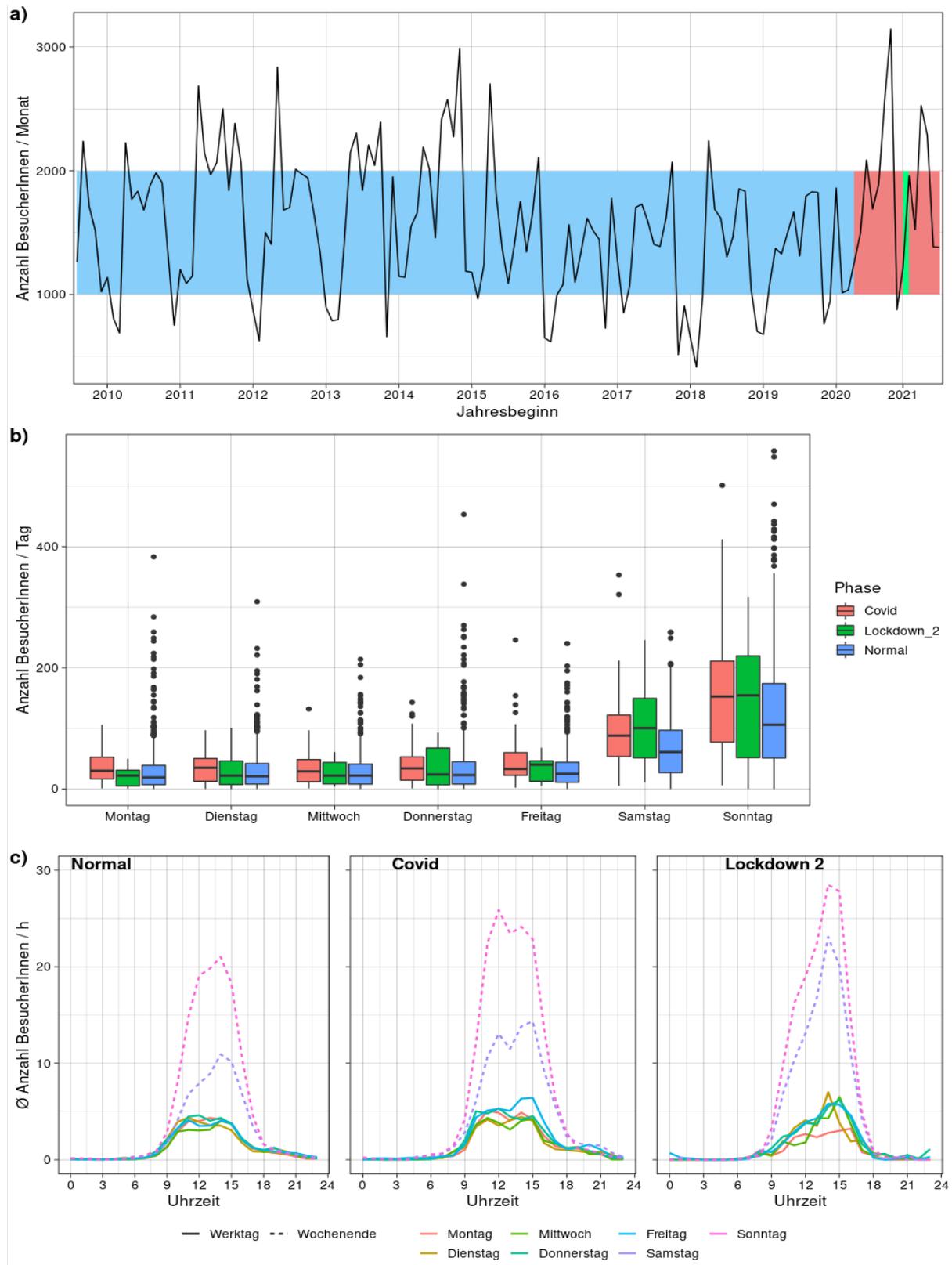


Abbildung 2: Besucherzahlen nach Monat (a), Tag (b) und Stunde (c)

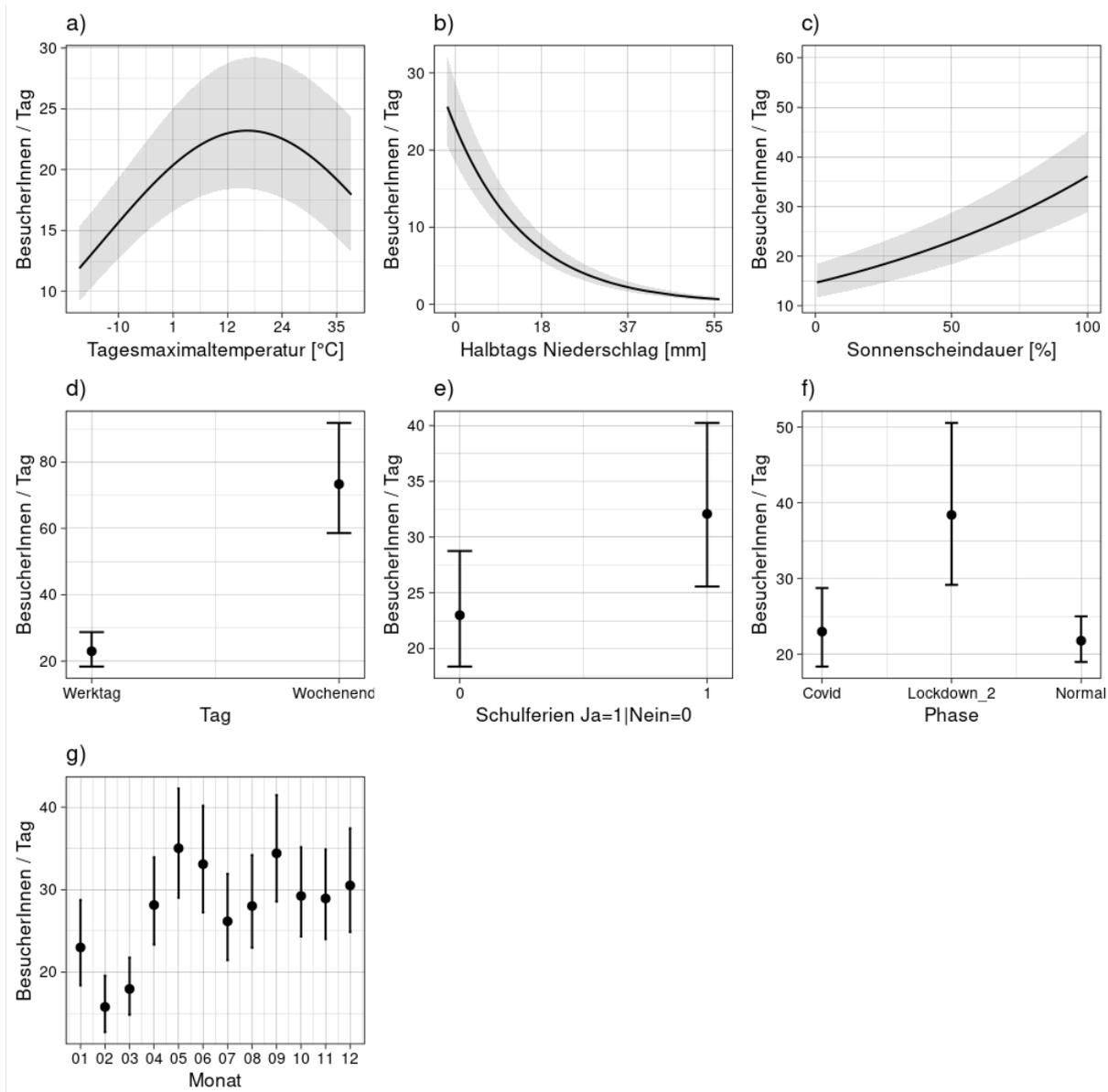


Abbildung 3: Abhängigkeit der Besucherzahlen nach Tagesmaximaltemperatur (a), Niederschlag Halbtages-Summe von 06:00 bis 18:00 (b), Sonnenscheindauer (c), Tag (d), Schulferien (e), Phase (f) und Monat (g).

Die Abbildung 3 zeigt auf, dass im Ganzen der Monat Mai am meisten sowie Februar am wenigsten BesucherInnen verzeichnen. Des Weiteren wurden mehr BesucherInnen während, als ausserhalb der Schulferien gezählt und es gab auch deutlich mehr BesucherInnen während den Wochenenden im Vergleich zu den Werktagen. Zu den Covid-Phasen lässt sich feststellen, dass es während dem Lockdown deutlich mehr BesucherInnen gab, jedoch unterscheiden sich die Phasen Covid und Normal nicht signifikant. Auch lässt sich sagen, dass mit zunehmender Sonnenscheindauer die Besucherzahl stieg und mit zunehmenden Halbtagesniederschlag wiederum sank. Bezüglich der Tagesmaximaltemperatur kann man einen Anstieg der Anzahl von Besuchenden beobachten, bis sich bei ca. 18° C ein Rückgang bemerkbar macht.

Tabelle 3

Random Effekt

| | |
|------------------------------|---------------|
| σ^2 | 0.48 |
| N Jahr | 13 |
| Beobachtungen | 4260 |
| Marginal R2 / Conditional R2 | 0.610 / 0.621 |

Anmerkungen: σ^2 = Varianz zwischen den Jahren (Random Effekt) / Der Marginal R2 berücksichtigt nur die Varianz der festen Effekte (ohne Random Effekt); der Conditional R2 berücksichtigt sowohl die Varianz der festen Effekte als auch des Random Effekt

Diskussion

Es hat sich gezeigt, dass die Besucherzahlen während der Covid-Pandemie deutlich gestiegen sind und teilweise auch von einer sprunghaften Verdopplung gesprochen werden kann, wie dies auch Derks et al. (2020) bereits beschrieben haben. Im Vergleich wird jedoch deutlich, dass bereits in Vorjahren ähnlich hohe Besucherzahlen erfasst wurden. Zudem muss erwähnt werden, dass der Unterschied der Besucherzahlen zwischen den normalen Jahren vor der Corona-Pandemie und den darauffolgenden Jahren während der Pandemie sowie dem zweiten Lockdown nicht signifikant sind. Nichtsdestotrotz hat der zweite Lockdown einen starken positiven Effekt auf die Besucherzahlen. So wurde auch bei einer von Egeter et al. (2020) durchgeführten Befragung im Kanton Zürich, der Wald und der Waldrand als Grünräume angegeben, welche während dem Lockdown vermehrt aufgesucht wurden.

Aus den Ergebnissen der Befragung von Wunderlich et. al (2021: 50) geht nun weiter hervor, dass insgesamt weniger Menschen den Wald besuchen, dies jedoch in einer höheren Frequenz taten. Auch aus der hier vorliegenden Arbeit geht hervor, dass sich die Besuchermuster leicht verschoben haben von einer gleichmässigen Verteilung mit zwei leichten Höhepunkten vor der Covid-Pandemie, hin zu einem deutlichen Höhepunkt am Nachmittag während des zweiten Lockdowns, ähnlich wie dies auch von Derks et. al (2020: 4) aufgezeigt wird.

Die Resultate dieser Untersuchung haben gezeigt, dass die Besucherzahlen stark abhängig sind von den Wetterparametern, so wie dies bereits von Schnabel-Jung und Wipf (2021: 57) im Naturzentrum Greifensee beobachtet wurde. So steigen die Besucherzahlen mit der Tagesmaximaltemperatur sowie mit der Sonnenscheindauer und sinken mit der Halbtagesniederschlagsmenge. Diesen positiven Effekt der Lufttemperatur auf die

Besuchersfrequenz wird auch von Millhäuser et. al (2016: 56) bekräftigt. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die im Frühjahr 2020 landesweit hohen Besucherzahlen in den Wäldern und Naturschutzgebieten sowohl an den aussergewöhnlich hohen Temperaturen lagen als auch an den Effekt des ersten Lockdowns.

Literaturverzeichnis

- Bates, Douglas/Maechler, Martin/Bolker, Ben/Walker, Steve (2017): lme4: Linear Mixed-Effects Models using 'Eigen' and S4. Version: 1.1-14. <https://mran.microsoft.com/snapshot/2017-12-13/web/packages/lme4/index.html> (09.11.2021)
- Dengler, Jürgen/Egeler, Gian Andrea/Widmer, Stefan (2021): Statistik mit R für UmweltwissenschaftlerInnen. Skript Version 22. Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR), ZHAW. Wädenswil.
- Derks, Jakob/Giessen, Lukas/Winkel, Georg (2020): COVID-19-induced visitor boom reveals the importance of forests as critical infrastructure. In: Forest Policy and Economics, Volume 118.
- Egeter, Manuela/Finger-Stich, Andréa/Karn, Susanne/Ketterer Bonnelame, Lea/Schellenberger, Susanne/Siegrist, Dominik (2020): Bleiben Sie zu Hause. Bitte. Alle. Zwei Befragungen zum Freizeitverhalten der Bevölkerung in Bezug auf Frei- und Grünräume während der Coronakrise in der Schweiz. Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Frei- raum. OST Ostschweizer Fachhochschule, Nr. 18. Rapperswil.
- Kittl, Beate/Lässig, Reinhard (2020): Der Corona-Lockdown veränderte die Waldbesuche der Schweizer Bevölkerung. News WSL 03.06.2020. <https://www.wsl.ch/de/newsseiten/06/der-corona-lockdown-veraenderte-die-waldbesuche-der-schweizer-bevoelkerung.html#tabelle1-tab1> (15.12.2021)
- Lüdecke, Daniel (2021): sjPlot. Data Visualization for Statistics in Social Science. Version: 2.8.10. <https://cran.r-project.org/web/packages/sjPlot/index.html> (09.11.2021)
- Millhäusler, Andrea/Anderwald, Pia/Haeni, Matthias /Haller, Rudolf M. (2016): Publicity, economics and weather. Changes in visitor numbers to a European National Park over 8 years. In: Journal of Outdoor Recreation and Tourism 16. S. 50–57.
- McGinlay, James/Gkoumas, Vassilis/ Holtvoeth, Jens/Armas Fuertes, Ruyman Federico/Bazhenova, Elena et al. (2020): The Impact of COVID-19 on the Management of European Protected Areas and Policy Implications. In: Forests 2020, 11, 1214.

- Ritchie, Hannah/Mathieu, Edouard/Rodés-Guirao, Lucas/Appel, Cameron/Giattino, Charlie/Ortiz-Ospina, Esteban/Hasell, Joe/Macdonald, Bobbie/Beltekian, Diana/Roser, Max (2020): Coronavirus Pandemic (COVID-19). Google Mobility Trends. OurWorldInData.org <https://ourworldindata.org/covid-google-mobility-trends> (15.12.2021).
- Schielzeth, Holger/Dingemanse, Niels J./Nakagawa, Shinichi /Westneat, David F./Allegue, Hassen/Teplitsky, Céline/Réale, Denis/Dochtermann, Ned A./Garamszegi, László Zsolt/Araya-Ajoy, Yimen G (2020): Robustness of linear mixed-effects models to violations of distributional assumptions. In: *Methods in Ecology and Evolution* 2020, 11, S. 1141–1152.
- Schnabel-Jung, Ute/Wipf, Sonja (2021): Extreme Besucherströme bringen neue Herausforderungen für Schutzgebiete. In: *WSL Berichte*, Vol. 115, Erholsame Landschaft, S. 57-61.
- Weinbrenner, Hannes/Breithut, Jasmin/Hebermehl, Wiebke/Kaufmann, Anna/Klinger, Tabea/Palm, Therese/Wirth, Kristina (2021): The Forest Has Become Our New Living Room. The Critical Importance of Urban Forests During the COVID-19 Pandemic. In: *Frontiers in Forests and Global Change* www.frontiersin.org, Volume 4, Article 672909.
- Wickham, Hadley/Chang, Winston/Henry, Lionel/Lin Pedersen, Thomas/Takahashi, Kohnske/Wilke, Claus/Woo, Kara/Yutani, Hiroaki/Dunnington, Dewey (2016): *ggplot2. Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics*. Version: 3.3.5. <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2> (09.11.2021).
- Wunderlich, Anne C./Salak, Boris/Hegetschweiler, Tessa/Bauer, Nicole/Hunziker, Marcel (2021): The woods are calling. Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Schweizer Waldbesuche. In: *WSL Berichte*, Vol. 115, Erholsame Landschaft, S. 49-52.

Anhang

```
1 #Verlauf der Besuchszahlen Monatlich#####
2 depo_m=depo %>%
3   group_by(Jahr, Monat, Phase)%>%
4   summarise(Total = sum(Total))
5
6 summary(depo_m)
7
8 ggplot(data = depo_m, mapping = aes(Ym, Total, group = 1))+
9   geom_rect(mapping = aes(xmin="2021 01", xmax="2021 02",
10     ymin=1000, ymax=2000),
11     fill = "springgreen", alpha = 0.6, colour = NA)+
12   geom_rect(mapping = aes(xmin="2020 04", xmax="2021 01",
13     ymin=1000, ymax=2000),
14     fill = "lightcoral", alpha = 0.6, colour = NA)+
15   geom_rect(mapping = aes(xmin="2021 02", xmax="2021 07",
16     ymin=1000, ymax=2000),
17     fill = "lightcoral", alpha = 0.4, colour = NA)+
18   geom_rect(mapping = aes(xmin="2009 00", xmax="2020 04",
19     ymin=1000, ymax=2000), fill = "lightskyblue")+
20   geom_line()+
21   scale_x_discrete(breaks = c("2010 01", "2011 01", "2012 01", "2013 01",
22     "2014 01", "2015 01", "2016 01", "2017 01",
23     "2018 01", "2019 01", "2020 01", "2021 01"),
24     labels = c("2010", "2011", "2012", "2013",
25     "2014", "2015", "2016", "2017",
26     "2018", "2019", "2020", "2021"))+
27   labs(x="Jahresbeginn",y="Anzahl BesucherInnen / Monat")+
28   theme_linedraw(base_size = 13)
```

```
29 #Wochengang#####
30 depo_d=depo %>%
31   group_by(Datum, Wochentag, Wochenende, KW, Monat, Jahr, Phase)%>%
32   summarise(Total = sum(Total))
33
34
35 depo_d%>%
36   group_by(Wochentag)%>%
37   summarise(WeMean=mean(Total))
38
39 depo_d%>%
40   group_by(Wochenende)%>%
41   summarise(WeMean=mean(Total))
42
43 depo_d%>%
44   ggplot(aes(x=Wochentag,y=Total,fill=Phase))+
45   geom_boxplot()+
46   theme_linedraw(base_size = 13)+
47   labs(x="", y="Anzahl BesucherInnen / Tag")
48   annotate("text", x = "Montag", y = 530,label="A", size=5)+
49   annotate("text", x = "Dienstag", y = 530,label="B", size=5)+
50   annotate("text", x = "Mittwoch", y = 530,label="C", size=5)+
51   annotate("text", x = "Donnerstag", y = 530,label="D", size=5)+
52   annotate("text", x = "Freitag", y = 530,label="E", size=5)+
53   annotate("text", x = "Samstag", y = 530,label="F", size=5)+
54   annotate("text", x = "Sonntag", y = 530,label="G", size=5)+
55   scale_y_continuous(limits = c(0,530))
56 #Tagesgang#####
57
58
59 mean_tag=depo%>%
60   group_by(Wochentag, Stunde)%>%
61   summarise(Total=mean(Total))
```

```
63 mean_phase=depo%>%
64   group_by(Phase, Stunde)%>%
65   summarise(Total=mean(Total))
66
67 mean_h= depo%>%
68   group_by(Wochentag, Stunde, Phase, Wochenende) %>%
69   summarise(Mittelw_Total=mean(Total))
70
71
72 Vor_Corona=mean_h%>%
73   filter(Phase=="Normal")%>%
74   ggplot(aes(Stunde,Mittelw_Total, group= Wochentag, color=Wochentag,
75     linetype=Wochenende))+
76   geom_line(size=0.4)+
77   scale_y_continuous(limits = c(0,30))+
78   scale_x_continuous(breaks = c(00,03,06,09,12,15,18,21,24))+
79   theme_linedraw(13)+
80   labs(x="Uhrzeit",y="0 Anzahl BesucherInnen / h")+
81   guides(linetype=guide_legend(title = ""),color=guide_legend(title = ""))
82
83
84
85 Waehrend_C=mean_h%>%
86   filter(Phase=="Covid")%>%
87   ggplot(aes(Stunde,Mittelw_Total, group= Wochentag, color=Wochentag,
88     linetype=Wochenende))+
89   geom_line(size=0.8)+
90   scale_y_continuous(limits = c(0,30))+
91   scale_x_continuous(breaks = c(00,03,06,09,12,15,18,21,24))+
92   theme_linedraw(13)+
93   labs(x="Uhrzeit",y="0 Anzahl BesucherInnen / h")+
94   guides(linetype=guide_legend(title = ""),color=guide_legend(title = ""))
```

```

97
98 Lockdown2=mean_hk>%
99 filter(Phase=="Lockdown_2")>%
100 ggplot(aes(Stunde,Mittelw_Total, group=Wochentag, color=Wochentag,
101           linetype=Wochenende))+
102   geom_line(size=0.8)+
103   scale_y_continuous(limits = c(0,30))+
104   scale_x_continuous(breaks = c(00,03,06,09,12,15,18,21,24))+
105   theme_linedraw(13)+
106   labs(x="Uhrzeit",y="0 Anzahl BesucherInnen / h")+
107   guides(linetype=guide_legend(title = ""),color=guide_legend(title = ""))
108
109
110
111
112
113 ggarrange(Vor_Corona,
114           Waehrend_C+
115             rremove("y.text")+
116             rremove("y.title"),
117           Lockdown2+
118             rremove("y.text")+
119             rremove("y.title"),
120           ncol = 3, nrow = 1,
121           widths = c(1,0.93,0.93),
122           labels = c("Normal", "Covid", "lockdown 2"),
123           label.x = 0.1,
124           label.y = 0.99,
125           common.legend = TRUE, legend = "bottom")
126 #Modell Visualisierung#####
127 Tages_Model8=glmer.nb(Total-tre200jx_scaled +I(tre200jx_scaled^2)
128                      + rre150j0_scaled+ sremaxdv_scaled+
129                      Wochentag + Schulferien + Phase+ Monat+
130                      (1Jahr), data = umwelt)

```

```

132 plot(Tages_Model8, type = c("p", "smooth")) # Verteilung der Residuen
133
134 lattice::qqmath(Tages_Model8) # Pruefen auf Normalverteilung
135
136 dispersion_glmr(Tages_Model8) # Overdispersion
137 #it shouldn't be over 1.4
138
139 r.squaredGLMM(Tages_Model8) # zeige die erklarte Varianz
140 #Modell Visualisierung#####
141 t=plot_model(Tages_Model8, type = "pred", #Tagesmaximaltemperatur
142             terms = "tre200jx_scaled [all]",
143             title = "a"), axis.tittle = c("Tagesmaximaltemperatur [°C]",
144                                           "BesucherInnen / Tag"))
145 labels <- round(seq(floor(min(umwelt$tre200jx)), ceiling(max(umwelt$tre200jx)),
146                    length.out = 5), 0)
147 p1=t + scale_x_continuous(breaks = c(-2,-1,0,1,2),
148                          labels = c(labels))+
149   theme_linedraw(13)
150
151
152 p4=plot_model(Tages_Model8, #Wochenende
153             type = "pred",
154             terms = "Wochenende [all]",
155             title = "d"), axis.title = c("Tag",
156                                           "BesucherInnen / Tag"))+
157   theme_linedraw(13)
158
159
160 p5=plot_model(Tages_Model8, #Ferien
161             type = "pred",
162             terms = "Schulferien [all]",
163             title = "e"), axis.title = c("Schulferien Ja=i(Nein=0)",
164                                           "BesucherInnen / Tag"))+
165   theme_linedraw(13)

```

```

168 t=plot_model(Tages_Model8, type = "pred", terms = "rre150j0_scaled [all]", #Niederschlag
169             title = "b"), axis.tittle = c("Halbtags Niederschlag [mm]",
170                                           "BesucherInnen / Tag"))
171 labels <- round(seq(floor(min(umwelt$rre150j0)), ceiling(max(umwelt$rre150j0)),
172                    length.out = 4), 0)
173 p2=t + scale_x_continuous(breaks = c(0,4,8,12),
174                          labels = c(labels))+
175   theme_linedraw(13)
176
177
178 t=plot_model(Tages_Model8,type = "pred", terms = "sremaxdv_scaled [all]", #Sonnenschein
179             title = "c"), axis.title = c("Sonnenscheindauer [h]",
180                                           "BesucherInnen / Tag"))
181 labels <- round(seq(floor(min(umwelt$sremaxdv)), ceiling(max(umwelt$sremaxdv)),
182                    length.out = 3), 0)
183 p3=t + scale_x_continuous(breaks = c(-1,0,1),limits = c(-1,1),
184                          labels = c(labels))+
185   theme_linedraw(13)
186
187
188 p6=plot_model(Tages_Model8, type = "pred", terms = "Phase [all]", #Phase
189             title = "f"), axis.title = c("Phase",
190                                           "BesucherInnen / Tag"))+
191   theme_linedraw(13)
192
193
194 p7=plot_model(Tages_Model8,type = "pred", terms = "Monat", #Monat
195             title = "g"), axis.title = c("Monat",
196                                           "BesucherInnen / Tag"))+
197   theme_linedraw(13)
198
199
200 grid.arrange(p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,nrow=1)

```