
Digitales Besuchermanagement in Nationalparks

Nutzung von digitalen Medien für das
Besuchermanagement in Schutzgebieten
- Abschlussbericht -

Förderung durch:

Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Projektnummer: 37284/01 – 33/0

Projektbeginn: 01.02.2022

Laufzeit: 30 Monate (kostenneutral verlängert auf 36 Monate)

vorgelegt von:

Max Mangold, Sachgebiet für Nationalparkmonitoring und Tier-Freigelände, Nationalparkverwaltung
Bayerischer Wald

Julia Zink, Sachgebiet für Regionales Netzwerk, Besuchermanagement und Nationalparkwacht,
Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald

Prof. Dr. Marco Heurich, Sachgebiet für Nationalparkmonitoring und Tier-Freigelände,
Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald

Grafenau, den 30.04.2025

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Projektkennblatt

Projektdurchführung

Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald
Sachgebiet für Nationalparkmonitoring und Tier-Freigelände
Freyunger Str. 2
94481 Grafenau

Zielsetzung

In den letzten Jahren wurden im Nationalpark Bayerischer Wald (NPBW) sowie in Nationalparks weltweit ein Anstieg der Besucherzahlen beobachtet. Zeitgleich kam es im Bereich des Outdoorsports zu einer immer weiter voranschreitenden Digitalisierung, wodurch digitale und soziale Medien auch für Nationalparkbesucher eine immer größere Rolle spielen. So werden beispielsweise Outdoor-Routenportale von Besuchern verwendet, um Informationen zu sammeln, Routen zu planen oder diese mit anderen Nutzern zu teilen. Dies birgt jedoch vor allem in Schutzgebieten Potential für Konflikte, da es dadurch zur unkontrollierten Verbreitung von teils unzulässigen Wander- und Radrouten kommt. Dies wiederum kann ein hohes Störungspotential auf Wildtiere mit sich ziehen, was sich negativ auf die Naturschutzziele auswirken kann. Die Nutzung digitaler Medien eröffnet jedoch auch Chancen für Schutzgebiete. So können beispielsweise Regeln und Vorschriften über Online-Plattformen breiten Bevölkerungsschichten nahegebracht und das Besucherverhalten durch die bereitgestellten Inhalte und Informationen beeinflusst werden. In immer mehr Schutzgebieten steigt aktuell das Bewusstsein für die aus der Nutzung digitaler Medien resultierenden Probleme sowie Chancen und es wird ein klarer Handlungsbedarf im Bereich des digitalen Besuchermanagements erkannt.

Ziel des Projekts ist es zu ermitteln, ob durch die Kontrolle und Beeinflussung der auf den Online-Plattformen von Outdoor-Apps bereitgestellten Daten das Besucherverhalten und die Wegenutzung in Nationalparks beeinflusst werden kann. Hierdurch sollen negative Auswirkungen der Besucher auf die Ökosysteme im Nationalpark abgeschwächt werden. Dies kann als digitales Besuchermanagement verstanden werden. Als Zwischenziel wurde hierfür eine Methode entwickelt, um Daten von Online-Plattformen für ein digitales Besuchermonitoring zu verwenden. Das Projekt wurde durch die Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald durchgeführt.

Arbeitsschritte

Im Fokus des Projekts steht die Entwicklung, Umsetzung und Evaluierung von Maßnahmen des digitalen Besuchermanagements. Mit diesen Maßnahmen sollen Schutzgebietsverwaltungen den Herausforderungen, die infolge der Digitalisierung der Erholungsnutzung entstehen, entgegenwirken.

Zu Beginn des Projekts wurde eine Erhebung zur Nutzung digitaler Medien in deutschen Nationalparks durchgeführt. Basierend auf den Ergebnissen der Befragung wurden Maßnahmen des digitalen Besuchermanagements entwickelt und im NPBW erprobt. Anhand eines im Rahmen dieses Projekts entwickelten digitalen Besuchermonitoringsystems unter Verwendung digitaler Datenquellen erfolgt die Evaluierung der durchgeführten Managementmaßnahmen.

Das Projekt war in Arbeitspakete gegliedert:

1. Erfassung des Status quo zum digitalen Besuchermanagement in anderen Nationalparks mittels einer Befragung.

2. Entwicklung eines digitalen Besuchermonitorings und Validierung dessen mit klassischen Methoden des Besuchermonitorings (z.B. automatische Zählgeräte im Gelände).
3. Planung und Durchführung von digitalen Managementmaßnahmen. Hierbei werden Best-Practice-Beispiele, die über die Befragung im Arbeitspaket 1 erfasst wurden, erprobt und in die Praxis umgesetzt.
4. Evaluierung der Wirksamkeit der Managementmaßnahmen mithilfe des in Arbeitspaket 2 entwickelten Besuchermonitoringsystems. Hierbei werden zum einen die Effekte auf Besucher und potenzielle Änderungen in deren Bewegungsmustern ausgewertet, zum anderen die Auswirkungen auf das Verhalten von Wildtieren ermittelt.
5. Vorstellung der Projektergebnisse für die Naturschutzpraxis über einen Workshop mit praktischen Elementen, in denen die Methoden des digitalen Besuchermanagements vermittelt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die zu Projektbeginn durchgeführte Befragung zeigte, dass die deutschen Nationalparks sowohl Chancen als auch Herausforderungen in der voranschreitenden Digitalisierung sehen. Chancen werden insbesondere in der Etablierung neuer Methoden zur Besucherinformation und für das Besuchermonitoring gesehen. Herausforderungen in der unkontrollierten Verbreitung von digitalen Inhalten und einer damit einhergehenden Zunahme von Besuchern abseits der offiziellen Wege sowie in vormals wenig bekannten störungsempfindlichen Gebieten.

Das im NPBW etablierte digitale Besuchermonitoring konnte detaillierte Einblicke in die räumliche und zeitliche Verteilung der Besucher bieten. Über ein Verschneiden mit dem Wegenetz konnten auch regelwidrige Aktivitäten identifiziert werden. Die Erschließung weiterer Datenquellen stellt eine Herausforderung dar, da nur wenige Plattformen bereit sind ihre Daten mit Schutzgebieten zu teilen. Parallel zum Besuchermonitoring wurde ein digitales Besuchermanagement aufgebaut. Insbesondere Digitalisierung von, auf den im Nationalpark verlaufenden Wegen geltenden, Regeln in OpenStreetMap (OSM) wurde systematisch ausgebaut. Zusätzlich wurde Kontakt mit Plattformbetreibern und –Nutzern aufgenommen, um diese für die Belange des Naturschutzes zu sensibilisieren. Zusätzlich wurden offizielle Routenvorschläge auf die einschlägigen Tourenportale geladen, um das offizielle Wegenetz zu bewerben.

Die Evaluierung der Bearbeitung von OSM konnte keinen signifikanten Effekt auf die Regelmäßigkeit der auf Tourenportalen hochgeladenen Inhalte finden. Möglicherweise reichten die zur Verfügung stehenden Daten nicht aus, um einen solchen Trend festzustellen. Es ist aber auch möglich, dass die Effekte sich erst über längere Zeiträume zeigen werden. Die Bewerbung des offiziellen Wegenetzes über Routenvorschläge kann als erfolgreich angesehen werden, da die Reichweite der vom Nationalpark erstellten Routen im Median höher ist, als die von Routen anderer Urheber.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Im Rahmen des Projekts wurden drei Vorträge bei wissenschaftlichen Fachkonferenzen gehalten und eine universitäre Lehrveranstaltung organisiert. Des Weiteren nahmen Projektmitarbeiter an mehreren Workshops teil. Über einen Vortrag bei der Jahrestagung der AG Forschung und Monitoring der Nationalen Naturlandschaften e.V. konnten die Projektergebnisse mit Mitarbeitern zahlreicher deutscher Großschutzgebiete geteilt werden. Des Weiteren wurde zum Projektabschluss ein Online-Workshop

durchgeführt, an dem mehrere Nationalparks aus Deutschland und Österreich teilnahmen. In diesem Workshop wurden die im Projekt entwickelten Managementmethoden durch interaktive Übungen vermittelt, sodass die Teilnehmer diese in ihren eigenen Parks anwenden können. Zu Projektabschluss waren bereits zwei Artikel in renommierten Fachzeitschriften erschienen, zwei weitere befinden sich in der Vorbereitung zur Publikation.

Fazit

Die Mehrheit der deutschen Nationalparks sieht das digitale Besuchermanagement positiv und plant, es verstärkt einzusetzen. Im NPBW hat sich das digitale Besuchermanagement bewährt. Regeln wurden in OSM integriert und von Tourenportalen genutzt. Besucher wurden über soziale Medien sensibilisiert und auf regelwidriges Verhalten hingewiesen. Ein digitales Besuchermonitoring bietet detaillierte Einblicke in die Besucheraktivität. Daten von Tourenplattformen ermöglichen eine hoch aufgelöste Darstellung der Besucherverteilung, doch der Datenaustausch wird durch Datenschutzbedenken der Plattformbetreiber erschwert. Um den Zugang zu anonymisierten Daten zu verbessern, soll der Kontakt zu den Plattformen ausgebaut und Datennutzungsvereinbarungen angestrebt werden.

Inhalt

Projektkennblatt.....	i
Projektdurchführung.....	i
Zielsetzung.....	i
Arbeitsschritte.....	i
Ergebnisse und Diskussion.....	ii
Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation.....	ii
Fazit.....	iii
Zusammenfassung.....	1
Bericht.....	2
1 Einführung.....	2
1.2 Problembeschreibung.....	2
1.2 Zielsetzung.....	3
2 Methodik.....	3
2.1 Arbeitspaket 1: Erfassung des Status quo zum digitalen Besuchermanagement in deutschen Nationalparks.....	3
2.2 Arbeitspaket 2: Entwicklung eines digitalen Besuchermonitorings.....	4
2.3 Arbeitspaket 3: Planung und Entwicklung von Managementmaßnahmen.....	7
2.4 Arbeitspaket 4: Evaluierung des digitalen Besuchermanagements.....	8
3 Projektergebnisse.....	13
3.1 Arbeitspaket 1: Erfassung des Status quo zum digitalen Besuchermanagement in deutschen Nationalparkverwaltungen.....	13
3.2 Arbeitspaket 2: Entwicklung eines digitalen Besuchermonitorings.....	16
3.2.1 Routen von Tourenportalen (Outdooractive & Bikemap).....	16
3.2.2 Monitoring von Points-of-Interest (Komoot-Highlights).....	18
3.3 Arbeitspaket 3: Managementmaßnahmen.....	19
3.4 Arbeitspaket 4: Evaluierung des digitalen Besuchermanagements.....	21
4 Öffentlichkeitsarbeit/Veröffentlichungen/Vorträge.....	26
4.1 Abschlussworkshop.....	26
4.2 Veröffentlichungen:.....	26
4.3 Vorträge und Workshops.....	26
5 Fazit und Ausblick.....	28
Literaturangaben.....	29
Anhang.....	32

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 – Das markierte Wegenetz des Nationalparks Bayerischer Wald	5
Abb. 2 – Screenshots aus der Outdooractive App für IOS	9
Abb. 3 – Streifgebiete der mit GPS-Sendern versehenen Rothirsche auf der Fläche des NPBW	12
Abb. 4. Plattformen über welche die Parks Informationen für Besucher bereitstellen	13
Abb. 5 Likert-Skalen zur Einschätzung von potenziellen Chancen und Herausforderungen die in Verbindung mit der Digitalisierung in der Outdoorerholung in Nationalparks stehen	15
Abb. 6 - Jährliche Anzahl neuer Routen die auf der Fläche des Nationalparks Bayerischer Wald erstellt wurden, nach Aktivitätsart	16
Abb. 7 – Verteilung der Routen für Routen von Aktivitäten zu Fuß (links) und per Rad (rechts)	16
Abb. 8 – Räumliche Verteilung der regelwidrigen Routen	17
Abb. 9 – Entwicklung der Komoot-Highlights über die Projektlaufzeit	18
Abb. 10 – Räumliche Verteilung der Komoot-Highlights auf der Fläche des Nationalparks Bayerischer Wald	19
Abb. 11 – Die Verwendung von so genannten Tags für Wege in OpenStreetMap beeinflusst, wie diese in Kartenanwendungen und Tourenportalen dargestellt werden	19
Abb. 12 – Warnhinweise bei einem Komoot Highlight (links) und beim Erstellen einer Tourenplanung in Komoot	19
Abb. 13 – Vom digitalen Besuchermanagement des Nationalparks Bayerischer Wald erstellte Kommentare zu Komoot-Highlights	20
Abb. 14 – Routenvorschläge des Nationalparks Bayerischer Wald auf dem Tourenportal Komoot	21
Abb. 15 – Kumulative Anzahl der Routen durch den Nationalpark Bayerischer Wald (NPBW)	22
Abb. 16 - Entwicklung der regelbezogenen Tags in OpenStreetMap auf dem Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald	24
Abb. 17 – Anteil neu erstellter regelwidriger Routen auf Outdooractive	25

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 In der Befragung wurden für die zentralen Item-Batterien zwei verschiedene Skalen verwendet	4
Tab. 2 Liste der in der Analyse berücksichtigten OpenStreetMap Tags	10
Tab. 3 – Anzahl der jährlich neu mit GPS-Sendern ausgestatteten Rothirsche	11
Tab. 4 – Nationalparks, die an der Umfrage teilnahmen	13
Tab. 5 – Anzahl der Routen vor und nach der Datenbereinigung nach Quelle	16
Tab. 6 - Die Routen klassifiziert nach ihrer Regelhaftigkeit sowie nach der Quelle (Partner bzw. Community)	17

Zusammenfassung

In den letzten Jahren kam es im Bereich des Outdoorsports zu einer immer weiter voranschreitenden Digitalisierung, wodurch digitale und soziale Medien auch für Nationalparkbesucher eine immer größere Rolle spielen. Dies birgt jedoch vor allem in Schutzgebieten Potential für Konflikte, da es dadurch zur unkontrollierten Verbreitung von teils unzulässigen Wander- und Radrouten kommt. Digitale Medien können aber auch aktiv von Schutzgebieten genutzt werden. Beispielsweise können Regeln und Vorschriften über Online-Plattformen kommuniziert werden und digitale Datenquellen für das Monitoring erschlossen werden. So steigt in vielen der deutschen Nationalparkverwaltungen das Bewusstsein für die aus der Nutzung digitaler Medien resultierenden Probleme und Chancen und es wird klarer Handlungsbedarf im Bereich des digitalen Besuchermanagements erkannt. Dieses Forschungsprojekt hatte das Ziel Methoden für das digitale Besuchermanagement zu entwickeln und in der Praxis zu erproben.

Der aktuelle Stand des digitalen Besuchermanagements in den deutschen Nationalparks wurde im Arbeitspaket 1 über eine Online-Befragung von 13 deutschen Nationalparks untersucht. Eine klare Mehrheit der Nationalparks sieht Chancen in der Digitalisierung, zum Beispiel für das Besuchermonitoring. Es werden aber auch Herausforderungen gesehen. Unter anderem würden sich mehr Besucher abseits der Wege aufhalten. Die Mehrheit der Parks hält es für wahrscheinlich in Zukunft Methoden des digitalen Besuchermanagements anzuwenden. Im Arbeitspaket 2 wurden Daten verschiedener Tourenportale analysiert um die Einblicke in die Besucherverteilung im Nationalpark Bayerischer Wald (NPBW) zu gewinnen. So konnten Einblicke in die räumliche Verteilung gewonnen und regelwidrige Nutzungen identifiziert werden: 14% der Wanderrouen und 31% der Radrouten im Nationalpark verstoßen gegen Nationalpark-Regeln. Im Arbeitspaket 3 wurden neue Maßnahmen des digitalen Besuchermanagements erprobt, darunter die Bearbeitung von OpenStreetMap (OSM), um Wege mit korrekten Attributen zu versehen und geltende Regeln sowie Sperrungen zu hinterlegen. Dies kann die Darstellung und Routenplanung in Outdoor-Apps positiv beeinflussen. Weitere Maßnahmen umfassen die Zusammenarbeit mit Betreibern und Nutzern von Online-Plattformen, um für Naturschutzbelangen zu sensibilisieren und regelwidrige Inhalte zu entfernen. Zudem werden Tourenvorschläge und Ausflugsziele digital über die Homepage des Nationalparks und verschiedene Tourenportale bereitgestellt. Um eine wissenschaftliche Begleitung und Kontrolle bezüglich Wirksamkeit der in Arbeitspaket 3 entwickelten Managementmaßnahmen sicherzustellen wurde in Arbeitspaket 4 eine Evaluierung dieser Maßnahmen durchgeführt. Der Fokus lag auf der Bearbeitung von OSM und deren Auswirkung auf die Regelmäßigkeit von Routen, die auf Tourenportalen hochgeladen werden. Ein direkter Effekt wurde nicht entdeckt. Des Weiteren wurde die Reichweite der vom Nationalpark veröffentlichten Routenvorschläge im Vergleich zu Routen anderen Ursprungs untersucht. Im Vergleich mit Routen anderer Urheber haben die Nationalparkeigenen Routen eine höhere Reichweite, allerdings ist keine von ihnen unter den zehn meistangesehenen Touren.

Das digitale Besuchermanagement konnte während der Projektlaufzeit fest im NPBW etabliert und weiter ausgebaut werden. Obwohl kein signifikanter Effekt der Bearbeitung von OSM festgestellt werden konnte, ist geplant die Daten weiter zu pflegen, da die positiven Effekte auf Kartendarstellung und Routenplanung, möglicherweise erst auf lange Sicht Wirkung zeigen werden. Es sollen auch weiterhin Routenvorschläge beworben werden und eine Weiterführung des digitalen Besuchermonitorings ist vorgesehen.

Bericht

1 Einführung

1.2 Problembeschreibung

In den letzten Jahren wurde in Nationalparks weltweit ein Anstieg der Besucherzahlen beobachtet (Balmford et al. 2015; Larson et al. 2016). Dieser Trend ist auch in deutschen Nationalparks zu beobachten (Mayer, Woltering 2017). Zeitgleich kam es im Bereich des Outdoorsports zu einer immer weiter voranschreitenden Digitalisierung, wodurch digitale und soziale Medien für Nationalparkbesucher eine immer größere Rolle spielen (Anderson et al. 2017). So werden beispielsweise Outdoor-Apps und Tourenportale von Besuchern verwendet, um Informationen zu sammeln, Routen zu planen oder diese mit anderen Nutzern online zu teilen. Solche Tourenportale verzeichnen in den letzten Jahren ein rasantes Wachstum, was sich in steigenden Nutzerzahlen widerspiegelt. So sind heute auf den im deutschsprachigen Raum bekanntesten Tourenportalen (Komoot, Outdooractive, AllTrails, Strava und Bikemap) insgesamt über 195 Millionen Nutzer registriert (Eigene Berechnung; AllTrails, Inc. 2023; Bikemap GmbH 2023; Outdooractive AG 2023b; Hille 2022; Strava, Inc. 2022b).

Insbesondere im Zusammenhang mit steigenden Besucherzahlen kann die verstärkte Nutzung digitaler Medien für die Planung und Durchführung von Outdooraktivitäten naturschutzfachlich kritisch betrachtet werden. Häufig findet keine Kontrolle online verfügbarer Inhalte vor deren Veröffentlichung statt, wodurch in einigen Fällen fehlerhafte oder unvollständige Informationen zu finden sind. Insbesondere Informationen zu Schutzgebieten und dort geltenden Verhaltensregeln sind nur selten auf Tourenportalen und anderen häufig genutzten Online-Plattformen zu finden. Folglich ist im Internet eine Vielzahl an Inhalten verfügbar, die gegen Regeln zum Schutz der Natur verstoßen (Norman, Pickering 2017; Barros et al. 2020). Diese bergen das Risiko weitere Nutzer von Tourenportale dazu zu animiert, regelwidrige Touren nachzuahmen und dabei ebenfalls Regeln zu missachten, wodurch zuvor unbekannte oder kaum besuchte Orte innerhalb kurzer Zeit große Bekanntheit erlangen und verstärkt aufgesucht werden können. In Schutzgebieten ist dies insbesondere problematisch, da sich solche Orte häufig in Lebens- und Rückzugsräumen störungssensibler und bedrohter Tierarten befinden. Dadurch erhöht sich das Potenzial für Störungen der Fauna, was mit einer Gefährdung der Schutzgüter einhergehen kann (Job et al. 2016; Peters et al. 2023).

Die Nutzung digitaler Medien eröffnet jedoch auch Chancen für Schutzgebiete. So können beispielsweise Regeln und Vorschriften über Online-Plattformen einer breiteren Masse nahegebracht und das Besucherverhalten durch die bereitgestellten Inhalte und Informationen beeinflusst werden. Solche Besucherlenkungsmaßnahmen sollten generell durch ein Besuchermonitoring begleitet werden, um ihre Effektivität zu validieren. Als problematisch hervorzuheben ist hierbei das, aufgrund fehlender sachlicher und personeller Kapazitäten, häufig mangelhafte oder gänzlich fehlende Besuchermonitoring in deutschen Nationalparks (Dupke et al. 2019). Daten von Tourenportalen und Sozialen Medien wurden in den vergangenen Jahren in mehreren Studien auf ihre Nutzbarkeit für Besuchermonitoring getestet und stellen eine potentielle Ergänzung des Besuchermonitoring dar (Barros et al. 2020; Heikinheimo et al. 2017; Venter et al. 2020). So können zum Beispiel Besucherbewegungen auf der gesamten Fläche, auch abseits von vorgegebenen Wegen und stationären Monitoringmaßnahmen wie zum Beispiel digitalen Zählgeräten, detailliert nachvollzogen werden. Tourenportalen und soziale Medien können

nicht nur für das Schutzgebietsmonitoring verwendet werden. Durch das Erstellen und Teilen eigener Inhalte können Nationalparks auch pro-aktiv für einen naturverträglichen Besuch werben und Besucher bereits vor ihrem Besuch über das Schutzgebiet informieren (Wilkins et al. 2020).

In vielen der deutschen Nationalparkverwaltungen steigt aufgrund der aktuellen Entwicklung das Bewusstsein für die aus der Nutzung digitaler Medien resultierenden Probleme und Chancen und es wird klarer Handlungsbedarf im Bereich des digitalen Besuchermanagements erkannt. Allerdings fehlt es in den deutschen Nationalparks häufig an personellen und finanziellen Kapazitäten, um sich intensiv mit dem digitalen Management von Besuchern auseinanderzusetzen (Dupke et al. 2019). Außerdem gibt es zum derzeitigen Zeitpunkt noch keine wissenschaftliche Evaluierung der Wirksamkeit der verschiedenen Maßnahmen des digitalen Besuchermanagements. Diese Lücken zu schließen ist das Ziel dieses Forschungsprojekts.

1.2 Zielsetzung

Im Fokus des Projekts stand die Entwicklung, Umsetzung und Evaluierung von Maßnahmen des digitalen Besuchermanagements. Mit diesen Maßnahmen sollen Schutzgebietsverwaltungen den Herausforderungen, die infolge der Digitalisierung der Erholungsnutzung entstehen, entgegenwirken.

Anhand eines im Rahmen dieses Projekts entwickelten digitalen Besuchermonitoringsystems unter Verwendung digitaler Datenquellen erfolgt die Evaluierung der durchgeführten Managementmaßnahmen. Damit soll untersucht werden, ob und inwieweit sich Bewegungsmuster von Besuchern verändern und durch lenkende Maßnahmen beeinflussen lassen. Zusätzlich sollte mittels Daten aus dem Wildtiermonitoring erfasst werden, wie sich ein verändertes Besucherverhalten auf das Raum-Zeit-Verhalten von Wildtieren auswirkt. So sollten Zusammenhänge zwischen Besucher- und Wildtierverhalten ermittelt und die Auswirkungen eines sich ändernden Besucherverhaltens auf Wildtiere über den Projektverlauf hinweg überprüft werden.

Um den Wissenstransfer in die Praxis zu gewährleisten wurden die Erkenntnisse des Projekts im Rahmen eines Workshops mit anderen Nationalparkverwaltungen aus Deutschland und Österreich geteilt.

2 Methodik

Zu Beginn des Projekts wurde eine Erhebung zur Nutzung digitaler Medien in deutschen Nationalparks durchgeführt. Die Befragung fand über einen Online-Fragebogen statt. Anschließend und auf den Befragungsergebnissen aufbauend wurden im NPBW Maßnahmen für das digitale Besuchermanagement umgesetzt und erweitert. Gleichzeitig wurde ein digitales Besuchermonitoring eingerichtet, das auf Daten von Tourenportalen basiert und auch nach dem Ende des Projekts weiterlaufen soll. Anhand dieses Besuchermonitoringsystems erfolgte eine Evaluierung der durchgeführten digitalen Managementmaßnahmen. Hierbei wurde untersucht, ob ein Effekt auf die Besucheraktivität nachgewiesen werden kann und wie gut die Bewerbung des offiziellen Wegenetzes über digitale Plattformen funktioniert.

2.1 Arbeitspaket 1: Erfassung des Status quo zum digitalen Besuchermanagement in deutschen Nationalparks.

Im Arbeitspaket 1 wurde der Entwicklungsstand des digitalen Besuchermanagements in deutschen Nationalparks untersucht. Hierzu fand zwischen September und Oktober 2022 eine Online-Befragung

von dreizehn deutschen Nationalparks statt. Des Weiteren sollten die befragten Parks potenzielle Risiken und Chancen im Kontext der Digitalisierung von Outdooraktivitäten bewerten. Hierfür wurde ein Online-Fragebogen an die jeweiligen Nationalparkverwaltungen geschickt.

Der Fragebogen gliederte sich in mehrere Bereiche. Eingeleitet wurde er durch Fragen zu Besucherzahl und Art der Erholungsnutzung. Weiter ging es mit einem Abschnitt zum nicht-digitalen Besuchermanagement. Die Fragen hierfür wurden von den IUCN (International Union for Conservation of Nature) Richtlinien zum Besuchermanagement abgeleitet (Eagles et al. 2002). Der zentrale Teil des Fragebogens handelte vom digitalen Besuchermanagement. Die Einschätzung der Chancen und Herausforderungen wurden über eine 5-Punkt Skala erfasst (Tab. 1). Dieselbe Skala wurde auch für die Einschätzung der Herausforderungen in der Implementierung des digitalen Besuchermanagements verwendet. Die Effektivität und die Herausforderungen des digitalen Besuchermanagements wurden über 4-Punkt-Rating-Skalen erfragt (Tab. 1). In den Skalen kamen, abhängig von der Fragestellung, verschiedene Ausweichoptionen vor. In der Item-Batterie, in der die Zustimmung zu Herausforderungen bzw. Chancen der Digitalisierung abgefragt wurde, gab es die Ausweichantwort „Weiß nicht“. Bei der Item-Batterie zur Einschätzung der Effektivität konkreter Maßnahmen des digitalen Besuchermanagements wurden zwei Ausweichoptionen angeboten. Die Befragten wurden bei dieser Frage dazu aufgefordert, „Keine Erfahrung“ anzugeben, wenn Sie diese Maßnahme noch nicht verwendet haben, und „Weiß nicht“, wenn sie der Meinung waren, die Effektivität der Maßnahme nicht bewerten können.

Für die Item-Batterie zur Einschätzung der Chancen und Herausforderungen wurden Mittelwertindizes berechnet. Die Werte 1-5 entsprechend der 5-Punkt Likert Skala. Ein Mittelwert nahe 1 bedeutet, dass die Teilnehmer den Items mehrheitlich nicht zugestimmt haben wohingegen ein Wert von 5 einen hohen Grad der Zustimmung zeigt.

Tab. 1 In der Befragung wurden für die zentralen Item-Batterien zwei verschiedene Skalen verwendet. Hier sind sie so dargestellt, wie in dem verwendeten Online-Fragebogen.

5-Punkt Rating Skala	Stimmt überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Neutral	Stimme zu	Stimme voll und ganz zu	Weiß nicht
4-Punkt Rating Skala	Gar nicht effektiv.	Eher nicht effektiv	Eher effektiv	Sehr effektiv	Keine Erfahrung	Weiß nicht

2.2 Arbeitspaket 2: Entwicklung eines digitalen Besuchermonitorings

Online-Tourenportale können eine interessante Datenquelle für das Besuchermonitoring sein, um raumzeitliche Verhaltensmuster von Besuchern nachvollziehen oder illegale Nutzungen erkennen zu können. Im Arbeitspaket 2 wurde daher ein digitales Besuchermonitoring entwickelt und für den NPBW angewandt. Zu diesem Zweck wurden Daten der Tourenportale Outdooractive (www.outdooractive.com), Bikemap (www.bikemap.net) und Komoot (www.komoot.com) bezogen. Outdooractive ist eine Outdoorplattform, die weltweit agiert, aber überwiegend im deutschsprachigen Raum stark verbreitet ist. Outdooractive verzeichnet über 15 Mio. registrierte Nutzer und 6000 Partnern (Outdooractive AG 2023b). Bei den Partnern handelt es sich beispielsweise um touristische Organisationen, Verbände, Vereine, Verlage oder auch Schutzgebietsverwaltungen, die Outdooractive nutzen, um eigene Inhalte zu erstellen und zu verbreiten. Bikemap ist, nach eigenen Angaben, die weltweit größte Radroutensammlung mit 9,2 Mio. registrierten Nutzern (Bikemap GmbH 2023). Die

Plattform ist auf Radaktivitäten für verschiedene Fahrradtypen (Mountainbike, Rennrad, Citybike) spezialisiert.

Für das Monitoring wurden Routendaten die durch den NPBW verlaufen zusammengetragen. Insgesamt stand ein Datensatz von 3441 Routen (869 von Outdooractive, 2572 von Bikemap) zur Verfügung, die bis zum 31. Dezember 2021 hochgeladen wurden. Die Daten von Bikemap bestehen ausschließlich aus nutzergenerierten Inhalten, während Outdooractive auch Inhalte enthält, die von privaten Nutzern und redaktionellen Inhalten der Partner generiert wurden. Aus Datenschutzgründen waren keine persönlichen Daten verfügbar. Die Analysen beschäftigten sich schwerpunktmäßig mit der raumzeitlichen Verteilung der Besucher und der Klassifizierung regelwidriger Aktivitäten. Dabei wurden die Aktivitätstypen Wandern (darunter werden alle Aktivitäten zu Fuß zusammengefasst) und Radfahren getrennt betrachtet. Es wurde versucht Daten von weiteren Tourenplattformen zu beschaffen, allerdings war keine der kontaktierten Plattformen dazu bereit Daten für das Monitoring zur Verfügung zu stellen. Als Gründe wurden Datenschutzbedenken sowie der Aufwand für den Datenexport angeführt.

Die Identifikation regelwidriger Inhalte basiert auf der im NPBW geltenden betretungsrechtlichen Zonierung. Diese definiert ein Kerngebiet innerhalb des NPBW, der etwa 40% der Gesamtfläche abdeckt und störungsempfindliche Gebiete wie Hochmoore und den Hauptlebensraum des Auerhuhns enthält, welche sich größtenteils in höheren Lagen innerhalb des Parks befinden. Um die Kerngebiete vor Störungen der Wildtiere und anderen negativen menschlichen Einflüssen, z.B. dem Zertrampeln der Vegetation, zu schützen, ist es Besuchern nicht erlaubt, das ausgewiesene Wegenetz zu verlassen. Eine Ausnahme von dieser Regel sind bestimmte nicht markierte Wege, die nur zu Fuß vom 15. Juli bis 15. November genutzt werden dürfen. Radfahren im NPBW ist auf ausgewiesenen Radwegen und öffentlichen Straßen erlaubt (BayWaldNatPV 1997; Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald 2010).

Räumliche Analysen wurden in ArcGIS Pro (Version 3.2.1) und deskriptive Statistiken in Microsoft Excel durchgeführt. Zunächst wurden die Daten bereinigt, indem GPS-Fehler und andere Inkonsistenzen

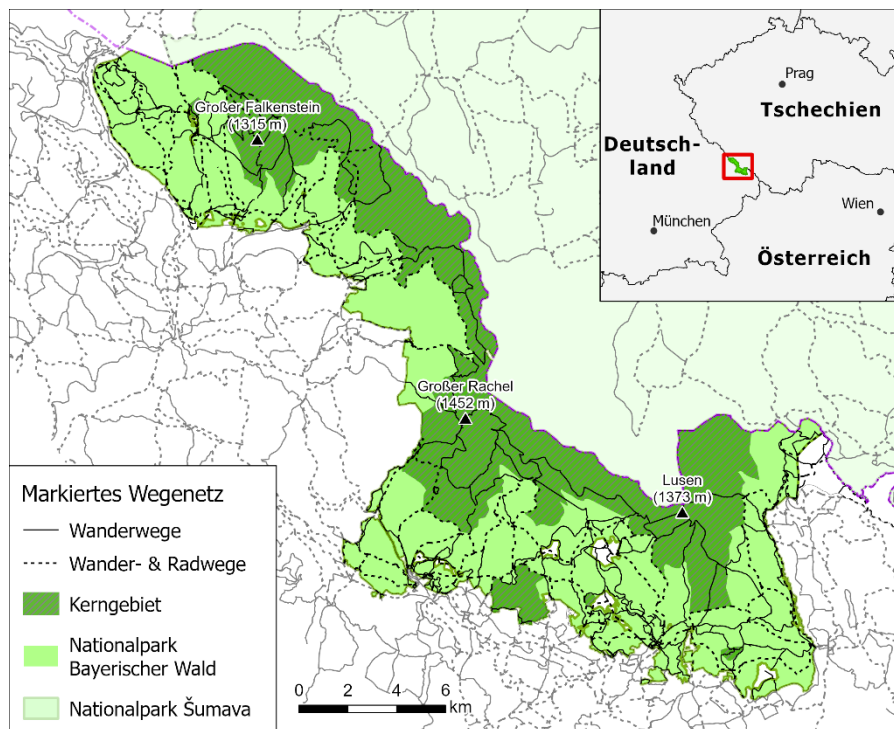


Abb. 1 – Das markierte Wegenetz des Nationalparks Bayerischer Wald unterteilt sich in Wanderwege und Wander- und Radwege. Innerhalb des Kerngebietes gilt ein Wegegebot.

entfernt wurden. Die Outdooractive-Routen wurden in zwei Kategorien gemäß dem Aktivitätstyp gruppiert: Fuß (z.B. alpine Route, Wanderoute, Laufen, Schneeschuhwandern, Skitouren, Winterwandern) und Fahrrad (z.B. Fahrradtouren, Mountainbiken, Rennrad). Die saisonale Verteilung der Routen wurde auch mit Daten von Zählgeräten (Pyrosensoren von Eco Counter) verglichen, die entlang der Wanderwege installiert sind. Zählgeräte werden seit 2017 für das dauerhafte Monitoring von Besuchern im Untersuchungsgebiet verwendet, wobei die anfänglichen vier Zählgeräte bis 2021 auf 13 Zähler erweitert wurden (Zink et al. 2024).

Um die räumliche Verteilung der Routen zu veranschaulichen, wurde die Liniendichte der Routen berechnet. Regelwidrige Aktivitäten wurden basierend auf ihrem Verlauf und ihren Attributen identifiziert. Diese Methodik wurde von Campelo & Mendes (2016) und Bielanski et al. (2018) inspiriert und für die Bedingungen im Untersuchungsgebiet und die Aktivitätsarten angepasst.

Bei Fahrradaktivitäten wurden alle Routen, die das markierte Radwegenetz und öffentliche Straßen verließen, als regelwidrig definiert. Routen von Aktivitäten zu Fuß wurden als regelwidrig klassifiziert, wenn sie das markierte Wegenetz im Kerngebiet des NPBW zwischen dem 16. November und dem 14. Juli (gemäß Erstellungsdatum) verließen oder wenn sie vollständig abseits der Wege im Kerngebiet waren. Das Wegenetz wurde mit einem Abstand von 50 Metern gepuffert, einschließlich eines Puffers um beliebte Ausflugsziele wie Restaurants und die Nationalparkzentren. Die Routen wurden mit dem Wegepuffer überlagert und die Knotenpunkte der Routen wurden jeweils als abseits des Weges bzw. als auf dem Weg klassifiziert. Wenn alle Knotenpunkte einer Route innerhalb des Wegepuffers lagen, wurde sie als regelkonform klassifiziert.

Um die Anzahl der falsch-positiven Ergebnisse zu minimieren, wurden die Anzahl der abseits des Weges liegenden Knotenpunkte und der maximale Abstand der abseits des Weges liegenden Knotenpunkte zum Puffer um das Wegenetz berücksichtigt. Routen mit zwei oder weniger abseits des Weges liegenden Knotenpunkten oder mit einem maximalen Abstand von weniger als 25 Metern für Aktivitäten zu Fuß und 50 Metern für Fahrradaktivitäten wurden als regelkonform klassifiziert, da diese wahrscheinlich auf GPS-Ungenauigkeiten zurückzuführen sind.

Darüber hinaus wurde Komoot als Datenquelle für das Besuchermonitoring untersucht. Auf Komoot gibt es sowohl Routendaten als auch Punktdaten in Form so genannter Highlights. Routendaten wiederum teilen sich auf in verschiedene Arten von Content: nutzergenerierte Touren (von privaten Nutzern), professioneller Content (der häufig zu Marketing- oder Besucherlenkungszwecken eingesetzt wird, z.B. von Tourismusorganisationen oder Schutzgebietsverwaltungen) und Smart Content (Routen, die von einem Algorithmus berechnet werden). Für das Besuchermonitoring wären nutzergenerierte Routendaten von großem Interesse, allerdings sind diese nur beim Betrachten einzelner Profile sichtbar. Außerdem gibt es keine Schnittstellen oder Downloadtools, so dass ein systematischer Download von Komoot-Routendaten nicht möglich ist.

Daher konzentriert sich das Besuchermonitoring in diesem Fall auf die Highlights. Diese sind ein zentraler Bestandteil der Komoot-Plattform, dabei handelt es sich um nutzergenerierte Points-of-Interest (POIs). Diese können von Nutzern für verschiedene Aktivitäten (u.a. Wandern, Laufen, Mountainbike, Fahrrad) erstellt werden und andere Nutzer können diese Highlights kommentieren, empfehlen oder Bilder hinzufügen.

Die Highlights sind im Komoot-Routenplaner für alle sichtbar und wurden manuell gesammelt, indem das Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald systematisch untersucht wurde. Dabei wurden

verschiedene Merkmale der Highlights erfasst (Name, Aktivität, Anzahl der Empfehlungen, Koordinaten). Die Erfassung der Komoot-Highlights wurde in einem halbjährlichen Rhythmus durchgeführt, um deren quantitative und räumliche Entwicklung zu beobachten. Die Daten wurden in ArcGIS Pro und Microsoft Excel analysiert. Schwerpunkt der Analysen waren die Identifikation von Hotspots, jeweils für die unterschiedlichen Aktivitätsgruppen Wandern und Radfahren.

2.3 Arbeitspaket 3: Planung und Entwicklung von Managementmaßnahmen

Durch die große Bedeutung digitaler Medien im Kontext von Outdooraktivitäten entstehen neue Herausforderungen für Schutzgebietsverwaltungen. Zu den wohl größten Herausforderungen gehört die unkontrollierte Verbreitung von Tourenvorschlägen und die Bewerbung von Ausflugszielen durch zahlreiche Individualnutzer verschiedener Plattformen. Im Fokus stehen dabei Tourenportale, auf denen zunehmend Touren in zuvor nur wenig frequentierten Bereichen beworben werden, die oft durch die sensibelsten Bereiche des Nationalparks führen. Dazu gehören Lebens- und Rückzugsräume störungsempfindlicher Tierarten wie des Auerhuhns oder trittempfindliche Bereiche, z.B. Hochmoore. Durch verschiedene Maßnahmen des digitalen Besuchermanagements soll dieser Problematik entgegengesteuert werden.

Zu den erfolgversprechendsten Maßnahmen des digitalen Besuchermanagements gehört die Bearbeitung von OpenStreetMap-Daten. OpenStreetMap (OSM; www.openstreetmap.org) ist eine Datenbank, in der Geodaten erstellt und bearbeitet werden können. Da es sich um ein freies und offenes Projekt handelt, kann sich jeder beteiligen und zur Datenbank beitragen, aber auch die Daten ohne anfallende Lizenzgebühren nutzen. Daher bildet OpenStreetMap die Kartengrundlage für nahezu alle gängigen Tourenportale, Routenplaner und Navigations-Apps (Outdooractive AG 2023a; Komoot GmbH 2023; Strava, Inc. 2022a; Bikemap GmbH 2022).

Im Rahmen des Projektes wurde die Arbeit an der OpenStreetMap-Datenbank intensiviert, der Schwerpunkt liegt dabei auf der korrekten Attributzuweisung von Wegsegmenten. Bei diesem als Tagging bezeichneten Vorgang werden Eigenschaften festgelegt, die die Objekte in der OSM-Datenbank näher beschreiben (OpenStreetMap Wiki contributors 2022). Mit Tags können auch Verbote für bestimmte Aktivitäten, temporäre Betretungsverbote oder ganzjährige Zugangsbeschränkungen festgelegt werden (OpenStreetMap Contributors 2023a; OpenStreetMap Contributors 2023b). Das Wegenetz im Nationalpark wurde entsprechend überarbeitet, um solche Verbote und Einschränkungen in den Tags zu hinterlegen. Darüber hinaus fand eine generelle Überprüfung des Wegenetzes statt, da durch die natürliche Dynamik im Nationalpark und Renaturierungsmaßnahmen einige Wege stark zugewachsen oder zurückgebaut und somit nicht mehr im Gelände sichtbar sind. Solche Wege wurden in OSM ebenfalls mit passenden Tags versehen, so dass sie in Karten nicht mehr sichtbar sind. Die verwendeten Tags werden von Routenplanern und sonstigen Websites und Apps, die OSM-Daten verwenden, ausgelesen und können sich auf die Darstellung von Wegen und Routenplanung auswirken. So werden beim Routing bevorzugt Wege verwendet, die für die entsprechende Aktivität erlaubt sind und Wege mit Einschränkungen und Sperrungen werden vermieden. Falls eine Route dennoch über einen gesperrten oder für die gewählte Aktivität gesperrten Weg gelegt wird zeigen die gängigen Tourenportale inzwischen einen Hinweis an über den auf die Einschränkungen aufmerksam gemacht wird.

Um Verbesserungen auf Online-Plattformen voranzutreiben, wurden Kontakte zu Betreibern von Online-Plattformen hergestellt. Da mittlerweile mehrere deutsche Großschutzgebiete verstärkt auf

Probleme infolge der Digitalisierung im Outdoorsport stoßen und an Lösungen arbeiten, kommunizieren die Nationalen Naturlandschaften e.V. (NNL e.V.) als Dachverband der deutschen Großschutzgebiete regelmäßig mit Betreibern der in Deutschland bedeutendsten Outdoorplattformen, allen voran Komoot. In regelmäßigen, konstruktiven Gesprächen wird an Lösungen gearbeitet und für den Naturschutz sensibilisiert.

Zudem wird verstärkt mit individuellen Nutzern von Online-Plattformen kommuniziert. Dabei liegt der Fokus aktuell auf den Tourenportalen Komoot und Outdooractive. Nutzer werden auf Regelverstöße hingewiesen und regelwidrige Posts werden idealerweise entfernt. Im Zuge dieser digitalen Ranger-Arbeit werden Nutzer ebenso über den Nationalpark, Tierarten und weitere Naturschutzthemen aufgeklärt, um diese zu sensibilisieren und naturverträgliches Verhalten zu fördern.

Eine weitere Managementmaßnahme ist die Erstellung eigener Inhalte, vor allem Touren und Ausflugsziele. Dabei wurde auf bereits bestehenden Inhalten aufgebaut, die teilweise optimiert und erweitert wurden. Außerdem wurde ein Teil der Inhalte als Open Data freigegeben und mit einer passenden CC-Lizenzierung versehen. Zudem wurde das verwendete Content-Management-System über mehrere Schnittstellen an andere Systeme und Plattformen angeschlossen, um die Reichweite zu steigern. Sofern keine Schnittstellen zur Verfügung standen, wurde eine Auswahl der vorhandenen Inhalte auf Tourenportale hochgeladen. Damit soll im Sinne einer positiven Besucherlenkung ein Angebot naturverträglicher Aktivitäten bereitgestellt werden.

2.4 Arbeitspaket 4: Evaluierung des digitalen Besuchermanagements

2.4.1 Reichweite eigener Inhalte auf einem Tourenportal

Zusätzlich zu der Implementierung harter Regeln in OSM wurden auch eigene Routenvorschläge für Wanderungen und Radtouren auf den Tourenportalen Komoot und Outdooractive hochgeladen und beworben. Um die Wirksamkeit hiervor zu testen, wurden die Reichweite im Vergleich zu Touren anderer Urheber ausgewertet (Abb. 15). Reichweite wird hier definiert als die Zahl der Aufrufe eines Routenvorschlags. Es wurden hierbei nur Routen berücksichtigt, die durch den Nationalpark verlaufen und die bis einschließlich 2023 erstellt worden sind. Es wurde unter Inhalten, welche von privaten Nutzern erstellt wurden (Community) und solchen, die über das Partnerprogramm von Outdooractive erstellt wurden unterschieden (Outdooractive AG 2024b). Teilnehmer an diesem Programm sind unter anderem der Deutsche Alpenverein, diverse Tourismusverbände und Schutzgebietsverwaltungen. Um die Reichweite der Routen zu evaluieren, wurden zwei Statistiken verwendet, die Zahl der Vorschauansichten sowie die der Detailansichten. Bei ersteren wird die Route zum Beispiel in der Suche gefunden und in der Listenansicht oder der Karte als kleines Feld mit ersten Informationen angezeigt (Abb. 2, links). Letztere werden angezeigt, wenn die detaillierte Seite einer Route aufgerufen wird (Abb. 2, Mitte und rechts). Diese zeigt Fotos, Höhenprofil und gegebenenfalls eine Beschreibung. Hier werden, unter dem Menüpunkt Aktuelle Infos, auch Informationen zu auf der Route geltenden Regeln bereitgestellt.

Für diese Werte wurden verschiedene deskriptive Statistiken berechnet, um zu untersuchen, wie gut die Nationalparkeigenen Inhalte im Vergleich zu denen anderer Urheber von den Plattformnutzern angenommen werden. Zusätzlich wurden die Charakteristika der reichweitenstärksten Routen analysiert, um herauszufinden, welche Arten von Routenvorschlägen bei den Nutzern besonders gut ankommen.

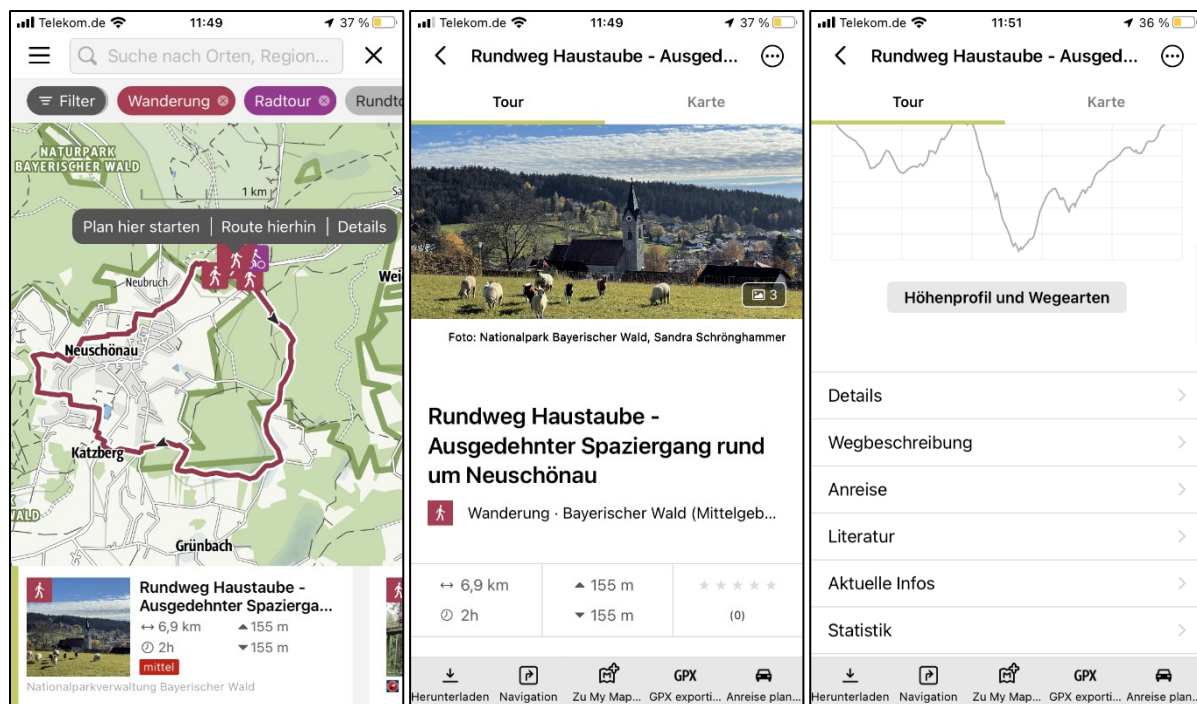


Abb. 2 – Screenshots aus der Outdooractive App für iOS. Einblendung als Vorschau einer Route in der Kartenansicht (links), sowie Auszüge aus der Detailansicht einer Route (Mitte und rechts). Quelle: (Outdooractive AG 2024a)

2.4.2 Digitalisierung von im Nationalpark geltenden Regeln: OSM-Bearbeitung

Erfahrungsgemäß folgt auf die Neueinführung von Maßnahmen im Besuchermanagement häufig keine entsprechende Evaluierung. Zusätzlich verzögern sich Entscheidungen über neue Maßnahmen des Besuchermanagements in deutschen Nationalparks unter anderem wegen Personalmangel (Dupke et al. 2019). Eine wissenschaftliche Begleitung und Kontrolle der Wirksamkeit der in diesem Projekt entwickelten Managementmaßnahmen ist daher wichtig, um anderen Schutzgebieten eine fundierte Entscheidungsgrundlage darüber zu geben, welche der Maßnahmen am erfolgversprechendsten ist. Dies kann dazu beitragen, die Einführung digitaler Maßnahmen zu beschleunigen. Um dies zu gewährleisten wurde die Effektivität der im Arbeitspaket 3 entwickelten und im NPBW eingeführten Managementmaßnahmen zur digitalen Besucherlenkung mithilfe des im Arbeitspaket 2 erstellten Monitoringsystems evaluiert. Da sich im Arbeitspaket 1 die Bearbeitung von OpenStreetMap als eine der wichtigsten Aufgaben des digitalen Besuchermanagements herausgestellt hat, liegt der Fokus der Evaluierung auf dieser Methode. Im Fokus sollen die Auswirkungen von OSM auf die Tourenportale und darüber auf die Nutzer stehen.

Zunächst wurde untersucht, wie sich die OSM-Datenbank mit Blick auf die Repräsentation von im Nationalpark geltenden Regeln entwickelt hat. Konkret wurde analysiert, wie sich die Verwendung von Tags auf der Fläche des Nationalparks verändert hat. Hierbei wurden nur solche Tags berücksichtigt, die dafür verwendet werden, die auf einem Wegesegment geltenden Regeln zu beschreiben (Tab. 2). Zweitens wurde gemessen, welcher Anteil dieser Tags durch den Nationalparkeigenen Account erstellt worden sind. Daten zu Tags und Bearbeitungen von Tags wurden für die Jahre 2007 bis 2023 abgerufen. Frühere Daten waren nicht verfügbar, da sich die Datenbankstruktur von OSM seitdem geändert hat. Da alle Daten in OSM von Mitgliedern der Community hinzugefügt werden, können sie als freiwillige geografische Informationen (VGI) betrachtet werden, eine Art von nutzergenerierten Inhalten (UGC).

Tab. 2 Liste der in der Analyse berücksichtigten OpenStreetMap Tags. Ein Tag besteht aus einem Attributsschlüssel (key) und einem Attributwert (value) und wird in der notation **key=value** angegeben. Zusätzlich können Prä- bzw. Suffixe mit einem „:“ vor oder nachgestellt werden.

Tag Kategorie	OSM Tags (key=name)	Beschreibung
foot	foot=yes/no	Gibt an, ob ein Weg zu Fuß begangen werden darf oder nicht.
bicycle	bicycle=yes/no	Beschreibt, ob das Radfahren auf einem Weg gestattet ist.
conditional	foot:conditional= access:conditional= bicycle:conditional=*	Das Suffix "conditional" wird verwendet um zusätzliche Bedingungen, unter denen eine Regel gilt zu spezifizieren. Dieser Tag wird häufig genutzt, um saisonale Einschränkungen des Betretungsrechts anzugeben.
access	access=yes/no	Gibt an, ob ein Weg genutzt werden darf.
abandoned	abandoned:highway= disused:highway= abandoned=yes/no disused=yes/no	Diese Präfixe und Tags werden genutzt, um verlassene oder zurückgebaute Wege zu markieren. Diese Tags sorgen in den meisten Kartenanwendungen dafür, dass die betreffenden Wege nicht dargestellt und nicht bei der Routenavigation berücksichtigt werden.

Um die historische Anzahl der relevanten Tags für jeden Park zu erhalten, nutzten wir die OpenStreetMap History Database (OSHDB) über die Ohsome API v1.10.3 (Raifer et al. 2019; Raifer et al. 2024). Über die Ohsome API kann die Anzahl spezifischer Tags für jeden Ort zu jedem beliebigen Zeitpunkt seit 2007 abgerufen werden. Die Tags wurden basierend auf der bestehenden Literatur (Hennig 2017; Mangold et al. 2024) sowie auf internen OSM-Ressourcen (OpenStreetMap US 2022; OpenStreetMap Wiki contributors 2024) ausgewählt. Diese Tags wurden anschließend vom Besuchermanagement des Nationalparks überprüft, um sicherzustellen, dass sie im Untersuchungsgebiet tatsächlich verwendet werden. Da OSM keinem strikten Standard folgt werden teilweise mehrere Tags für dieselbe Information verwendet. Um die Analyse übersichtlicher zu gestalten, wurden daher einige Tags zu Kategorien zusammengefasst (Tab. 2). Die Anzahl der Tags wurde normalisiert, um einen zeitlichen Vergleich zu ermöglichen. Dazu wurde die Anzahl der Tags mit der Anzahl der Wege und Straßen, die als „highway =*“ getaggt sind, normalisiert (siehe unten). Dieser Tag wird verwendet, um Straßen, Wege oder Pfade in der OSM-Datenbank zu markieren. Die Normalisierung ermöglicht außerdem die Interpretation der Häufigkeit von Tags als Grad der Vollständigkeit mit dem Wege im Nationalpark mit dem jeweiligen Tag versehen sind. Ein Wert von $T_{norm}=1$ würde bedeuten, dass alle Wege mit einem Tag versehen worden sind.

$$Tag_{norm}(t) = \frac{\text{Anzahl Tags in Kategorie}_i(t)}{\text{Anzahl "highway =*" (t)}}$$

Um zu untersuchen, ob die Bearbeitungen der OpenStreetMap (OSM) Daten einen Einfluss auf die Regelmäßigkeit der von Besuchern unternommenen Aktivitäten haben, wurden Daten eines Tourenportals analysiert. Hierfür wurden Daten von Outdooractive herangezogen, die bis einschließlich 2023 reichten. Die im Arbeitspaket 2 verwendeten Daten von Bikemap wurden nicht berücksichtigt, da diese nur bis 2021 verfügbar waren und keine neuen Daten hinzugefügt wurden. Es war geplant, weitere Datensätze vom Betreiber der Plattform zu erhalten. Allerdings war der Betreiber aufgrund des hohen Aufwands für den Datenexport nicht mehr bereit, die Daten mit uns zu teilen. Da im Rahmen des digitalen Besuchermanagements erst ab Herbst 2019 mit der Bearbeitung von OSM-Daten begonnen wurde, reichte die Zeitreihe bis 2021 für eine Evaluierung nicht aus. Stattdessen wurden zusätzlich zu

den bestehenden Routendaten von Outdooractive weitere Daten für die Jahre 2022 und 2023 bezogen und mit der im Arbeitspaket 2 entwickelten Methodik ausgewertet.

Die so entstandene Zeitreihe wurde mit der Entwicklung der untersuchten OSM-Tags aus dem gleichen Zeitraum verglichen, um potenzielle Zusammenhänge zu untersuchen. Hierfür wurden die Tag_{norm} sowie die Zahl der neu-erstellten regelwidrigen Routen für die Jahre 2008 bis 2023 als Streudiagramme dargestellt. Für die Tag-Kategorien, bei denen basierend auf der explorativen Datenanalyse ein Effekt auf die Regelhaftigkeit vermutet wurde, wurden anschließend gemischte, generalisierte lineare Modelle berechnet, um den statistischen Zusammenhang zu testen.

2.4.3 Auswirkungen des digitalen Besuchermanagements auf das Rotwild

Um die Auswirkungen von Erholungsnutzung auf das Verhalten von Wildtieren im Nationalpark Bayerischer Wald zu untersuchen, sollten Bewegungsdaten von Rothirschen analysiert werden, die zwischen 2020 und 2021 mit GPS-Halsbändern versehen wurden. Diese Daten sollten Aufschluss darüber geben, ob Besucheraktivitäten das Raum-Zeit-Verhalten der Rothirsche beeinflussen. Dazu war geplant Bewegungsdaten wie Geschwindigkeit, Streifgebietsgröße und tägliche zurückgelegte Strecken mit den in Arbeitspaket 2 erstellten Liniendichten der Tourenportalrouten verglichen werden. Da Rothirsche als große Herbivoren Einfluss auf niedrigere trophische Ebenen haben, könnte ein verändertes Verhalten auch Ökosystemprozesse wie die Verteilung von Pflanzensamen beeinflussen (Wilson et al. 2020; Larson et al. 2016; Tucker et al. 2018). Zudem korreliert steigende Erholungsnutzung mit erhöhtem Stress bei Wildtieren (Marion et al. 2020; Larson et al. 2016). Um zu prüfen, ob eine modifizierte Erholungsnutzung den Stress bei Wildtieren reduzieren kann, wollten wir das Stresslevel der Tiere anhand von Cortisol im Kot analysieren und mit Besucheraktivitäten in den genutzten Bereichen vergleichen.

Da im Arbeitspakets 4 kein signifikanter Effekt des digitalen Besuchermanagements auf das Besucherverhalten festgestellt werden konnte, war es uns nicht möglich diese Pläne weiterzuverfolgen. Das bestehende Wildtiermonitoring wurde aber fortgesetzt, sodass in Zukunft derartige Fragestellung beantwortet werden können. Ab 2020 wurden jährlich Rothirsche mit GPS-Halsbändern ausgestattet, über die alle 60 Minuten eine Position erfasst wurde. Mit den so erhobenen Telemetriedaten wurden die Streifgebiete der Tiere berechnet (Abb. 3). Zusätzlich wurden während der Projektlaufzeit Kotproben von Rothirschen auf der Nationalparkfläche gesammelt. Insgesamt wurden 1560 Proben genommen (Tab. 3), welche ebenfalls für zukünftige Studien verwendet werden sollen.

Tab. 3 – Anzahl der jährlich neu mit GPS-Senders ausgestatteten Rothirsche.

Jahr	Anzahl aktiver GPS-Halsbänder	Anzahl Kotproben	Anzahl genetisch passende Proben zu besenderten Tieren
2020	51	558	233
2021	51	761	345
2022	47	241	241

Dieses Monitoringsystem soll auch in Zukunft von der Nationalparkverwaltung unterhalten. So können in Zukunft mögliche Effekte des digitale Besuchermanagements, auf die Tierwelt untersucht werden. Voraussetzung dafür ist, dass regelmäßig, insbesondere bei Eingang neuer Daten für das digitale Besuchermonitoring, nachgeprüft wird ob es zwischenzeitlich zu Veränderungen im Besucherverhalten gekommen ist. Dazu müssen weitere Daten für das Besuchermonitoring gesammelt werden. Die bestehenden Datennutzungs-Kooperationen mit einzelnen Tourenportalen weiter ausgebaut werden, um zusätzliche Datenquellen zu erschließen. Dieses Projekt hat herausgearbeitet, dass die

Datenverfügbarkeit eine der größten Hürde für das digitale Besuchermonitoring darstellt. Da nur wenige Plattformbetreiber bereit waren, Daten mit Schutzgebieten zu teilen ist eine Auswertung nur bedingt möglich. Der NPBW wird jedoch weiter versuchen zusätzliche Daten zu beschaffen und hierfür auch auf weitere Tourenportale und Betreiber Sozialer Medien zugehen.

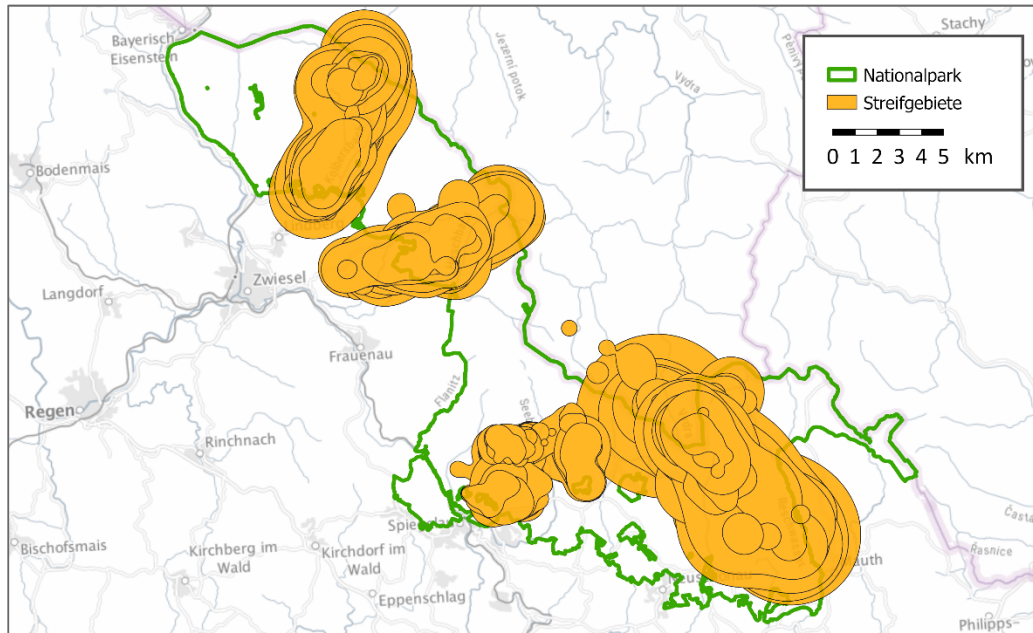


Abb. 3 - Streifgebiete der mit GPS-Sendern versehenen Rothirsche auf der Fläche des NPBW.

3 Projektergebnisse

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Arbeitspakete dargelegt. Für eine weitergehende Lektüre kann der bereits veröffentlichte Artikel im Anhang gelesen werden. Weitere Artikel sind in Vorbereitung für die Veröffentlichung.

3.1 Arbeitspaket 1: Erfassung des Status quo zum digitalen Besuchermanagement in deutschen Nationalparkverwaltungen

Zu Projektbeginn wurde eine Befragung der deutschen Nationalparks zu ihren Erfahrungen mit digitalem Besuchermanagement durchgeführt an der 13 Nationalparkverwaltungen teilnahmen. Die Parks wurden zu Beginn danach gefragt welche digitalen Plattformen sie für die Besucherinformation nutzen und welche Medien sie hierüber teilen (Abb. 4). Alle teilnehmenden Parks haben eine eigene Webseite und je zehn unterhalten einen Account bei Facebook und auf mindestens einer Outdoor- bzw. Fitnessplattform. Die Daten, die hierüber geteilt werden sind primär visuell, wie Fotos oder Videos, aber auch geographisch, wie Routenempfehlungen.

Tab. 4 – Nationalparks, die an der Umfrage teilnahmen, ihre jährlichen Besucherzahlen und ihre Lage. Nationalparks zu reduzieren (a) und solche, die Art und den Zeitpunkt der Besuche im Schutzgebiet verändern sollen (b).

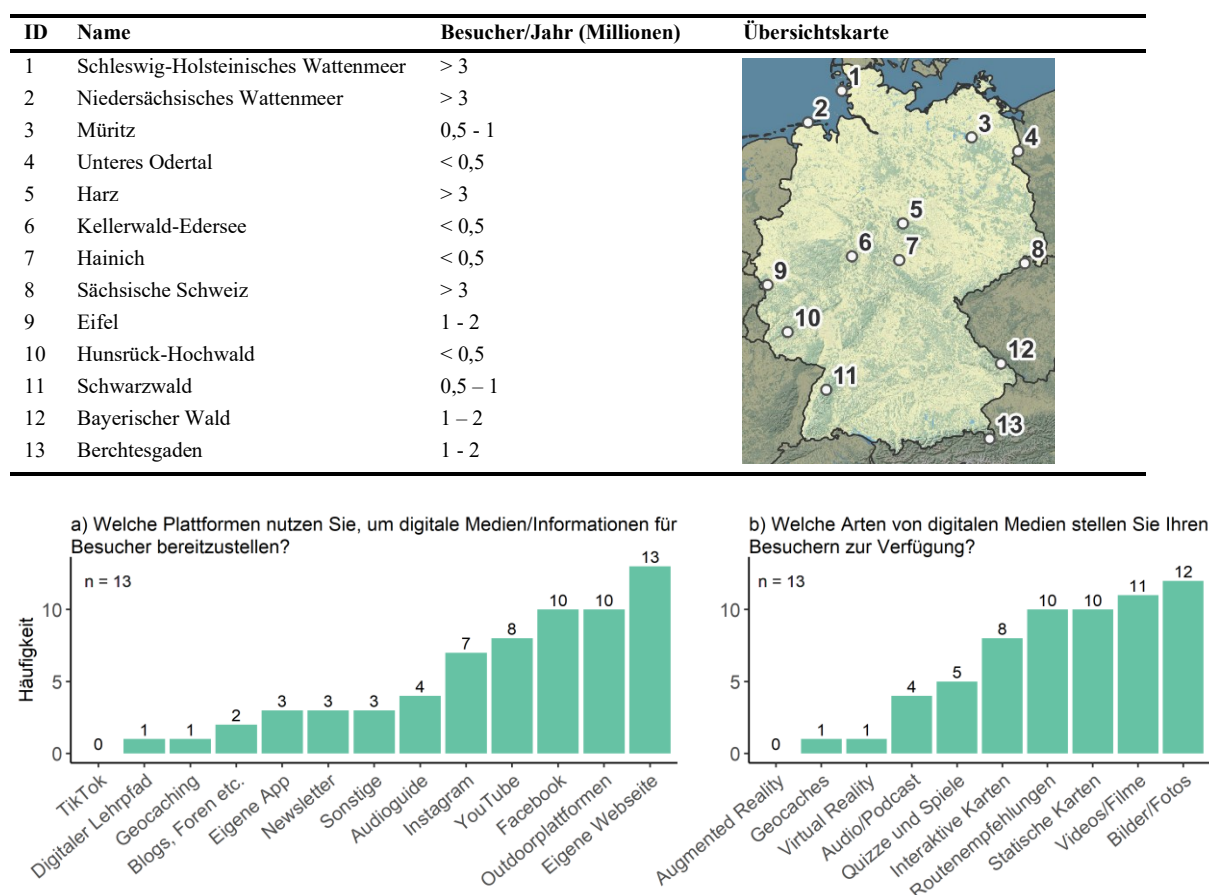


Abb. 4. Plattformen über welche die Parks Informationen für Besucher bereitstellen.

Eine klare Mehrheit der Teilnehmer stimmt den positiven Aussagen zur Digitalisierung in der Outdoor-Erholung zu, was sich in einem Mittelwertindex von 4,22 äußert (SD = 0,51). So sehen je 12 der 13 Nationalparks die Digitalisierung als Chance, Informationen zur aktuellen Situation im Schutzgebiet zu veröffentlichen, sowie Informationen gezielt mit bestimmten Zielgruppen zu teilen. Eine große

Zustimmung besteht auch zu der Aussage, dass durch die Digitalisierung Informationen ohne örtlich gebundene Infrastruktur übermittelt werden können. Nicht nur Aussagen zur Informationsübermittlung erfuhren Zustimmung, so stimmten acht von 13 Parks der Aussage zu, dass die Digitalisierung neue Datenquellen für das Besuchermonitoring zugänglich macht. Ein weniger klares Bild bietet die Einschätzung der Aussagen, die der Digitalisierung kritisch gegenüberstehen. Hier wurde ein Mittelwertindex von 3.57 ($SD = 0,45$) ermittelt. Es stimmen jedoch acht der Nationalparks der Aussage zu, dass sich durch Digitalisierungsprozesse mehr Besucher abseits der Wege bewegen. Die Hälfte der Parks stellt auch ein höheres Besucheraufkommen in störungssensiblen Bereichen als Folge der Digitalisierung fest. Vier der Parks sehen es als Herausforderung an, dass sie keinen Einfluss auf die Inhalte sozialer Medien und Outdoorplattformen haben. Zur Aussage ob die Digitalisierung die traditionelle Besucherlenkung weniger effektiv macht, gehen die Meinungen der Teilnehmer stark auseinander. Während sechs der Aussage zustimmen, sagen fünf, dass sie der Aussage nicht oder überhaupt nicht zustimmen.

Mit acht der 13 befragten Nationalparks hat die Mehrheit bereits Personal, welches speziell für das digitale Besuchermanagement zuständig ist. Im nächsten Schritt wurden die Befragten gebeten, verschiedene Methoden des digitalen Besuchermanagements bezüglich ihrer Effektivität zu bewerten (Abb. 5B). Hierbei konnten auch die Ausweichantworten „Weiß nicht“ oder „keine Erfahrung“ ausgewählt werden. Die Option „Weiß nicht“ sollte gewählt werden, wenn keine Einschätzung gemacht werden konnte und „keine Erfahrung“, wenn die Maßnahme bislang nicht erprobt wurde. Das Bearbeiten von OpenStreetMap, um relevante Informationen zu Regeln und Wanderwegsverläufen für andere Plattformen zur Verfügung zu stellen, wurde dabei von einer Mehrheit der Parks als effektiv oder eher effektiv bewertet. Je zwei der Parks gaben allerdings an, dies nicht bewerten zu können beziehungsweise hiermit keine Erfahrung gemacht zu haben. Auch die Kontaktaufnahme mit Betreibern von Outdoorplattformen, wurde von 9 der Parks als eher effektiv oder effektiv bewertet. Drei Parks hatten hiermit allerdings noch keine Erfahrung gemacht. Regelwidrige Inhalte an zuständige Behörden weiterzuleiten wird von fünf der Parks als wenig oder gar nicht effektiv angesehen. Allerdings gaben ganze sieben Parks an, dies noch nicht erprobt zu haben.

Die Ergebnisse der Befragung legen nahe, dass digitales Besuchermanagement eine wachsende Rolle in den deutschen Nationalparks spielen wird. Lediglich ein Park gab an, es sei unwahrscheinlich, dass er in Zukunft digitales Besuchermanagement einsetzen werde. Eine Mehrheit von elf Parks hielt dies hingegen für wahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich. Ähnlich sieht dies für die Einführung eines digitalen Besuchermonitorings aus. Neun der Parks hielten es für eher wahrscheinlich bzw. sehr wahrscheinlich, dass sie in der Zukunft auch Methoden des digitalen Besuchermonitorings anwenden werden.

Potenzielle Hindernisse bei der zukünftigen Anwendung und dem Ausbau des digitalen Besuchermanagements wurden jedoch ebenfalls identifiziert (Abb. 5C). So stimmen zehn der 13 Parks der Aussage zu, nicht genügend Personal für das digitale Besuchermanagement zu haben. Für fünf sind auch finanzielle Ressourcen eine Hürde. Der Zugang zu Daten für das digitale Besuchermanagement scheint allerdings nicht zwingend ein Problem für die Teilnehmer zu sein. Sieben der Parks gaben an, dass es bei ihnen an dem nötigen Fachwissen für den Umgang mit digitalen Medien fehle.

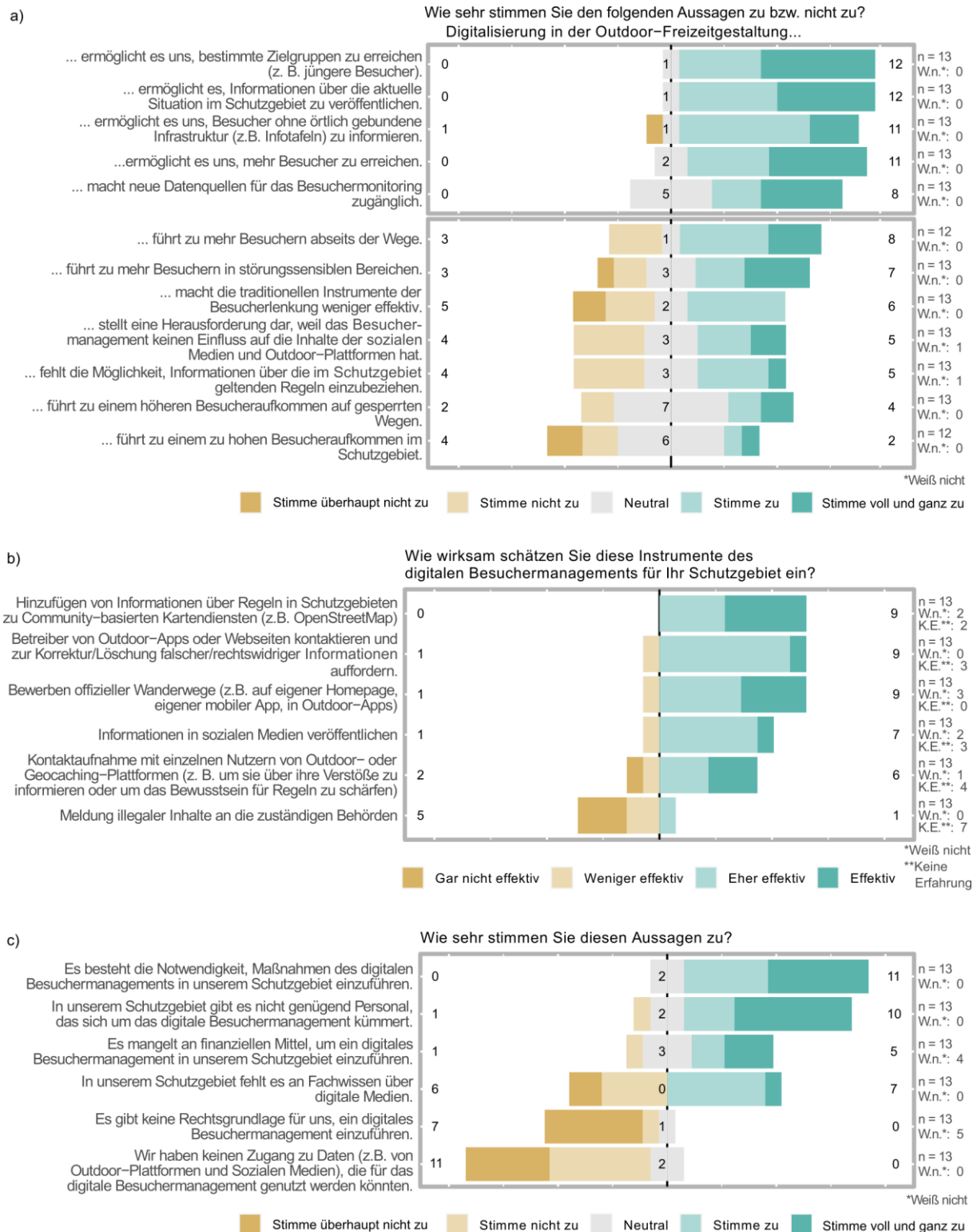


Abb. 5 Likert-Skalen zur Einschätzung von potenziellen Chancen und Herausforderungen die in Verbindung mit der Digitalisierung in der Outdoorerholung in Nationalparks stehen (a). Rating-Skala zur Bewertung von Methoden des digitalen Besuchermanagements bezüglich ihrer Effektivität (b). Die Parks sollten „Weiß nicht“ auswählen, wenn Sie die Effektivität der Maßnahme nicht einschätzen konnten und „Keine Erfahrung“, wenn sie diese noch nicht angewandt bzw. umgesetzt hatten. Rating-Skala zu Aussagen zur Notwendigkeit, sowie zu potenziellen Hürden bei der Einführung eines digitalen Besuchermanagements (c).

3.2 Arbeitspaket 2: Entwicklung eines digitalen Besuchermonitorings

3.2.1 Routen von Tourenportalen (Outdooractive & Bikemap)

Bevor die Routendaten für das digitale Besuchermonitoring bereinigt wurden, standen 1.715 Routen zur Verfügung (Tab. 5). Nach der Datenbereinigung bestand der Datensatz aus 1.471 Routen, die für weitere Analysen zur Verfügung standen, 593 von Outdooractive und 878 von Bikemap. Die ersten Routen wurden 2008 hochgeladen, mit einem stetigen Anstieg im Laufe der Jahre (Abb. 6). Die meisten Routen wurden zwischen Frühling und Herbst erstellt, mit einem Maximum im August. Fußaktivitäten machten 526 Routen aus (alle von Outdooractive) und Fahrradaktivitäten 945.

Tab. 5 – Anzahl der Routen vor und nach der Datenbereinigung nach Quelle.

	Outdooractive	Bikemap	Gesamt
Vor Datenbereinigung:	749	966	1715
Nach Datenbereinigung:	593	878	1471

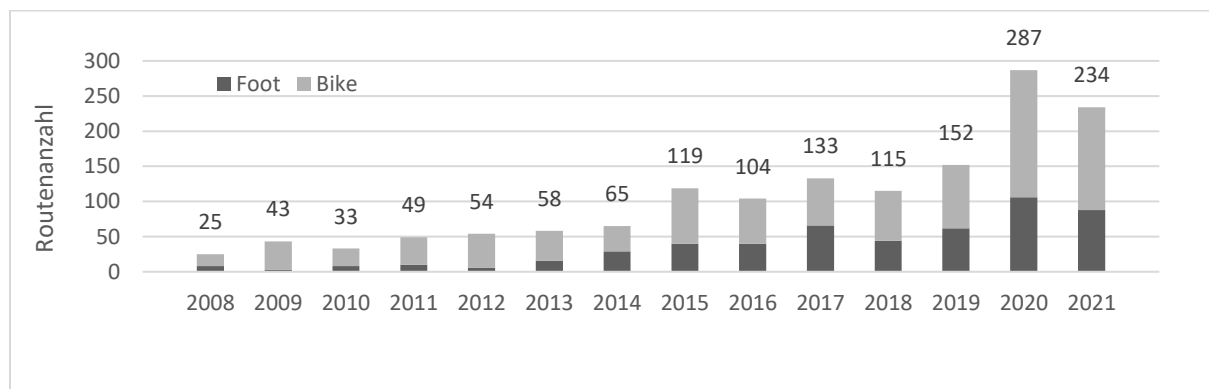


Abb. 6 - Jährliche Anzahl neuer Routen die auf der Fläche des Nationalparks Bayerischer Wald erstellt wurden, nach Aktivitätsart.

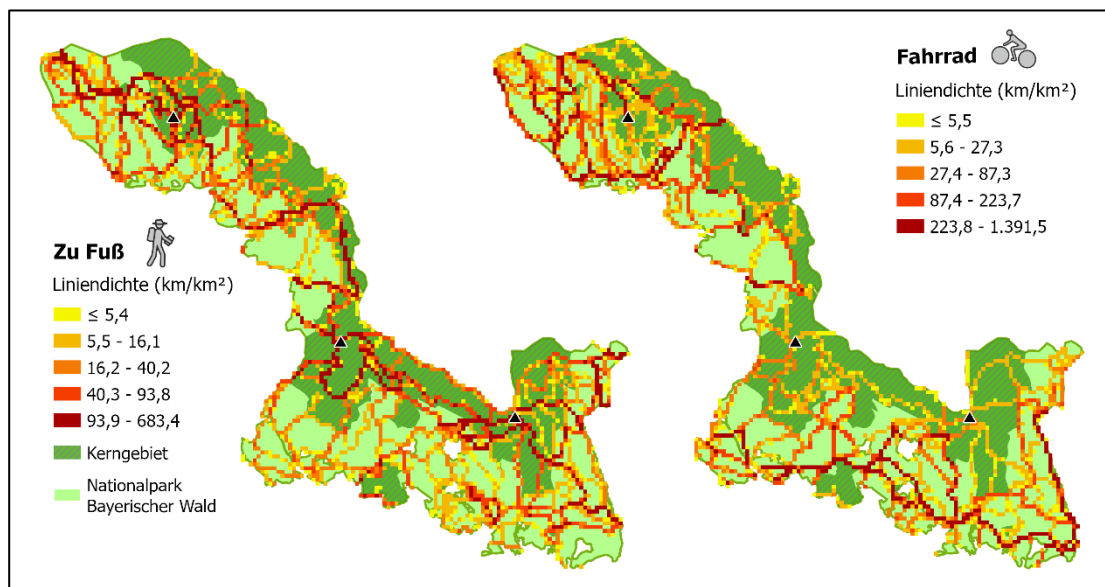


Abb. 7 – Verteilung der Routen für Routen von Aktivitäten zu Fuß (links) und per Rad (rechts). Die Routendichte wurde als Liniendichte dargestellt, welche die Länge der Routen die eine Zelle schneiden angibt.

Die Gebiete mit den meisten Fußrouten befanden sich hauptsächlich in höheren Lagen. Weitere stark frequentierte Gebiete waren Berghütten und deren Umgebung, Urwaldgebiete, Hochmoore und Bergwiesen sowie die Wege, die zu diesen Orten führen. Fahrradaktivitäten fanden im gesamten Park statt, insbesondere in niedrigeren Lagen und am Rand des NPBW.

Hinsichtlich des rechtlichen Status der Fußrouten waren 86% regelkonform. Unsere Analyse kam zu dem Ergebnis, dass 7% der Fußrouten außerhalb des erlaubten Zeitraums vom 15. Juli bis 15. November vom markierten Wegenetz im Kerngebiet des Nationalparks abwichen. Weitere 5% der Routen verliefen gänzlich abseits des offiziellen Wegenetzes und für 3% traf beides zu. Insgesamt waren somit 15% der Fußrouten nicht regelkonform. Bei den Radrouten wichen 31% der ausgewerteten Routen vom ausgewiesenen Radwegenetz oder offiziellen Straßen ab und wurden daher als regelwidrig eingestuft. Die Fußrouten wurden auch nach der Art ihrer Urheber bewertet. Ein leicht höherer Anteil der konformen Wege bestand aus Partnerinhalten (Bspw. Tourismusverbände) als aus nutzergeneriertem Inhalt (Tab. 6). Aktivitäten außerhalb des offiziellen Wegenetzes traten im gesamten NPBW auf, es gab jedoch Unterschiede zwischen den Aktivitäten (Abb. 7). Bei Fußrouten waren regelwidrige Routen außerhalb des markierten Wegenetzes stärker im südlichen Teil des NPBW konzentriert. Die nicht konforme Nutzung durch Radfahrer trat hauptsächlich im Kerngebiet des Parks auf, insbesondere in der Nähe beliebter Tourenziele (Bergspitzen, Seen oder Bergweiden), und im nördlichen Teil, um die niedrigeren Höhenlagen am Rand des Parks.

Tab. 6 - Die Routen klassifiziert nach ihrer Regelmäßigkeit sowie nach der Quelle (Partner bzw. Community).

	Zu Fuß		Fahrrad	
	n	%	n	%
Regelkonforme Routen	449	86	652	69
Regelwidrige Routen	77	14	293	31
Gesamt	526		945	

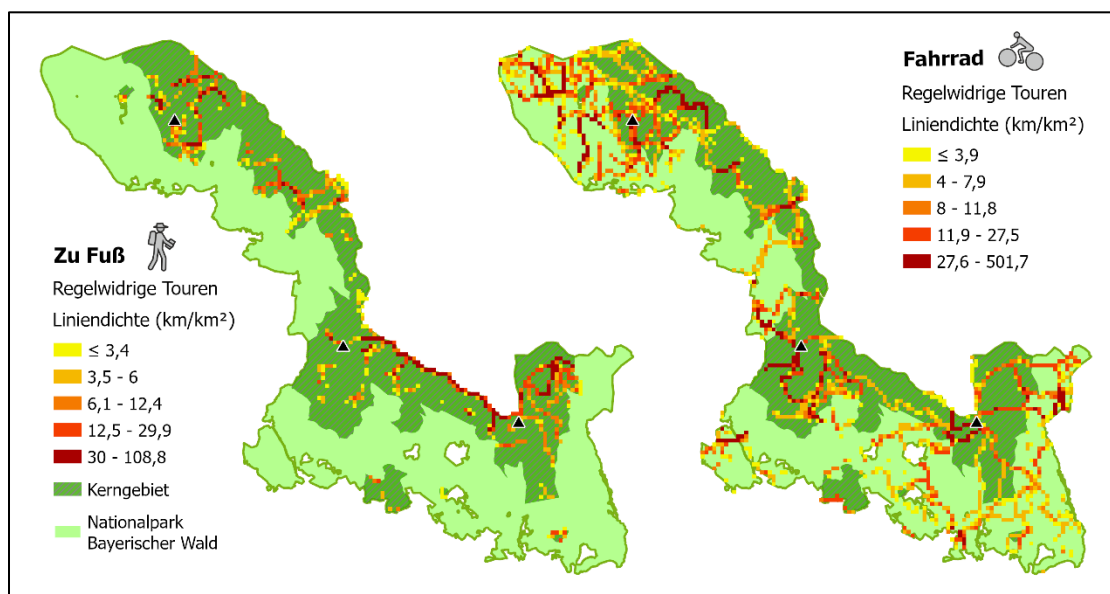


Abb. 8 – Räumliche Verteilung der regelwidrigen Routen. Für Fußaktivitäten liegt ein Schwerpunkt im südlichen Teilgebiet mit vielen Routen entlang der Deutsch-Tschechischen Grenze. Radaktivitäten treten gehäuft in den höheren Lagen sowie im nördlichen Teil des Nationalparks auf.

3.2.2 Monitoring von Points-of-Interest (Komoot-Highlights)

Die Anzahl der Komoot-Highlights im NPBW ist im Laufe der letzten Jahre kontinuierlich gestiegen (Abb. 9). Während es zu Beginn der Projektlaufzeit im Mai 2022 noch 729 Highlights waren, lag deren Anzahl im November 2024 bei 1068. Dabei machen Wander-Highlights mit rund 74% den größten Anteil aus, die restlichen 26% sind Fahrrad-Highlights. Das Verhältnis von Wander- und Fahrradhighlights ist während des Projektzeitraums nahezu gleichgeblieben, wobei der Anteil der Fahrrad-Highlights leicht zugenommen hat (November 2024: 75% Wandern, 25% Radfahren). Bei der Betrachtung der zehn beliebtesten Highlights (gemessen an der Anzahl der Empfehlungen) zeigt sich, dass bei Wanderern vor allem Berggipfel und deren direkte Umgebung, Einkehrmöglichkeiten und einzelne Naturbesonderheiten zu den am häufigsten empfohlenen Orten gehören, die sich nahezu alle in den Hochlagen des Nationalparks befinden. Bei Radfahrern hingegen ist die Trinkwassertalsperre Frauenau, der Gipfel des Großen Falkensteins und die Ortschaft Zwieslerwaldhaus besonders beliebt.

Hinsichtlich der räumlichen Verteilung der Highlights sind starke Konzentrationen in bestimmten Bereichen des Nationalparks zu beobachten, vor allem in der Umgebung der beliebten Berggipfel, Moorbereiche, Schachten, Urwaldgebiete und Gewässer sowie in den Nationalparkzentren (Abb. 10). Insgesamt befinden sich 38 % aller Highlights im Kerngebiet des Nationalparks, davon wiederum liegen 18 % der Highlights abseits markierter Wege. Prozentual betrachtet hat die Gesamtanzahl der Highlights im Kerngebiet im Vergleich zu den Vorjahren leicht zugenommen (2023: 35 %). Die absolute Anzahl der Highlights abseits markierter Wege hat ebenfalls leicht zugenommen (Abb 9), deren prozentualer Anteil an der Gesamtanzahl der Highlights im Kerngebiet hat jedoch abgenommen (2023: 20%, 2024: 18%).

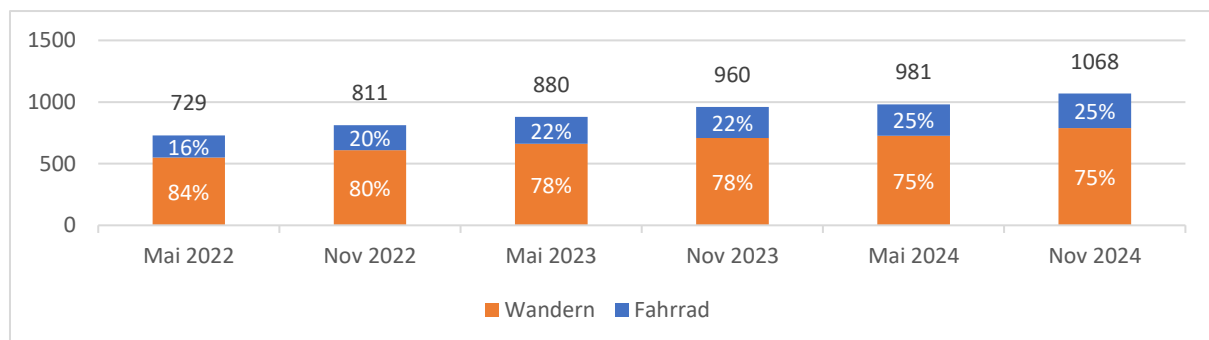


Abb. 9 – Entwicklung der Komoot-Highlights über die Projektlaufzeit.

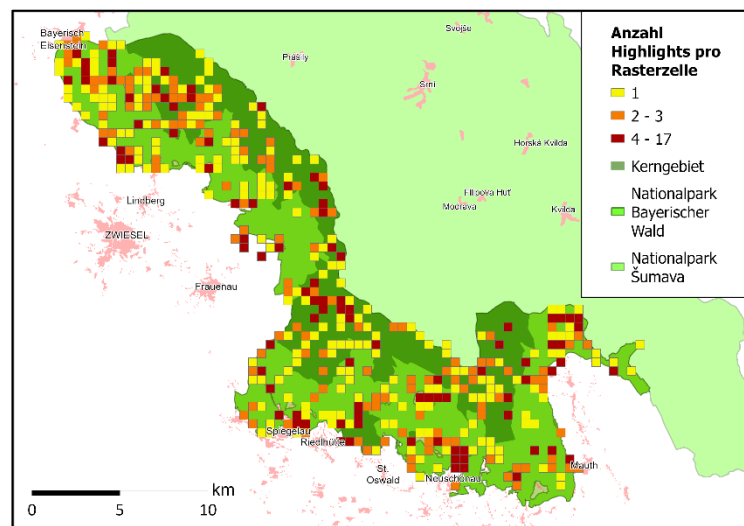


Abb. 10 - Räumliche Verteilung der Komoot-Highlights auf der Fläche des Nationalparks Bayerischer Wald.

3.3 Arbeitspaket 3: Managementmaßnahmen

Während des Projektzeitraums wurden durch den NPBW zahlreiche Änderungen an den OSM-Daten vorgenommen. Der Fokus lag dabei auf dem richtigen Tagging des Wegenetzes, sowohl in Bezug auf (aktivitätsspezifische/saisonale) Zugangsbeschränkungen als auch auf zugewachsene und renaturierte Wege, so dass diese nicht mehr in der Karte sichtbar sind und Besucher nicht fehlgeleitet werden. Um gemäß den OSM-Guidelines zu handeln wurden diese Wege zuvor im Gelände überprüft. So wurde das Wegenetz im Nationalpark um ca. 161 km reduziert.

Das Editieren der OSM-Daten wirkt sich entsprechend dem vorhandenen Tagging auf OSM-basierte Apps und Tourenportale aus. So werden z.B. Wege, die mit *bicycle=no* getaggt sind, nicht mehr für die Planung von Radrouten verwendet. In Abb. 11 wird dies anhand des Kartendienstes Mapy (www.mapy.com) verdeutlicht, hier wird die Route nicht auf dem kürzesten und direkten Weg (mit *bicycle=no* getaggt), sondern auf dem markierten Radweg geplant.

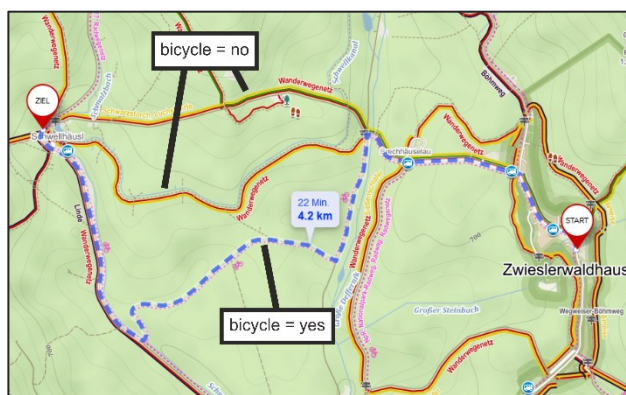
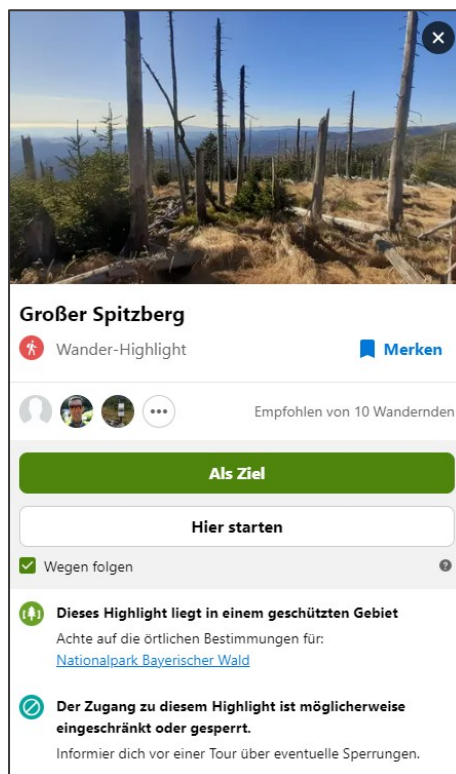


Abb. 11 – Die Verwendung von so genannten Tags für Wege in OpenStreetMap beeinflusst, wie diese in Kartenanwendungen und Tourenportalen dargestellt werden. Die Tags können auch, wie im Screenshot dargestellt, von den Navigationsalgorithmen verstanden werden, so dass Routen nicht über die kürzeste, sondern über die erlaubte Route geplant werden. Der Tag *bicycle* wird verwendet, um zu spezifizieren ob Radfahren auf einem Wegesegment erlaubt ist oder nicht. (Screenshot: Mapy.com)



Verantwortungsvoll die Natur entdecken

Deine Route kann Abschnitte enthalten, auf denen bestimmte Einschränkungen gelten. Sei ein Vorbild für deinen Sport, schenk ihnen besondere Beachtung und befolge die örtlichen Vorschriften auf deiner ganzen Tour.



Enthält einen Abschnitt, auf dem Radfahren verboten ist

Hier wirst du absteigen und schieben müssen.



Enthält einen Abschnitt mit zeitlich befristeter Zutrittsbeschränkung

Informier dich vor einer Tour über eventuelle Sperrungen.

Möglicherweise gelten noch weitere Einschränkungen. Informier dich vor dem Start über die örtlichen Regeln/Vorschriften.

[Mehr zu den komoot Tipps auf der Route](#)



Diese Meldung nicht mehr anzeigen

Alles klar

Abb. 12 – Warnhinweise bei einem Komoot Highlight (links) und beim Erstellen einer Tourenplanung in Komoot. Die Warnhinweise werden automatisch

Steinfleckberghütte

Wander-Highlight

**Nationalpark Bayerischer Wald** ***

Bitte beachtet, dass dieses Highlight zum Schutz des Auerhuhns und anderer bedrohter Tier- und Pflanzenarten nur vom 15.7. bis 15.11. zugänglich ist. Vielen Dank!
(Verordnung zur Einschränkung des Betretungsrechts im Nationalpark Bayerischer Wald)

15. Oktober 2024

**Fels und Wurzel**

Mountainbike-Highlight (Abschnitt)

**Nationalpark Bayerischer Wald** ***

Radfahren ist hier verboten! Im Nationalpark ist das Radfahren nur auf markierten Radwegen erlaubt. Bitte haltet euch zum Schutz der Natur an die Verhaltensregeln im Nationalpark. Vielen Dank!

14. Dezember 2023

Abb. 13 – Vom digitalen Besuchermanagement des Nationalparks Bayerischer Wald erstellte Kommentare zu Komoot-Highlights. Die Kommentare informieren über an dem Ort geltende Regeln und sollen Tourenportalnutzer für naturverträgliches Verhalten sensibilisieren.

Bei Komoot beeinflussen die OSM-Daten nicht nur die Routenplanung, sondern auch die Erstellung von Warnhinweisen. Diese erscheinen sowohl bei der Routenplanung als auch bei Highlights und weisen auf Schutzgebiete allgemein, Einschränkungen oder Sperrungen und Verbote für Radfahrer hin (Abb. 12).

Ergänzend zu den Warnhinweisen wurden einige Highlights mit dem offiziellen Nationalpark-Account kommentiert, um allgemeine Informationen zu geben, aber in erster Linie, um ergänzende Informationen zu möglichen Einschränkungen zu kommunizieren und somit eine Sensibilisierung für die geltenden Schutzmaßnahmen zu erreichen (Abb. 13). Solche Kommentare (und ggf. Nachrichten) wurden auch auf anderen Plattformen bei regelwidrigen und naturschutzfachlich kritischen Inhalten verschickt, was ein bedeutender Teil des digitalen Besuchermanagements darstellt.

Zur Bereitstellung eines positiven lenkenden Angebotes wurde das bereits bestehende Angebot an Tourenvorschlägen und Ausflugszielen erweitert. Insgesamt stellt die Nationalparkverwaltung über 100 naturverträgliche Touren-Tipps und rund 60 Ausflugsziele bereit. Diese stehen über die eigene Website, aber auch über die Tourenportale Outdooractive und Komoot zur Verfügung (Abb. 14). Dabei wurden soweit möglich Schnittstellen genutzt, um einen hohen Aufwand in der Datenpflege zu vermeiden. Komoot hat jedoch keine entsprechenden Schnittstellen, daher ist hier nur ein Auszug des Tourenangebots vorhanden, um die Datenpflege und eine hohe Qualität der Inhalte sicherzustellen. Die Touren auf Komoot wurden in thematische Collections geordnet und werden Nutzern bei der Tourensuche vorgeschlagen. Zu Outdooractive werden die Touren und Ausflugsziele automatisiert über eine Schnittstelle übertragen, so dass auch Änderungen automatisch übernommen wurden.

Darüber hinaus wurden die Bemühungen im Bereich Open Data ausgeweitet und ein Großteil der Touren und Ausflugsziele mit einer entsprechenden Creative-Commons Lizenz versehen, welche u.a. die Einbindung in Webseiten anderer Organisationen erlaubt. Das von der Nationalparkverwaltung verwendete Content Management System wurde an die Bayern Cloud Tourismus angeschlossen (Bayern Tourismus Marketing GmbH 2025). Diese wiederum ist mit dem DZT Knowledge Graph verknüpft, so dass die Inhalte auch in diese deutschlandweite Plattform fließen (Deutsche Zentrale für Tourismus e.V. 2025).

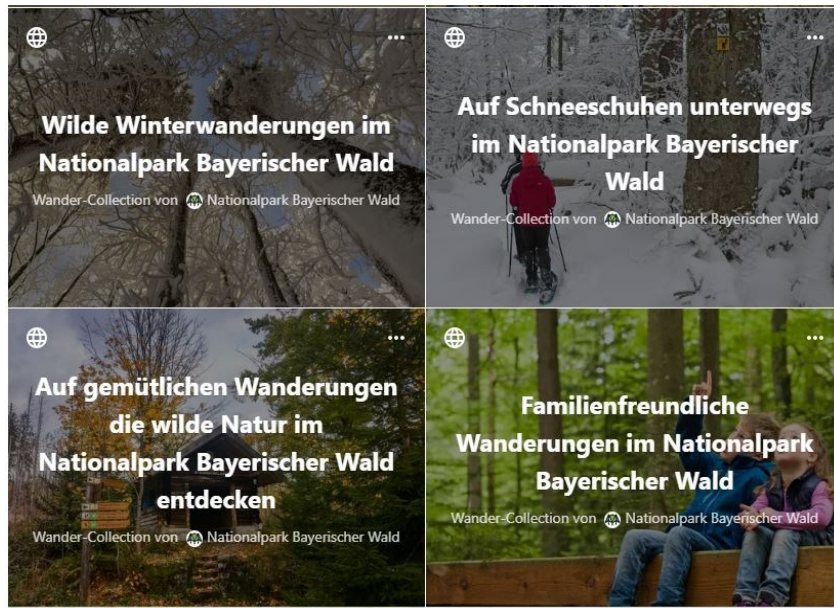


Abb. 14 – Routenvorschläge des Nationalparks Bayerischer Wald auf dem Tourenportal Komoot.

3.4 Arbeitspaket 4: Evaluierung des digitalen Besuchermanagements

3.4.1 Reichweite eigener Inhalte in einem Tourenportal

Ein Blick auf die Urheber der Tourenvorschläge auf Outdooractive zeigt, dass der Anteil der Inhalte, die von der Community erstellt werden mit 65,5% den Großteil der Daten ausmacht. Tourenvorschläge der Nationalparkverwaltung stehen für weitere 15,2% und die restlichen 19,3% wurden von anderen Outdooractive-Partnern hochgeladen. Insgesamt gibt es neben dem NPBW 30 weitere Partner, die Touren für die Region erstellt haben. Während die Nationalparkverwaltung erst 2018 angefangen hat Touren auf der Plattform zu bewerben, haben andere Partner bereits ab 2008 damit begonnen. Die ersten Routen aus der Community wurden 2010 hochgeladen. Seitdem ist ihr Anteil stetig gewachsen und macht seit 2014 den größten Teil der Routen aus.

Ein Blick auf die Anzeigestatistiken zeigt, dass die Tourenvorschläge der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald im Median eine deutlich höhere Reichweite, sowohl im Vergleich mit Routenvorschläge anderer Partner als auch mit Touren aus der Community haben. Dies gilt sowohl für die Vorschauansichten (NPBW: 7427, Partner: 3530, Community: 4923) als auch für die Detailansichten (NPBW: 685, Partner: 82, Community: 169). Da der Unterschied bei den Detailansichten noch größer ist, lässt auf ein hohes Interesse der Plattform-Nutzer an den Inhalten der Nationalparkverwaltung schließen.

Während die Tourenvorschläge anderer Partner im Median geringere Aufrufe aufweisen als die der Nationalparkverwaltung und der Community, zeigt die Breite des oberen Quartils, die beträchtlichen Standardabweichungen (Vorschauansichten: SD 237 108, Detailansichten: SD 100 018), sowie die Ausreißer, dass es hier starke Unterschiede innerhalb der Routen gibt. Bei den beliebtesten Routen zeigt sich auch, dass die Vorschläge der Nationalparkverwaltung noch Aufholpotential haben. So hat die am häufigsten aufgerufene Tour der Nationalparkverwaltung 5 551 Detailansichten, während die beliebteste Tour aus der Community 22 394 und die der anderen Partner 100 018 aufweist. Unter den zehn beliebtesten Touren befinden sich keine der Nationalparkverwaltung und nur drei aus der Community. Die restlichen wurden vom Deutschen Alpenverein und vom ADAC Wanderführer erstellt. Die höheren maximalen Zugriffszahlen im Vergleich zu den Nationalparkeigenen Tourenvorschlägen erklären sich

unter anderem dadurch, dass diese Routen zumeist deutlich länger online sind mit Erstellungsdaten ab 2008. Der längere Zeitraum führt automatisch zu mehr Ansichten. Mehr Ansichten führen vermutlich außerdem zu einer prominenteren Platzierung bei den Suchergebnissen. Es gibt aber auch Routen unter den Top 10 die erst 2017 veröffentlicht worden sind, was dafürspricht, dass noch andere Gründe für die höhere Reichweite vorliegen. Die meisten der beliebtesten Routen verlaufen über die Hochlagen und die prominenten Berggipfel des Parks. Aus Sicht der Besucherlenkung kritisch ist zu sehen, dass eine der beliebtesten Routen (146 516 Detailansichten) auf langer Strecke über den Grenzsteig verläuft, einen nicht markierten Weg, der lediglich zwischen 15. Juli und 15. November begangen werden darf. Da dieser durch das Habitat des störungsempfindlichen Auerhuhns verläuft ist ein hohes Besucheraufkommen hier aus naturschutzfachlicher Sicht negativ zu bewerten.

Das mehr Partnerinhalte unter den Top 10 sind erklärt sich vermutlich daraus, dass diese von der Plattform prominenter beworben werden als Inhalte von privaten Nutzern. Außerdem betten viele Partner Outdooractive zusätzlich in ihre eigenen Webseiten ein, um hierüber ihre Routenvorschläge zu bewerben. Dies führt zusätzlich zu höheren Zugriffszahlen verglichen mit den Community-Inhalten, die lediglich über die eigentliche Outdooractive-Plattform zugänglich sind.

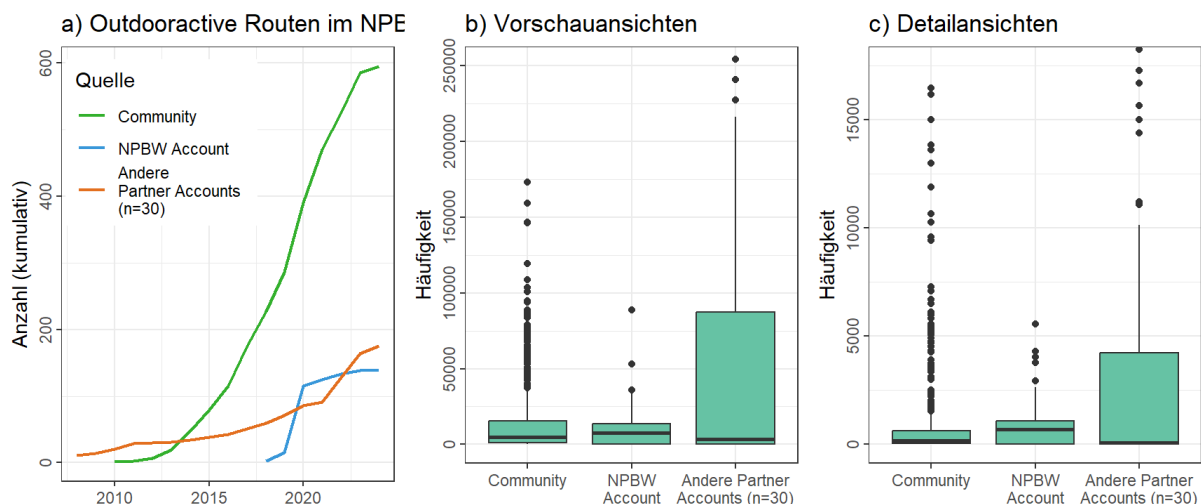


Abb. 15 – Kumulative Anzahl der Routen durch den Nationalpark Bayerischer Wald (NPBW) aufgeschlüsselt nach Quelle der Daten (a). Routen aus der Community wurden von privaten Nutzern erstellt, während Partner Accounts von offiziellen Organisationen, wie z.B. Schutzgebietsverwaltungen oder Tourismusverbänden betreut werden. Anzahl der Vorschauansichten in der Outdooractive Webseite oder App, aufgeteilt nach Quelle (b). Anzahl der Detailansichten in der Outdooractive Webseite oder App, aufgeteilt nach Quelle (c). Ausreißer sind für diese Darstellung abgeschnitten worden.

3.4.2 Digitalisierung der im Nationalpark geltenden Regeln: OSM-Bearbeitung

Die Auswertung der OSM Tags zeigt, dass die Zahl der Tags über alle Kategorien hinweg zugenommen hat (Abb. 16a). Der Beginn des digitalen Besuchermanagements im NPBW ist in den Daten klar erkennbar, da zu diesem Zeitpunkt, im Jahr 2020, ein starker Zuwachs in den relevanten Tags zu beobachten ist. Zu diesem Zeitpunkt wurde von Seiten des Parks begonnen die Tags, über die Wege mit Regeln versehen werden können, zu bearbeiten. Offensichtlich wurden manche Tags, wie die *access:conditional* Tags, bis dahin praktisch nicht verwendet. Seit dieser Zeit hat sich die Zahl der Tags auf einem nur leicht schwankenden Niveau eingependelt, was darauf hindeutet, dass die meisten Wege, für die dies relevant ist, inzwischen mit Tags versehen worden sind. Der leichte Rückgang von den *access* Tags nach 2020 lässt sich durch das Entfernen von redundanten Tags erklären. Statt das

allgemeine Betretungsrecht über den Tag *access* zu definieren werden im Nationalpark vermehrt die Nutzungsregeln für Wanderer (z.B. *foot=yes*) und Radfahrer (z.B. *bicycle=no*) getrennt erfasst.

Ein vorübergehender Rückgang der Tags *bicycle* und *foot* ist zwischen 2012 und 2013 zu beobachten. Dieser ist vermutlich auf eine Bereinigung der Daten zurückzuführen. Insbesondere in den ersten Jahren wurde OSM oftmals überarbeitet, um fehlerhafte oder doppelt eingetragene Daten zu korrigieren. Da derselbe Trend nicht in anderen Gebieten beobachtet wurde handelt es sich vermutlich um die Arbeit eines einzelnen oder mehrerer OSM-Nutzer in der Nationalparkregion. Da sich zu dieser Zeit niemand in der Nationalparkverwaltung mit OSM beschäftigt war, sind hierfür vermutlich Privatpersonen verantwortlich. Insbesondere im ländlichen Raum scheint die Qualität von OSM oft mit der Aktivität einiger weniger Nutzer zusammenzuhängen (Jokar Arsanjani, and Bakillah 2015; Zielstra et al. 2014). Eine Auswertung der OSM-Bearbeitungen für diesen Zeitraum bestätigte, dass ein Großteil der Bearbeitungen auf einen einzigen Nutzer zurückzuführen ist. Für die Evaluierung des digitalen Managements ist dies vermutlich nicht bedeutend, da zu dieser Zeit nur wenige Routen in Outdooractive hochgeladen wurden.

Auch die Gesamtzahl der auf OSM eingetragenen Wegesegmente im Nationalpark hat bis 2020 stetig zugenommen (Abb. 16b), abgesehen von einem Rückgang um 2011 welcher analog zu dem kurzfristigen Rückgang der Tags stattfand. Seit 2020, geht die Zahl der der Wege leicht zurück. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Wege durch die Nationalparkverwaltung als verlassen bzw. zurückgebaut (z.B. *abandoned:highway=path*) markiert worden sind. Dies sorgt dafür, dass die betreffenden Wegesegmente in den meisten Anwendungen ausgeblendet werden.

Abbildung Abb. 16c zeigt, dass in den letzten Jahren ein Großteil der Arbeiten an den für Regeln relevanten Tags, auf die Nationalparkverwaltung selbst zurück geht. Insgesamt wurden seit Herbst 2019 6636 Änderungen durchgeführt. Das entspricht 83% der Bearbeitungen dieser Daten für den Zeitraum 2019 bis 2023. Dies lässt darauf schließen, dass die Datenbank ohne die Bemühungen des digitalen Besuchermanagements nur mangelhafte Informationen über die auf der Nationalparkfläche geltenden Regeln enthalten würde. Diese Informationen sind allerdings wichtig, um sicherzustellen, dass die Outdoorplattformen die Wege korrekt in ihre Navigationsalgorithmen einbeziehen (siehe Arbeitspaket 3). Auch die Darstellung in Kartenanwendungen hängt von der Nutzung passender Tags ab. So kann ein schlecht sichtbarer Trampelpfad (bspw. *highway=path*, *trail_visibility=poor*) anders dargestellt werden, als ein gut ausgebauter Hauptwanderweg (bspw. *highway=track*).

Die Auswertung der Routen von Outdooractive zeigt, dass der Anteil der regelwidrigen Touren seit einigen Jahren rückläufig ist, während die absolute Zahl der jährlich hochgeladenen Touren stetig zugenommen hat. In absoluten Zahlen hat der Anteil regelwidriger Routen leicht zugenommen. Auffällig ist auch der starke Anstieg mit 38 regelwidrigen Touren 2020, im ersten Jahr der Corona-Pandemie. In diesem Jahr wurden insgesamt deutlich mehr Routen erstellt.

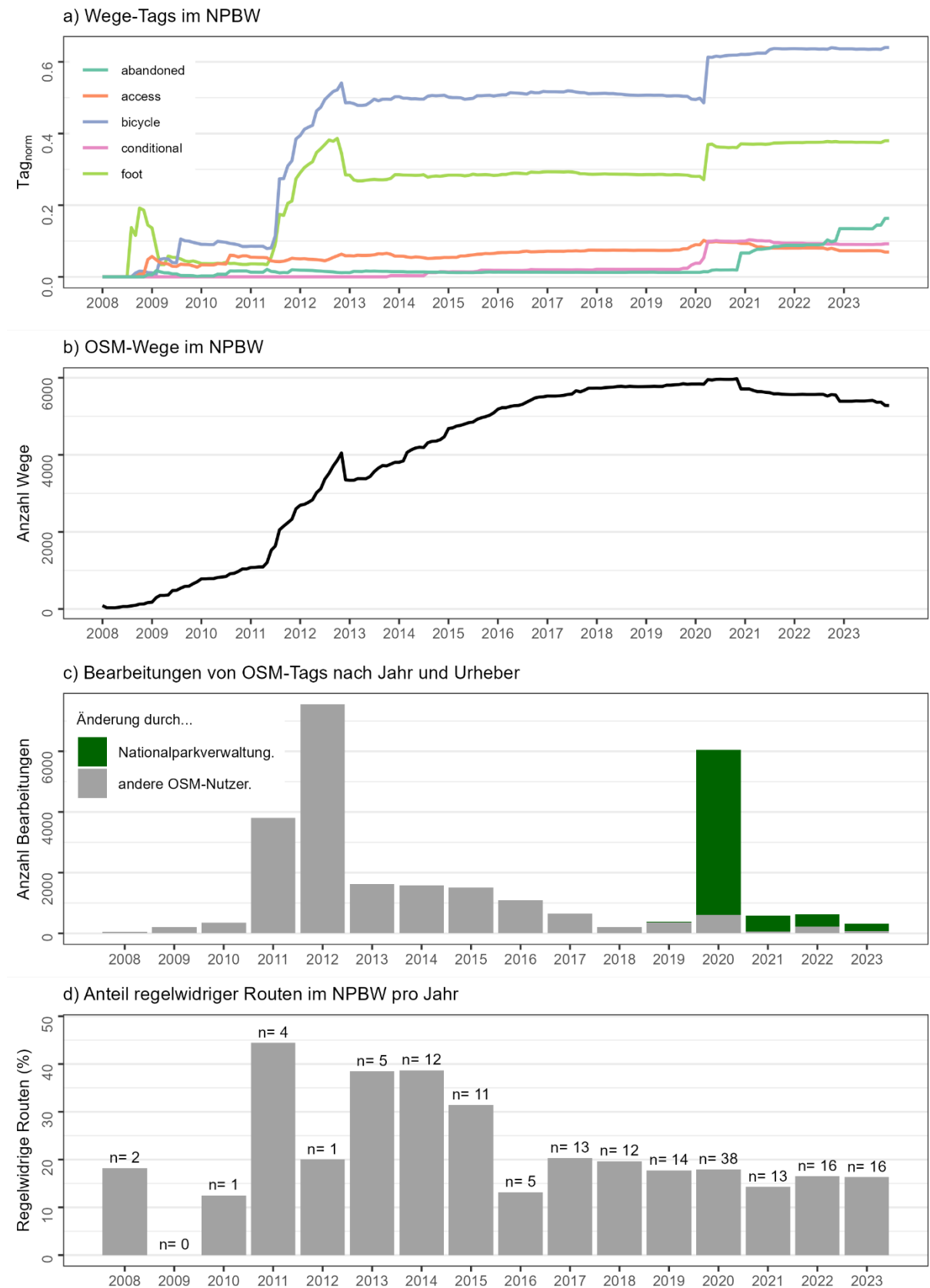


Abb. 16 - Entwicklung der regelbezogenen Tags in OpenStreetMap auf dem Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald (a). Die Werte sind normalisiert zu der jeweiligen Anzahl an Straßen und Wegen in OpenStreetMap im selben Gebiet (b). Die Anzahl der jährlichen Bearbeitungsvorgänge ist nach Art der Urheber (Nationalpark oder andere OSM-Nutzer) aufgeschlüsselt (c). Hier ist erkennbar, dass es zwei Bearbeitungswellen gab, 2011-2012 sowie 2020. Wobei letztere v.a. durch Bearbeitungen durch die Nationalparkverwaltung

entstanden ist. Zuletzt ist der Anteil regelwidriger Touren die auf Outdooractive veröffentlicht wurden pro Jahr abgebildet. Hier ist ein abnehmender Trend erkennbar.

Die Analyse der Streudiagramme, die den Anteil an regelwidrigen Routen pro Jahr in Relation zur Anzahl der zu Jahresbeginn in der OSM-Datenbank eingetragenen Tags für Regeln auf Wegen darstellen, zeigte keine starken Korrelationen (Abb. 17). Nach visueller Auswertung der Streudiagramme erschien zunächst ein Effekt der *conditional* Tags möglich. Eine statistische Auswertung konnte diesen Effekt jedoch nicht bestätigen. Wir modellierten den Anteil regelwidriger Routen in Abhängigkeit von der normalisierten Anzahl der *conditional* Tags als fester Effekt und der Jahreszahl als zufälliger Effekt unter Verwendung eines generalisierten linearen gemischten Modells (GLMM) mit einer bizonalen Verteilung und einer bizonalen Verknüpfungsfunktion. Die Ergebnisse dieser Modellierung ergaben jedoch, dass eine Zunahme des Anteils der mit dem *conditional* Tag-Suffix versehenen Wege keinen signifikanten Einfluss auf die Reduktion der regelwidrigen Routen hat (Koeffizient = -6,06, SE = 15.25, $p = 0.691$).

Da der Rückgang des Anteils regelwidriger Routen bereits ab 2016 einsetzte (Abb. 16d), kann vermutet werden, dass es noch andere Faktoren gibt, die hierfür ursächlich sind. Dazu könnten unter anderem Anpassungen in den Navigationsalgorithmen der Tourenplattform sowie Veränderungen in der Nutzergruppe zählen. Diese Überlegungen sind allerdings rein spekulativ, da wir keine Einblicke in die internen Vorgänge der Plattformen haben. Es ist durchaus möglich, dass das digitale Besuchermanagement in Zukunft messbare Effekte auf die Regelmäßigkeit der auf Tourenportalen erstellte Routen hat. Um dies zu untersuchen soll das digitale Besuchermonitoring fortgesetzt werden. Hierbei soll insbesondere untersucht werden, ob es Veränderungen gegenüber den Vorjahren gibt.

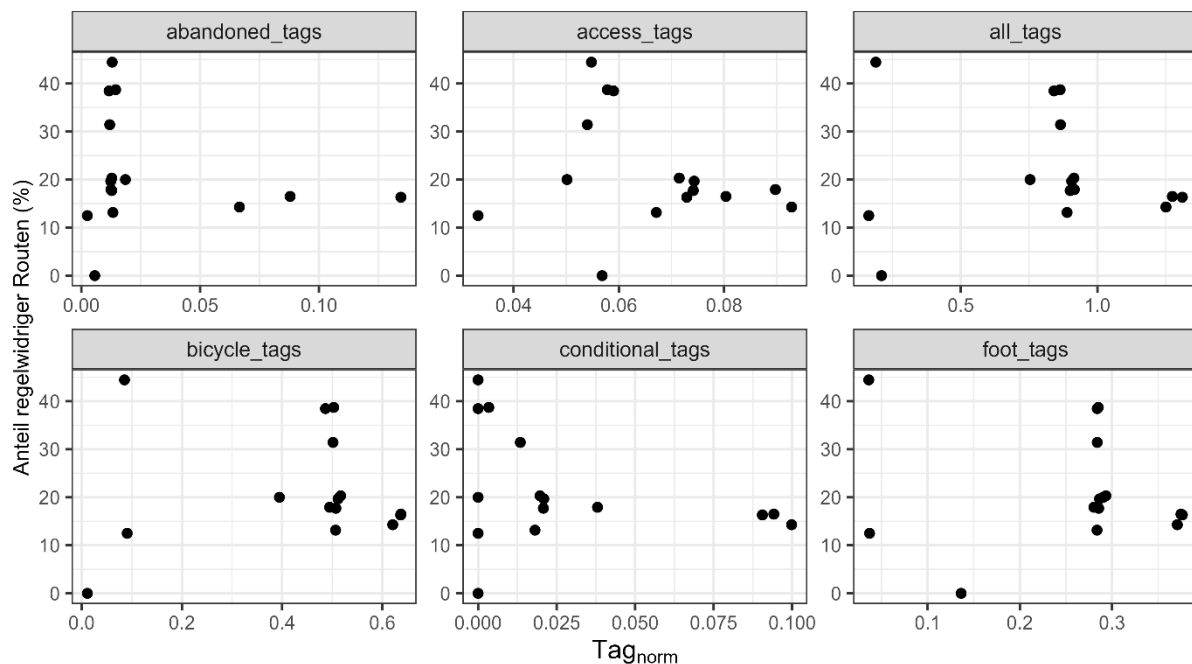


Abb. 17 – Anteil neu erstellter regelwidriger Routen auf Outdooractive je Jahr im Verhältnis zu den zum jeweiligen Zeitpunkt auf OpenStreetMap existierenden Tag für auf Wegen geltende Regeln. Die Anzahl der Tags wurde mit der jeweiligen Zahl der Wege auf der Nationalparkfläche normalisiert.

4 Öffentlichkeitsarbeit/Veröffentlichungen/Vorträge

Im Rahmen des Projekts haben Mitarbeiter der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald an zwei Konferenzen und drei Workshops teilgenommen. Außerdem wurden die Projekterkenntnisse beim Jahrestreffen der AG Forschung und Monitoring der NNL e.V. sowie in einer Lehrveranstaltung der Uni Passau vorgestellt. Zum Ende der Projekts wurde ein Workshop durchgeführt, um die entwickelten Methoden mit Mitarbeitern anderer Nationalparks zu teilen.

4.1 Abschlussworkshop

Anlässlich des Projektabschlusses wurde am 11. Februar 2025 ein Workshop für Nationalparks der DACH Region angeboten. Der Workshop wurde per Videokonferenz abgehalten, um die Teilnahme für möglichst viele Parks zu ermöglichen. Es nahmen acht Mitarbeiter von sieben Nationalparks aus Deutschland und Österreich teil. Diese Nationalparks sind im Folgenden aufgelistet:

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Nationalpark Sächsische Schweiz | 5. Nationalpark Donau Auen |
| 2. Nationalpark Harz | 6. Nationalpark Kellerwald-Edersee |
| 3. Nationalpark Eifel | 7. Nationalpark Schwarzwald |
| 4. Nationalpark Hohe Tauern | |

In einem einleitenden Vortrag wurden die Arbeitspakete des Projekts erläutert, wobei ein Fokus auf die managementrelevanten Erkenntnisse gelegt wurde. Anschließend fand eine zweistündige Übungseinheit statt, in der das im Arbeitspaket 2 entwickelte digitale Besuchermonitoring vermittelt wurde. Das hierfür entwickelte Arbeitsblatt befindet sich im Anhang dieses Berichts und ermöglicht es Interessierten sich die Methodik eigenständig anzueignen.

4.2 Veröffentlichungen:

1. Mangold, M., Schwietering, A., Zink, J., Steinbauer, M. J., & Heurich, M. (2024). The digitalization of outdoor recreation: Global perspectives on the opportunities and challenges for protected area management. *Journal of Environmental Management*, 352. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120108>
2. Mangold, M., Zink, J., & Heurich, M. (2024). Nationalparks sehen Chancen und Herausforderungen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*. <https://www.nul-online.de/themen/landschafts-und-umweltplanung/article-8056088-201982/nationalparks-sehen-chancen-und-herausforderungen-.html>
3. Mangold, M., Zink, J., Schwietering, A., Heurich, M.: Bearbeitung von OSM durch Schutzgebiete und Regelmäßigkeit von Tourenportalinhalten (In Vorbereitung)
4. Mangold, M., Schwietering, A., Zink, J., Schwietering, A., Steinbauer, M., Heurich, M.: Evaluierung der Kooperation von Nationalparks und Tourenportalen mit Fokus auf die Regelmäßigkeit von Points-of-interest und Routenvorschlägen (In Vorbereitung)

4.3 Vorträge und Workshops

5. Vortrag beim 7. Nationalparks Austria Forschungssymposium: *Following the digital tracks: Visitor monitoring using outdoor platform data*. Wien; 7.-9.9.2022; Teilnehmer: Julia Zink, Max Mangold

6. Teilnahme an Workshop „*Diskussionen um den Digital Ranger*“; Hochschule Kempten; Organisiert von der Universität Bayreuth; 11.5.2022; Teilnehmer: Max Mangold
7. Fachforum des Bundesamts für Naturschutz; 27.-28.11.2023; Teilnehmerin: Julia Zink
8. Lehrinheit an Uni Passau im Rahmen der Veranstaltungsreihe „Regionalforschung und Tourismus: Interkulturalität und Umwelt“ im M.A. Geographie; 11. Dezember 2023; Vortragende: Julia Zink, Max Mangold
9. Fachforum des Bundesamts für Naturschutz; Bonn; 18.9.2024; Teilnehmerin: Julia Zink
10. Vorträge bei der Konferenz „Monitoring and Management of Visitors in Recreational and Protected Areas“
 - a. *Visitor management in the digital age*; 5. September 2024; Vortragender: Max Mangold
 - b. *Rangers going digital - How data from outdoor platforms can help detecting rule violations in protected areas*; 5. September 2024; Julia Zink
11. Vortrag auf dem Jahrestreffen der AG Forschung und Monitoring bei den Nationalen Naturlandschaften e.V. (NNL): *Digitales Besuchermanagement in Nationalparks – Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt*; 5. November 2024; Vortragender: Max Mangold
12. Abschlussworkshop des Projekts; 11. Februar 2025

5 Fazit und Ausblick

Die Mehrheit der deutschen Nationalparks sieht das digitale Besuchermanagement positiv. Die Digitalisierung bietet für sie neue Methoden, die das Management unterstützen können. Die meisten Parks planen daher, in Zukunft verstärkt auf digitales Besuchermanagement zu setzen.

Im Rahmen des Projekts konnte das digitale Besuchermanagement im NPBW stark ausgebaut und weiterentwickelt werden. Die auf den Wegen im Nationalpark geltenden Regeln wurden in die offene Datenbank OSM integriert, wo sie von Tourenportalen und anderen Plattformen ausgelesen und in deren Kartendarstellung sowie Routenplanung berücksichtigt werden können. Zusätzlich wurden von Besuchern hochgeladene Inhalte auf Tourenportalen sowie in sozialen Medien verstärkt kommentiert, um für Naturschutzbelange zu sensibilisieren und auf regelwidriges Verhalten aufmerksam zu machen. Eine positive Besucherlenkung wurde durch das Bewerben des offiziellen Wanderwegenetzes über Tourenportale intensiviert. Die so beworbenen Routenvorschläge erreichten im Vergleich zu solchen von anderen Urhebern hohe Reichweiten.

Das Besuchermonitoring im NPBW wurde durch ein digitales Besuchermonitoring ergänzt, das detaillierte räumliche Einblicke in die Besucheraktivität im Nationalpark bietet. Der Fokus lag hier auf Routen und POIs von Tourenportalen. Im Gegensatz zu punktuellen Besucherzählungen im Gelände ermöglichen Daten von Tourenplattformen eine räumlich hoch aufgelöste Darstellung der Besucherverteilung. Zeitliche Trends können sowohl im Jahres- als auch im Wochenverlauf abgebildet und analysiert werden. Das Potenzial dieser Art des Monitorings wird vor allem durch einen Mangel an verfügbaren Daten gehemmt. Obwohl die Befragung der Nationalparks ergab, dass die Mehrheit der Parks nicht der Meinung ist, dass zu wenig Daten für das digitale Besuchermanagement zur Verfügung stehen, zeigte die Erfahrung des Projekts, dass viele soziale Medien und Tourenportale nicht bereit sind, ihre Daten mit Schutzgebieten zu teilen. Vermutlich bestehen auf Seiten der Plattformbetreiber Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und des Renommées der Plattformen. Verständlicherweise soll der Eindruck vermieden werden, dass sensible Nutzerdaten mit Dritten geteilt werden.

Um den Zugang zu anonymisierten und für die Nutzer der Tourenportale unproblematischen Daten zu verbessern, sollte der Kontakt zu den Tourenplattformen weiter ausgebaut werden. Auf lange Sicht könnten so möglicherweise Datennutzungsvereinbarungen geschlossen werden, die eine Nutzung für das digitale Besuchermanagement ermöglichen. Derartige Daten sind essenziell, um langfristige Effekte des digitalen Besuchermanagements auf die Besucherströme zu untersuchen. Die in diesem Projekt durchgeführten Evaluierungen konnten keinen kausalen Zusammenhang zwischen dem digitalen Besuchermanagement, insbesondere der Bearbeitung von OpenStreetMap (OSM), nachweisen. Eine Hürde bei dieser Evaluation war jedoch die mangelnde Datenverfügbarkeit. Um diese in Zukunft zu verbessern, wird die Nationalparkverwaltung den Dialog mit den Plattformbetreibern weiterführen und hierbei auch die Kooperation innerhalb der NNL e.V. unterstützen.

Literaturangaben

- AllTrails, Inc. (2023): About AllTrails - Who we are. AllTrails.com. <https://www.alltrails.com/about> (aufgerufen am 17.01.2023)
- Anderson Z., Lusk C., Jones M.D. (2017): Towards understanding hikers' technology preferences. In: S. \textquotedbl Claire \textquotedbl Lee, L. Takayama, K. Truong (Hrsg.): Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers. ACM. New York, NY, USA: 1–4.
- Balmford A., Green J.M.H. et al. (2015): Walk on the Wild Side: Estimating the Global Magnitude of Visits to Protected Areas. PLOS Biology 13(2): e1002074. DOI: 10.1371/journal.pbio.1002074
- Barros C., Moya-Gómez B., Gutiérrez J. (2020): Using geotagged photographs and GPS tracks from social networks to analyse visitor behaviour in national parks. Current Issues in Tourism 23(10): 1291–1310. DOI: 10.1080/13683500.2019.1619674
- Bayern Tourismus Marketing GmbH (2025): BayernCloud Tourismus: Die Datendrehscheibe für den Tourismus. <https://tourismus.bayern/destinationsentwicklung/digitale-destinationsentwicklung/bayerncloud-tourismus/> (aufgerufen am 06.03.2025)
- BayWaldNatPV (1997): BayWaldNatPV: Verordnung über den Nationalpark Bayerischer Wald (Nationalparkverordnung Bayerischer Wald – BayWaldNatPV) in der Fassung der Bekanntmachung vom S.((<https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayNatWaldV>))
- Bielański M., Taczanowska K. et al. (2018): Application of GPS tracking for monitoring spatially unconstrained outdoor recreational activities in protected areas – A case study of ski touring in the Tatra National Park, Poland. Applied Geography 96: 51–65. DOI: 10.1016/j.apgeog.2018.05.008
- Bikemap GmbH (2023): Bikemap - deine perfekte Route. Bikemap. <https://www.bikemap.net/de/> (aufgerufen am 10.01.2023)
- Bikemap GmbH (2022): Missing bike paths and other information in the map. Bikemap Help Center. <https://help.bikemap.net/hc/en-us/articles/360019562119-Missing-bike-paths-and-other-information-in-the-map> (aufgerufen am 17.01.2023)
- Campelo M.B., Nogueira Mendes R.M. (2016): Comparing webshare services to assess mountain bike use in protected areas. Journal of Outdoor Recreation and Tourism 15: 82–88. DOI: 10.1016/j.jort.2016.08.001
- Deutsche Zentrale für Tourismus e.V. (2025): Hintergrundinfos zu den Open Data-Projekten im Deutschland-Tourismus. Open Data Destination Germany. <https://open-data-germany.org/open-data-germany/> (aufgerufen am 22.04.2025)
- Dupke C., Dormann C.F., Heurich M. (2019): Does Public Participation Shift German National Park Priorities Away from Nature Conservation? Environmental Conservation 46(1): 84–91. DOI: 10.1017/S0376892918000310
- Eagles P.F.J., Haynes C.D., McCool S.F. (2002): Sustainable tourism in protected areas : guidelines for planning and management IUCN: S.((<https://portals.iucn.org/library/node/8024>))

- Heikinheimo V., Minin E.D. et al. (2017): User-Generated Geographic Information for Visitor Monitoring in a National Park: A Comparison of Social Media Data and Visitor Survey. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 6(3): 85. DOI: 10.3390/ijgi6030085
- Hennig S. (2017): OpenStreetMap used in protected area management. The example of the recreational infrastructure in Berchtesgaden National Park. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management* 9/2: 30–41. DOI: 10.1553/eco.mont-9-2s30
- Hille J. (2022): So werden Outdoor-Inhalte von Organisationen und Brands auf komoot sichtbar. Komoot. <https://medium.com/komoot/so-werden-outdoor-inhalte-von-organisationen-und-brands-auf-komoot-sichtbar-cf32bc3e6ff0> (aufgerufen am 17.01.2023)
- Job H., Schamel J., Butzmann E. (2016): Besuchermanagement in Großschutzgebieten und moderne IKT - Natur und Landschaft. *Natur und Landschaft* 91(1): 32–38.
- Jokar Arsanjani J., and Bakillah M. (2015): Understanding the potential relationship between the socio-economic variables and contributions to OpenStreetMap. *International Journal of Digital Earth* 8(11): 861–876. DOI: 10.1080/17538947.2014.951081
- Komoot GmbH (2023): Suggesting map edits to OpenStreetMap. komoot. <https://support.komoot.com/hc/en-us/articles/4419886869274-Suggesting-map-edits-to-OpenStreetMap> (aufgerufen am 17.01.2023)
- Larson C.L., Reed S.E. et al. (2016): Effects of Recreation on Animals Revealed as Widespread through a Global Systematic Review. *PLOS ONE* 11(12): e0167259. DOI: 10.1371/journal.pone.0167259
- Mangold M., Schwietering A. et al. (2024): The digitalization of outdoor recreation: Global perspectives on the opportunities and challenges for protected area management. *Journal of Environmental Management* 352: 120108. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120108
- Marion S., Davies A. et al. (2020): A systematic review of methods for studying the impacts of outdoor recreation on terrestrial wildlife. *Global Ecology and Conservation* 22: e00917. DOI: 10.1016/j.gecco.2020.e00917
- Mayer M., Woltering M. (2017): Nature Tourism in Germany's Protected Areas. In: J. S. Chen, N. K. Prebensen (Hrsg.): *Nature Tourism*. Routledge. Oxford: 131–145.
- Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (2010): Nationalparkplan: Anlageband Wegeplan.
- Norman P., Pickering C.M. (2017): Using volunteered geographic information to assess park visitation: Comparing three on-line platforms. *Applied Geography* 89: 163–172. DOI: 10.1016/j.apgeog.2017.11.001
- OpenStreetMap Contributors (2023a): bicycle | Keys | OpenStreetMap Taginfo. <https://taginfo.openstreetmap.org/keys/bicycle#values> (aufgerufen am 17.01.2023)
- OpenStreetMap Contributors (2023b): foot:conditional | Keys | OpenStreetMap Taginfo. <https://taginfo.openstreetmap.org/keys/foot%3Aconditional#values> (aufgerufen am 17.01.2023)
- OpenStreetMap US (2022): Trail Stewardship Initiative. <https://www.openstreetmap.us/trails/> (aufgerufen am 09.05.2023)
- OpenStreetMap Wiki contributors (2024): Restrictions - OpenStreetMap Wiki. <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Restrictions> (aufgerufen am 22.01.2025)

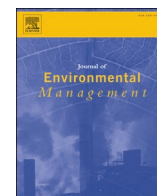
- OpenStreetMap Wiki contributors (2022): Tags. OpenStreetMap Wiki.
<https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Tags&oldid=2371510> (aufgerufen am 17.01.2023)
- Outdooractive AG (2023a): OpenStreetMap.
<https://www.outdooractive.com/en/knowledgepage/openstreetmap/37514006/> (aufgerufen am 17.01.2023)
- Outdooractive AG (2024a): Outdooractive App.
- Outdooractive AG (2024b): Outdooractive Business. <https://business.outdooractive.com/> (aufgerufen am 12.02.2024)
- Outdooractive AG (2023b): Platform • Corporate Outdooractive. Corporate Outdooractive.
<https://corporate.outdooractive.com/en/platform/> (aufgerufen am 17.01.2023)
- Peters A., Ruess R., Heurich M. (2023): Welche Auswirkungen haben Erholungs-aktivitäten auf Verhalten, Physiologie und Demografie von Wildtieren? Ergebnisse einer vergleichenden Literaturstudie. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 55(1): 24–35. DOI: 10.1399/NuL.2023.01.02
- Raifer M., Troilo R. et al. (2024): OSHDB - OpenStreetMap History Data Analysis. . DOI: 10.5281/zenodo.12580179 ((<https://zenodo.org/records/12580179>))
- Raifer M., Troilo R. et al. (2019): OSHDB: a framework for spatio-temporal analysis of OpenStreetMap history data. *Open Geospatial Data, Software and Standards* 4(1): 1–12. DOI: 10.1186/s40965-019-0061-3
- Strava, Inc. (2022a): About Strava Maps. Strava Support. <https://support.strava.com/hc/en-us/articles/216917717-About-Strava-Maps> (aufgerufen am 17.01.2023)
- Strava, Inc. (2022b): Strava Business: Grow your brand with Strava. <https://business.strava.com/> (aufgerufen am 19.05.2022)
- Tucker M.A., Böhning-Gaese K. et al. (2018): Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. *Science* 359(6374): 466–469. DOI: 10.1126/science.aam9712
- Venter Z.S., Barton D.N. et al. (2020): Urban nature in a time of crisis: recreational use of green space increases during the COVID-19 outbreak in Oslo, Norway. *Environmental Research Letters* 15(10): 104075. DOI: 10.1088/1748-9326/abb396
- Wilkins E.J., Smith J.W., Keane R. (2020): Social media communication preferences of national park visitors. *Applied Environmental Education & Communication* 19(1): 4–18. DOI: 10.1080/1533015X.2018.1486247
- Wilson M.W., Ridlon A.D. et al. (2020): Ecological impacts of human-induced animal behaviour change. *Ecology Letters* 23(10): 1522–1536. DOI: 10.1111/ele.13571
- Zielstra D., Hochmair H.H. et al. (2014): Areal Delineation of Home Regions from Contribution and Editing Patterns in OpenStreetMap. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 3(4): 1211–1233. DOI: 10.3390/ijgi3041211
- Zink J., Porst F. et al. (2024): Ergebnisse des Besuchermonitorings im Nationalpark Bayerischer Wald im Jahr 2023 Bavarian Forest National Park Administration: S.((<https://www.nationalpark->

bayerischer-
wald.bayern.de/service/downloads/doc/berichte/bericht_besuchermonitoring_2023.pdf))

Anhang

Anlage 1: Mangold, M., Schwietering, A., Zink, J., Steinbauer, M. J., & Heurich, M. (2024). The digitalization of outdoor recreation: Global perspectives on the opportunities and challenges for protected area management. *Journal of Environmental Management*, 352.

Anlage 2: Arbeitsblätter des Abschlussworkshops



Research article

The digitalization of outdoor recreation: Global perspectives on the opportunities and challenges for protected area management

Max Mangold^{a,b,*}, Arne Schwietering^c, Julia Zink^b, Manuel J. Steinbauer^c, Marco Heurich^{a,b,d}^a Wildlife Ecology and Conservation Biology, Faculty of Environment and Natural Resources, University of Freiburg, Freiburg, Germany^b Bavarian Forest National Park, Grafenau, Germany^c Bayreuth Center of Sport Science (BaySpo) and Bayreuth Center of Ecology and Environmental Research (BayCEER), University of Bayreuth, Bayreuth, Germany^d Institute for Forest and Wildlife Management, Inland Norway University of Applied Sciences, Kopang, NO-34, Norway

ARTICLE INFO

Handling Editor: Jason Michael Evans

Keywords:

Visitor management
Protected area
Digitalization
Outdoor platforms
Social media

ABSTRACT

The increasing popularity of digital media among protected area visitors poses challenges to protected area management. It alters the way visitors move and behave in the area, potentially increasing disturbance of nature, and it might also affect their expectation prior to the visit and their reflection on it. Simultaneously, digital media allow protected area managers to develop and implement new methods of digital visitor management (DVM). This may help to avoid conflicts and ensure compliance with rules and regulations and may have much further reaching positive consequences. Based on an online survey across 131 parks in 46 countries covering all continents, this study examined for the first time how protected areas view DVM. The results showed that the majority of park managers see digitalization as an opportunity, with 91% agreeing that it enables them to reach larger numbers of visitors and to provide real-time information. The advantage of integrating digital media into visitor monitoring was recognized. However, some park managers perceived digitalization as problematic, with 42% agreeing that it increases visitor load in sensitive areas and 40% agreeing that it leads to more off-trail activity. A clear majority of the respondents (61–91%) saw the proposed methods of DVM as effective or very effective. Accordingly, 70% of them envisioned using DVM in the future. Our findings suggest that the effects of digitalization in outdoor recreation are largely similar across the globe, with no significant influence of economic status or region. They offer insights into the potential of DVM for protected area management, but also its main obstacles. Adoption will be facilitated by increasing staff and funding for DVM. Additionally, knowledge exchange between protected areas can ease the successful implementation of new digital tools.

1. Introduction

In recent decades, digital technologies have found their way into almost every aspect of human activity, transforming the functioning of entire industries and organizations, not to mention the daily life of most individuals (Matt et al., 2019; Reis et al., 2018). Consistent with this global trend, digital technologies are playing an increasingly larger role in outdoor recreation (Anderson et al., 2017; Jepson and Ladle, 2015), as they are used by visitors of protected areas not only for pre-visit planning and inspiration, but also during their visit, for navigation and information purposes, and after their visit, to share their experience on various platforms (Schwietering et al., 2024). For the managers of protected areas, using digital technologies can present opportunities and challenges. On the one hand, digital media can be used to monitor visitor

activity and to deliver information about the area and its rules directly to potential visitors via frequently used platforms (Barros et al., 2021; Wilkins et al., 2020). On the other hand, digitalization might lead to changes in visitor behavior, with negative impacts on the protected area (Arts et al., 2021; Zink et al., 2022). For example, sharing digital content (e.g. photos, text, or route tracks) on social media can promote the use of informal or illegal trails and lead to higher visitor numbers in some areas (Campelo and Nogueira Mendes, 2016; Job et al., 2016; Norman et al., 2019). Increased levels of recreational activities may cause the disturbance of wildlife as well as erosion and loss of vegetation due to trail widening (Kuwaczka et al., 2023; Larson et al., 2016; Salesa and Cerdà, 2020; Wilson et al., 2020). The reliance of visitors on digital tools might also reduce the effectiveness of conventional, non-digital forms of visitor management, similar to the reduced impact of traditional vs. social

* Corresponding author. Wildlife Ecology and Conservation Biology, Faculty of Environment and Natural Resources, University of Freiburg, Freiburg, Germany.
E-mail address: max.mangold@wildlife.uni-freiburg.de (M. Mangold).

media marketing campaigns and of newspapers vs. online news (Bruhn et al., 2012; Trusov et al., 2009). Nonetheless, for the managers of protected areas, such as national parks, social media and digital media, for instance mobile applications for outdoor and fitness activities (hereafter, outdoor apps), can be actively exploited to improve visitor management. Examples include verifying the information provided on geospatial databases such as OpenStreetMap to ensure that the data used by outdoor apps comply with protected area regulations (Hennig, 2017; Zink et al., 2022). In fact, communicating information about a park or other recreational area via social media is already a widely adopted practice (Miller et al., 2019; Wilkins et al., 2020). In this article, these methods will be referred to as digital visitor management (DVM).

DVM has the potential to extend and enhance visitor management in protected areas, but the impact of the digitalization on outdoor recreation on visitation is unclear (Miller et al., 2019; Zink et al., 2022). Neither the type of DVM tools already in use in protected areas nor their efficacy has been determined. Research conducted thus far on DVM has primarily addressed visitor monitoring (Ghermandi, 2022; Teles da Mota and Pickering, 2020). Several studies showed moderate to high correlations between visitor number determined using data from outdoor apps and trail counter data (Corradini et al., 2021; Horst et al., 2023; Norman and Pickering, 2017; Venter et al., 2020). The use of social media platforms such as Instagram, Flickr, and Twitter by visitors has also been examined (Becken et al., 2017; Heikinheimo et al., 2017). In addition to visitor density in protected areas, topics of interest to park managers include the motivation driving visits to protected area, the socio-demographic backgrounds of visitors, and visitor sentiment. Miller et al. (2019) found that protected area administrations already use social media as part of their visitor management. However, they argue that there is a need for research on the effectiveness of social media use by protected areas. One of the few studies investigating this topic surveyed the communication preferences of national park visitors and concluded that the most effective approach is to use different platforms and publish content optimized for the respective outlet (Wilkins et al., 2020). However, uncertainty remains regarding the impact of digitalization on outdoor recreation in protected areas, especially in terms of visitation, and how protected area managers can best make use of DVM. Both topics were the focus of the present study and they were investigated by surveying the managers of national parks and similar protected areas around the world. According to the International Union for Conservation of Nature (IUCN) national parks are protected areas “managed mainly for ecosystem protection and recreation” (Dudley, 2013). To balance this two-fold purpose, national parks are generally active in visitor management and are therefore more likely to have greater experience with the digitalization in outdoor recreation than smaller protected areas or areas less accessible to the public.

The research questions specifically addressed by our study were:

1. How does the digitalization of outdoor recreation affect park management?
2. What strategies are used by park managers to leverage the digitalization of outdoor recreation to facilitate visitor management?
3. What are the obstacles hindering the adoption of new methods of DVM?

Our methodology consisted of a global online survey in which national park managers were asked about the digitalization of outdoor recreation as well as the opportunities and challenges of DVM. The survey also included items on the perceived effectiveness of DVM, the likelihood that park managers would make use of it in the future, and the potential obstacles that might impede its implementation in national parks.

2. Methods

This study consisted of a cross-sectional survey of how national

parks, as representative protected areas, assess and react to the use of digital tools in outdoor recreation. An online questionnaire was designed and sent to park managers globally.

2.1. Survey design

The survey was designed to acquire information on the attitudes of national park managers regarding the digitalization of outdoor recreation and visitor management. The questionnaire included assessments of new digital-media-based tools of visitor management and services as well as the strategies developed to counteract the negative impacts of digitalization. The survey was available in Chinese, English, French, German, and Spanish. A copy of the questionnaire is provided in the Supplementary Information.

Given the lack of previous research on this topic, most questionnaire items were newly developed for this survey. This was done using input from national park managers and by transferring non-DVM concepts to a digital context. The primary source for the latter were the guidelines for visitor management published by the IUCN (Eagles et al., 2002; Leung et al., 2018). Questions related to DVM tools were also derived from the publications of Zink et al. (2022) and Hennig (2017). The effects of digitalization on outdoor recreation and the potential obstacles to implementing DVM were queried on a five-point (1–5) Likert scale, except for of items regarding the effectiveness of DVM, in which a four-point (1–4) Likert scale was used.

2.2. Sample selection

To ensure the comparability of the sample population, the questionnaire was mainly sent to managers of those protected areas classified as IUCN category II (Dudley, 2013). Only terrestrial national parks >10 km² in size were contacted. Parks were selected based on the World Database on Protected Areas (www.protectedplanet.net). If a country lacked a category II protected area but had a protected area with similar characteristics, it was contacted as well. To increase the outreach of the survey, it was also disseminated via different umbrella organizations such as the EUROPARC Federation, The International Ranger Association, and IUCN regional offices. The survey was designed using the tool www.sosicisurvey.de and was sent to recipients as an online questionnaire.

Not all national parks feature the same rules and regulations. Depending on their legal framework and the type of landscape preserved within them, access might be more or less restricted such that visitation is likely to follow different patterns. However, in our survey of the general characteristics of the participating parks, we found several similarities, with hiking being frequent in 88% of them, followed by guided group tours (66%) and wildlife observation (61%). Half of the parks had fewer than 0.5 million visitors annually. There were also no significant differences concerning the assessment of digitalization in our survey. Our results can therefore be considered representative of national parks around the world. Nonetheless, the online nature of the survey may have introduced biases towards a greater inclusion of those parks more active in digital media and better acquainted with DVM.

2.3. Statistics

The survey results were analyzed using the R software (R Core Team, 2023) and visualized using the Likert package version 1.3.5 (Bryer and Speerschneider, 2016). The overall rate of agreement across multiple items was measured by computing mean indices for the Likert scales used to query the challenges and opportunities linked to the digitalization of outdoor recreation. Only complete responses were included in the mean computation. This resulted in 120 and 110 observations, respectively, for the items describing opportunities and challenges of the digitalization of outdoor recreation. The mean inter-item correlation was computed using Spearman's rank correlation, as provided in the

performance package version 0.10.3, to test for item redundancy of the scales (Lüdtke et al., 2021; Revelle, 2022).

Pattern in the assessments of the digitalization of outdoor recreation were tested by implementing a non-metric multidimensional scaling (NMDS) analysis of the Likert scales. The output of the NMDS is provided in [Supplementary Fig. 1](#). An analysis of similarities (ANOSIM) was conducted to check for statistical differences in the parks concerning their assessments of the digitalization of outdoor recreation ([Supplementary Table 1](#)). For this purpose, the parks were grouped according to their continent and according to the human development indexes (HDIs) of the respective countries for the reference year 2021. Established by the United Nations Development Program, the HDI classifies human development into four categories: low (HDI <0.550), medium (HDI 0.550–0.699), high (HDI 0.700–0.799), and very high (HDI ≥0.800) (United Nations Development Programme, 2022). Differences among the groups in the items of the Likert scales were tested. NDSM and ANOSIM were done using the R package vegan version 2.6–4 (Oksanen et al., 2022).

3. Results

The survey was conducted between September 2022 and May 2023. Managers of 131 national parks in 46 countries from all continents (except Antarctica) completed the questionnaire ([Fig. 1](#)). Most participants were managers of protected areas defined according to IUCN category II. One was from a category Ia area and one from an area uncategorized at the time of the survey. The participation of both was included as national parks in the respective countries are currently being established.

3.1. Effects of digitalization

There was a strong consensus regarding the positive aspects of digitalization in outdoor recreation, as indicated by a mean index of 4.1 (SD 0.5) for the answer options *Strongly Disagree* (ranking of 1) to *Strongly Agree* (ranking of 5) ([Fig. 3A](#)). The pertinent items mostly referred to novel means of sharing information and reaching out to visitors. A clear majority of the respondents agreed that digitalization

allows them to reach more visitors (91%) and to inform potential visitors about the current conditions in the park (94%). Most participants (85%) also agreed or strongly agreed that digitalization allows them to target specific groups. A large majority (85%) of those surveyed also agreed that, in addition to offering new avenues of communication, digitalization creates new data sources for visitor monitoring.

Challenges related to the digitalization of outdoor recreation received a mean index of 3 (SD 0.7), indicative of less agreement with the items among respondents. That digitalization brings more visitors into sensitive areas and creates more off-trail movement was the opinion of 42% and 40%, respectively. While 39% agreed or strongly agreed that the inability of visitor management to influence the content of social media and outdoor apps poses its own challenges, 49% expressed trust in non-DVM tools and disagreed with the statement that traditional means of visitor management would become less effective due to digitalization. However, 22% agreed with that statement. The item scales for positive and negative items had a mean inter-item correlation of 0.30 and 0.26, respectively, indicating that the items are reasonably homogeneous but possessed enough diversity to avoid being isomorphic with one another (Briggs and Cheek, 1986).

The results from the NMDS did not reveal a strong pattern in the assessment of digitalization ([Supplementary Fig. 1](#)). Parks in Africa, Asia, and countries with a lower HDI had slightly lower ratings ([Supplementary Fig. 2](#)), although an ANOSIM found no significant HDI-based or continent-based differences ([Supplementary Table 1](#)). These findings suggest that the effects of digitalization in outdoor recreation are largely similar across the globe, with little influence of economic status or region.

3.2. The present state of digital visitor management

When asked about specific tools of DVM, managers from the majority of parks rated them as effective or very effective ([Fig. 3B](#)). The use of social media to post information was rated as effective by 92%, and the promotion of official trails via the parks' own websites or mobile apps and via general outdoor apps by 89%. The active editing of geographic databases, such as OpenStreetMap, to integrate the rules of national parks was found to be effective by 90% of respondents. It is important to

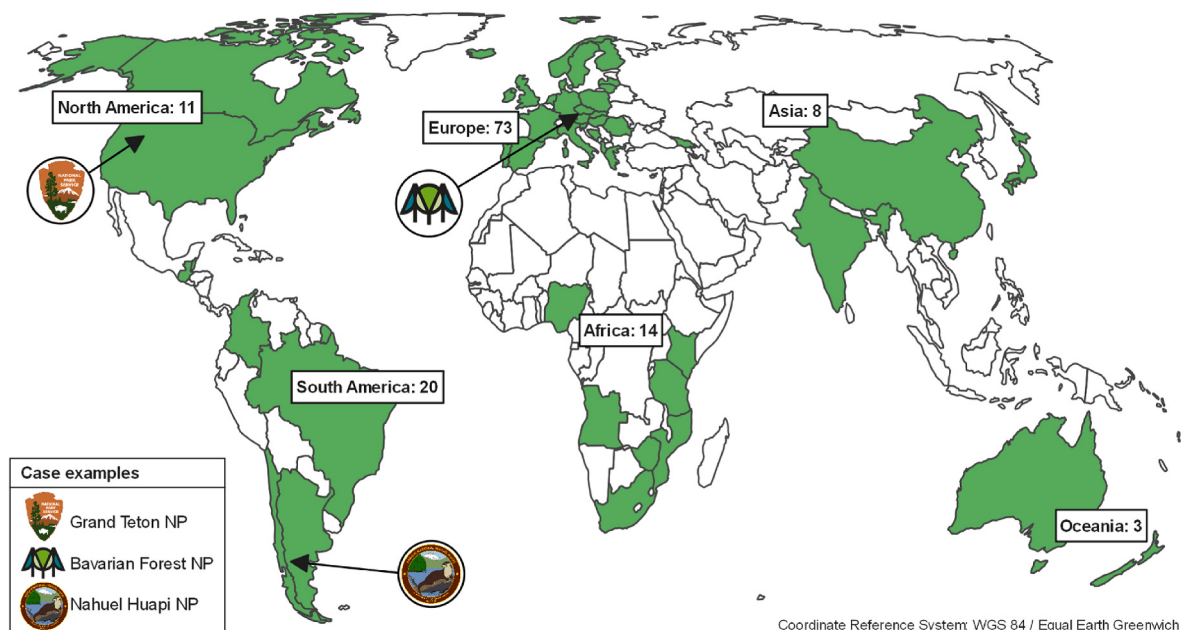


Fig. 1. The countries (indicated in green) of the national parks that participated in the survey. The numbers indicate the number of participating parks per continent. The three parks indicated by their logos served as case examples in the Discussion. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

point out that, regarding this topic, for the four items with the lowest ratings more than a third of the participants stated that they had no experience using the respective measure. Nevertheless, these methods were rated as rather effective or very effective (61–69%) by the majority of the respondents. The item scale had a mean inter-item correlation of 0.36. The types of digital platforms used to disseminate information to visitors consisted mostly of the large social media platforms as well as own homepages (Fig. 2). This pattern does not vary considerably between the respondents from different continents (Supplementary Fig. 3).

3.3. The future of digital visitor management

At the time of the survey, 39% of the responding park managers had staff specifically responsible for DVM, with a similar pattern across all continents except Latin America where this value was 21% (Supplementary Fig. 4). In the future, this number is likely to increase as almost half of the participants agreed that there is a need to implement DVM in their parks. A majority (82%) thought that they would likely or very likely use digital visitor monitoring and 70% that they will eventually use DVM. Those parks that stated that they already had personnel for DVM were almost exclusively from countries with a high or very high HDI (>0.7) whereas those that lacked such staff represented countries with the entire range of HDI. However, this difference is not significant (Mann-Whitney U test: $P = .6284$; Supplementary Fig. 5).

Participants were also asked about potential obstacles to the implementation of DVM in their national park (Fig. 3C). Insufficient staff was cited by 74%, followed by a lack of expertise (69%). Half the respondents disagreed or strongly disagreed with the statement that there would be no legal basis for DVM (52%) and 42% disagreed with the statement that there would not be enough digital data available to implement DVM.

4. Discussion

Our global survey of national park administrations evaluated the effects on park management of the digitalization of outdoor recreation. The willingness to incorporate digital tools and media into visitor management and monitoring in national parks was also examined. The results showed that managers from most parks perceive digitalization in outdoor recreation positively. The DVM tools queried in the survey were mostly considered effective, but the level of experience with them differed considerably. Most respondents indicated that they plan to apply DVM and digital visitor monitoring in the future.

4.1. Opportunities and challenges of digitalization

There was a clear consensus regarding the opportunities to use DVM

in national parks. The respective items referred mainly to opportunities for visitor communication. These findings support related research demonstrating the benefits of using digital media for external communication in national parks (Gruas et al., 2022; Miller and Freimund, 2017; Wilkins et al., 2020). The potential benefits identified in our study were enhanced information about current conditions in the park and the possibility to reach specific groups of visitors. For this the participants are using mostly large social media platforms such as Facebook and Instagram but also their own homepages (Fig. 2). The respondents also agreed that digitalization enables them to provide information to visitors independently of locally installed infrastructure such as signposts or info boards. Our survey also showed that park managers do not believe that the conventional visitor management tools become less effective due to the digitalization of outdoor recreation. This contrasts with the study by Immoos and Hunziker (2015), who found that information provided online might be more effective in terms of visitor guidance, as outdoor recreationists tend to follow information delivered during the planning phase more than information provided during the activity. Ultimately, a context-dependent combination of digital and non-digital tools will likely be the most efficient approach to modern visitor management. However, one must bear in mind that based on our survey we can only draw conclusions about the effectiveness of digital and traditional tools from a management perspective. What tools are actually used by different user groups and for which purpose may depend largely on socio-demographics and personal preferences. Investigating this should be the subject of future research.

The potential of DVM extends beyond digital communication, evidenced by the agreement among the surveyed park managers that digital media provides a new data source for visitor monitoring. Geotagged social media data can be used to derive spatial visitation patterns in protected areas. The utility of related methods has been thoroughly demonstrated in previous studies. For instance, data from several outdoor apps have been used to gain detailed insights into visitors' spatial behavior (Norman and Pickering, 2017; Rota et al., 2019; Zink et al., 2022). The greater spatial detail of GPS track data is an advantage over data from trail counters or cameras. Track data created by participatory GIS, for instance, was used to identify conflicts between different types of recreational activities on multi-use trails (Wolf et al., 2018). These types of data have the additional advantage of being cheaper to acquire and of higher temporal resolution than data obtained from other monitoring approaches. Many social media posts include various types of data that can be used in monitoring. Metadata, profiles, and text analysis can be used to gain insights into the socio-demographics of visitors (Ghermandi, 2022; Heikinheimo et al., 2017), and text and hashtags can be studied in sentiment analysis (Becken et al., 2017). Content analysis of photos is another useful tool. For example, photos from social media have been used to quantify the cultural values of

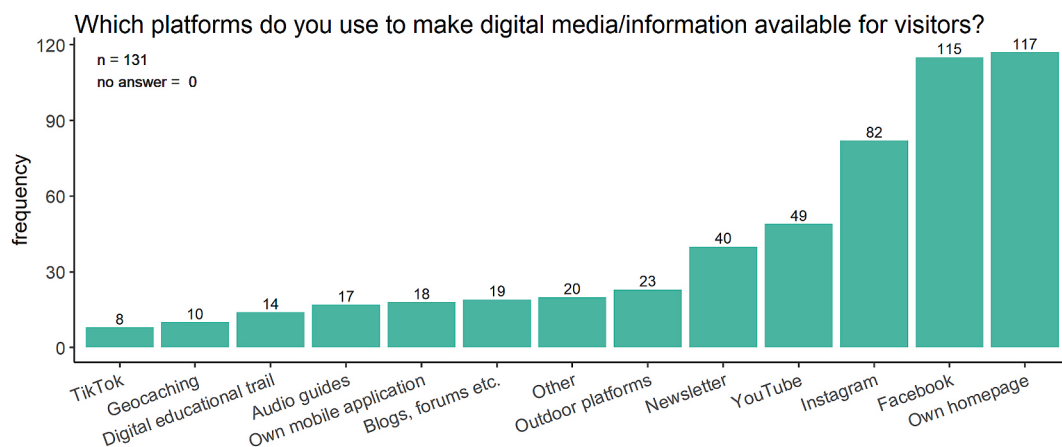


Fig. 2. Digital platforms used by protected area management to share information with their visitors.

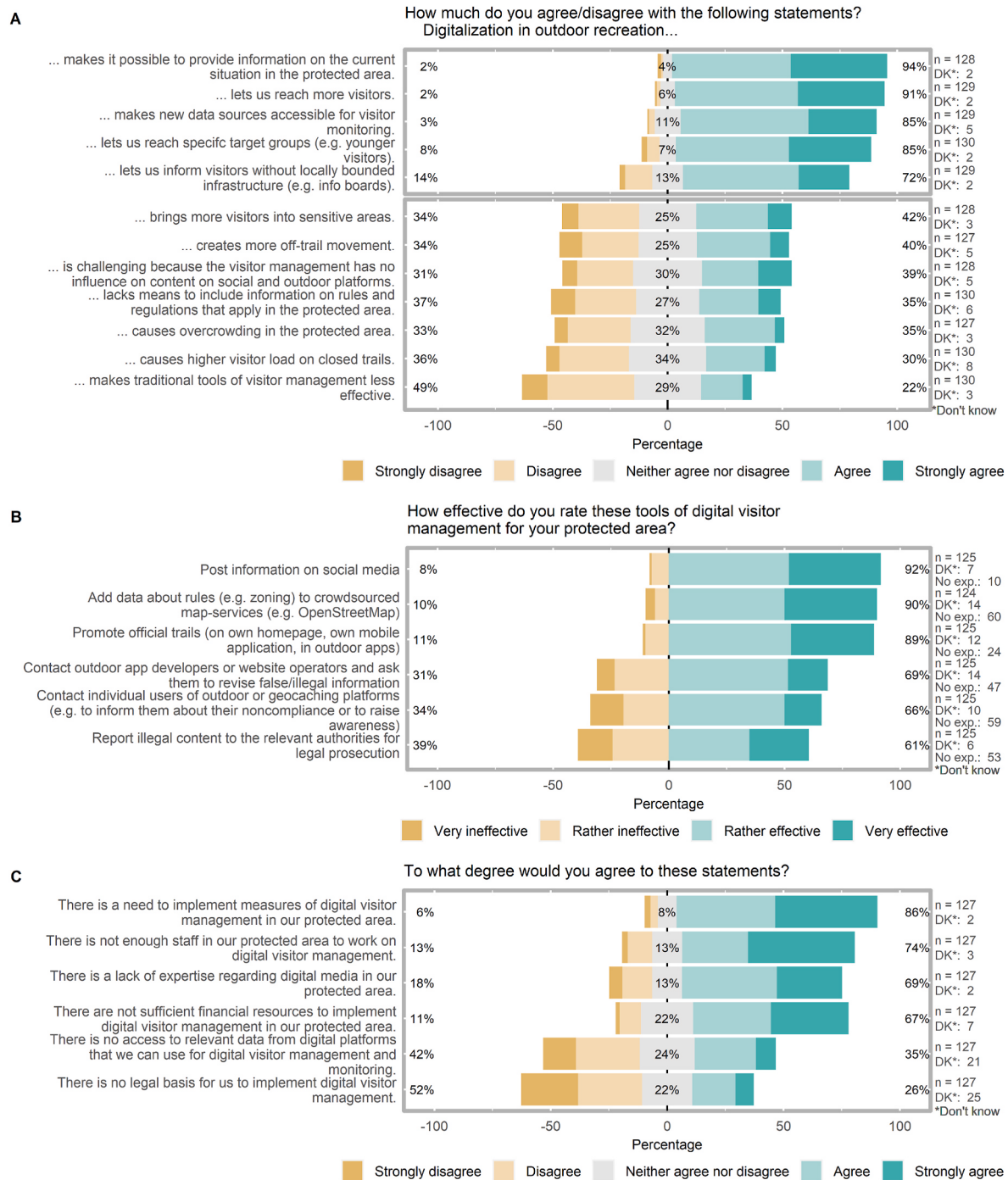


Fig. 3. A) National park managers had a higher rate of agreement for opportunities (upper scale) than for challenges (lower scale). Spearman's rank correlation was used to test the Likert scale for item redundancy, by computing the mean inter-item correlation. Items about opportunities had a correlation of 0.30 and challenge related items a correlation of 0.26. B) Participants rated the proposed methods of digital visitor management (DVM) mostly as effective. The mean inter-item correlation, had a value of 0.36. C) The respondents were asked to rate their agreement to statements regarding potential challenges in the adoption of DVM. According to them, the main obstacle was a lack of staff and financial resources whereas neither data availability nor an adequate legal framework was seen as an obstacle.

red-listed species in African national parks (Willemsen et al., 2015). Photos have also been used to estimate the size of visitor groups (Heikinheimo et al., 2017).

Respondents did not agree on whether the problems caused by the digitalization of outdoor recreation impact park management, as 31–49% disagreed with the relevant statements, 25–34% had a neutral opinion, and 22–42% agreed with them. The factors that explain whether a respondent had a more skeptical or optimistic sentiment

towards the digitalization of outdoor recreation could not be determined based on the survey results. Our results also did not reveal strong geographic differences in the respondents' assessment of the effects of DVM on outdoor recreation in general (Supplementary Fig. 1).

Previous research reported a predominantly skeptical perspective, voiced in several publications, toward the digitalization trend in national parks (Miller et al., 2019). Social media posts may cause overcrowding by increasing the popularity of specific locations within a

natural area, potentially leading to environmental disturbances or risks to human safety (Bergman et al., 2022). In addition to reports in scientific publications, news outlets such as the *New York Times*, the US National Public Radio, and the German magazine *Stern*, followed this narrative (Hegyi, 2019; Holson, 2018; Wüstenberg, 2021). Such news coverage might have led to the more negative perception of digital media in the context of natural and protected areas. Our findings, however, suggest that park managers generally have fewer negative perceptions of digitalization.

Only 22–42% of respondents agreed to some degree with negative statements, resulting in a mean index of 3.4, indicating a slight skew towards an agreement with negative statements. Frustration with their inability to influence content spread on digital platforms was expressed by 39%. This supports Zink et al. (2022), who voiced concerns regarding visitors' increasing use of social media and outdoor platforms, especially the risk of the uncontrolled spread of content that conflicts with the rules and regulations that apply in a protected area.

Along with potential negative effects on conservation, a reliance on digital services can pose risks for visitors. This was not directly queried in the survey but respondents mentioned it in a free text box. A potential risk associated with digital outdoor navigation is that visitors might select trails that are too demanding for their skill or fitness level. The use of outdoor apps without adequate area knowledge also increases the risk of accidents, as demonstrated by several recent events in which hikers had to be rescued or fatalities occurred (Anchan, 2022; Kühne, 2022).

4.2. Effectiveness of digital visitor management

DVM already plays a role in at least half of the parks that responded to the survey. These parks employ personnel specifically responsible for DVM. As many park managers also see potential in using digital media for communication, it is not surprising that, over the past decade, many protected areas have created social media accounts which they use actively (Garrison and Li, 2014; Luque-Martínez et al., 2019). Argentina's Nahuel Huapi National Park, for example, maintains social media accounts and uses them to inform the public about conservation efforts, wildlife, how to behave safely in the park, and how to avoid causing damage during their stay. The US National Park Service has gone even further and developed a mobile app on which it promotes hiking routes as well as amenities and other activities at its sites (Fig. 5). The assumption that most parks have used DVM to distribute information to their visitors was also supported, as most of survey participants stated that they had experience with posting information on social media and promoting official trails on online platforms. However, >36% replied they had no experience with the other queried methods. This illustrates that the full potential of DVM is far from being utilized.

Integrating notice of the rules that apply in protected areas in the geospatial database OpenStreetMap, as proposed by Hennig (2017), has the potential to further develop DVM. Most respondents that have already done this rated it as effective or very effective. Rules can be added to OpenStreetMap using tags (OpenStreetMap Wiki contributors, 2022). OpenStreetMap's US chapter has even formed an initiative to improve the tagging of trails in its database to include information that aligns with the official trail system (OpenStreetMap US, 2022). Similar efforts have been undertaken by individual national parks, such as the Bavarian Forest National Park in Germany (Fig. 4).

4.3. Challenges in the adoption of digital visitor management

Most respondents are confident that DVM will be used in their parks in the future. However, obstacles to its implementation were also noted (Fig. 3C), in particular, insufficient personnel to work on DVM (74%) and a lack of financial resources (67%). This may be why protected areas from countries with a high HDI more commonly employed staff for DVM, since these countries are likely to have higher funding capabilities. Asked to rate the DVM capabilities of their parks, 69% of respondents reported insufficient expertise. Research on the successful digital transformation of public organizations has shown that one of the crucial success factors is the access of staff to training resources that provide them with the proficiency needed to deal with new digital formats (Jonathan, 2020). Policymakers will have to address these issues in order to facilitate the establishment of DVM in the national parks under their authority. As pointed out by Leung et al. (2018), the development of new technologies brings new challenges for protected area managers and will require new means of visitor management. Building up DVM now will likely increase the ability of park managers to react appropriately to these developments in the future.

Most respondents identified neither an adequate legal framework nor data availability as problematic. However, 26% were unsure whether DVM can be legally implemented in their parks. Legal uncertainty can be addressed in a joint effort by protected area officials and the responsible authorities. As experience seems to differ considerably, an exchange of knowledge via workshops or methods manuals would be a promising approach to deepen and extend expertise in the use of DVM.

It should be noted that although this study mainly focused on national parks, its results can be transferred to other protected areas. Digitalization is not restricted to a single type of nature reserve but happens simultaneously across most areas of society. For smaller national parks and other types of protected areas that might lack the resources needed to take advantage of the different DVM tools, our findings can guide the selection of those most likely to be effective.

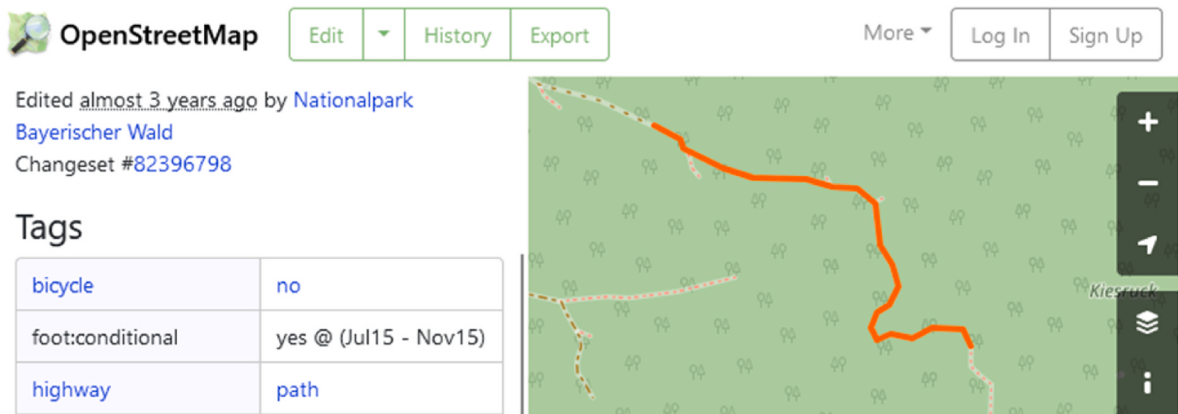


Fig. 4. Trail segment edited by the Bavarian Forest National Park so that the tags contain correct information about the rules that apply regarding its use. The attribute “foot:conditional = yes @ (Jul15 – Nov15)” specifies that hikers may use the trail during the stated period. Tags specifying other rules and regulations and/or web links to relevant laws or further information can be added.

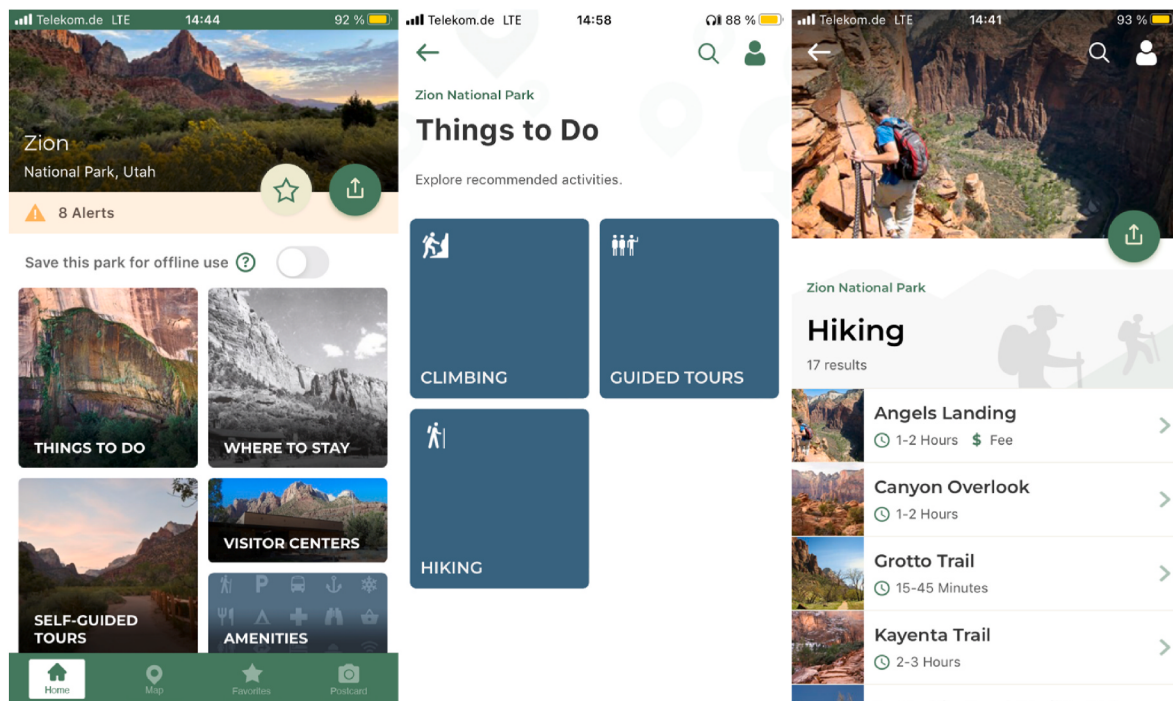


Fig. 5. Screenshots of the US National Park Service's mobile application. The app provides information about activities, amenities, and current alerts in the country's national parks. Suggestions regarding various hiking routes are complemented by information on their duration, accessibility, and level of difficulty. An interactive map is also available for each hike ([United States National Park Service, 2023](#)).

4.4. Further considerations

A clear majority (86%) of the participating park managers saw a need to implement DVM but 49% did not think that digitalization lowers the effectiveness of traditional visitor management methods. This suggests an interest in retaining conventional visitor management, complemented by the additional use of DVM and the use of digital media in visitor monitoring. A major limitation of social media and outdoor apps is that they are not used by all members of society equally; hence communication using these formats will not reach all visitors and monitoring results will not necessarily be representative of all visitors ([Ghermandi, 2022](#); [Wilkins et al., 2020](#)). [Liang et al. \(2023\)](#), suggested using social media only as a complementary data source in demographic analyses of visitors to protected areas. However, [Miller and Freimund \(2017\)](#) found that the socio-demographic characteristics of visitors to the Facebook page of Yellowstone National Park were similar to those of the actual visitors. This indicates that data from digital platforms can be valuable for digital visitor monitoring, but possible bias in the sample population must be kept in mind.

The potential of DVM in protected areas has yet to be fully exploited. Future research could explore the use of the gamification of outdoor experience inherent to many nature apps, such as AI-driven species identification apps described by [Jepson and Ladle \(2015\)](#). This could be used to create new, interactive methods of nature education. The potential tools mentioned by respondents to our survey included QR codes to access digital content and collaborations with map providers to ensure a high-quality map content. In a diverse and continuously developing landscape of digital platforms and services for outdoor recreation, common standards would be useful, as noted by several respondents. Digitize the Planet e.V., an initiative to develop a database for storing rules and regulations specific to protected areas, was mentioned as an example for this. Map providers and app developers can access this platform to integrate it into their services ([Digitize the Planet e.V., 2023](#)). Future research should investigate both the full potential of DVM and the role of digital media in supporting the development and adoption of common standards for protected areas.

5. Conclusions

The digitalization presents opportunities for protected area management. New means of communications and better outreach to specific groups of visitors can improve the parks communication. The usage of digital media has, furthermore, the potential to improve visitor monitoring. In contrast to earlier findings, however, less evidence of a strong negative effect of digital media on park management was found. These challenges related to digitalization seem to arise only in some protected areas while others have not experienced them until now. However, the survey reveals generally a similar pattern in the assessment of digitalization in outdoor recreation across the respondents with no significant influence of economic status or region. The fact that most of the parks stated that they will adopt DVM in the future illustrates this point clearly. An increase in financial and staff resources is likely to facilitate this process as they were identified as the main obstacles in an implementation of DVM.

CRediT authorship contribution statement

Max Mangold: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Arne Schwietering:** Conceptualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Julia Zink:** Conceptualization, Methodology, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Manuel J. Steinbauer:** Conceptualization, Methodology, Writing – review & editing, Writing – review & editing, Supervision. **Marco Heurich:** Conceptualization, Methodology, Supervision, Writing – original draft, Writing – review & editing.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Data availability

Data will be made available on request.

Acknowledgments

We thank the national park managers who took the time to participate in our survey. We also extend our gratitude to those people and institutions that helped us disseminate the survey and that provided feedback in the pretest. The authors wish to acknowledge Wendy Ran for copy-editing the manuscript. This research was supported by the Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). AS and MJS are grateful for the support of the Digital Ranger project, which is funded by the VAUDE Sport Albrecht von Dewitz Foundation, the Markgraf Foundation and the Oberfranken Foundation. JZ was supported by the REACT-EU program.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120108>.

References

- Anchan, M., 2022. Hikers Keep Getting Lost when Relying on Trail Apps. *Alberta Parks Says Better Planning Is the Solution*. CBC News. CBC.
- Anderson, Z., Lusk, C., Jones, M.D., 2017. Towards understanding hikers' technology preferences. In: Lee, S., \textquotedblleft Claire \textquotedblright, Takayama, L., Truong, K. (Eds.), *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers*. ACM, New York, NY, USA, pp. 1–4. <https://doi.org/10.1145/3123024.3123089>.
- Arts, I., Fischer, A., Duckett, D., van der Wal, R., 2021. Information technology and the optimisation of experience – the role of mobile devices and social media in human-nature interactions. *Geoforum* 122, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.03.009>.
- Barros, C., Gutiérrez, J., García-Palomares, J., 2021. Geotagged data from social media in visitor monitoring of protected areas; a scoping review. *Curr. Issues Tourism* 0, 1–17. <https://doi.org/10.1080/13683500.2021.1931053>.
- Becken, S., Stantic, B., Chen, J., Alaei, A.R., Connolly, R.M., 2017. Monitoring the environment and human sentiment on the Great Barrier Reef: assessing the potential of collective sensing. *J. Environ. Manag.* 203, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.007>.
- Bergman, J.N., Buxton, R.T., Lin, H.-Y., Lenda, M., Attinello, K., Hajdasz, A.C., Rivest, S. A., Tran Nguyen, T., Cooke, S.J., Bennett, J.R., 2022. Evaluating the benefits and risks of social media for wildlife conservation. *FACETS* 7, 360–397. <https://doi.org/10.1139/facets-2021-0112>.
- Briggs, S.R., Cheek, J.M., 1986. The role of factor analysis in the development and evaluation of personality scales. *J. Pers.* 54, 106–148. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1986.tb00391.x>.
- Bruhn, M., Schoenmueller, V., Schäfer, D.B., 2012. Are social media replacing traditional media in terms of brand equity creation? *Management Research Review* 35, 770–790. <https://doi.org/10.1108/01409171211255948>.
- Bryer, J., Speersneider, K., 2016. Likert: Analysis and Visualization Likert Items. Campelo, M.B., Nogueira Mendes, R.M., 2016. Comparing webshare services to assess mountain bike use in protected areas. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 15, 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2016.08.001>.
- Corradini, A., Randles, M., Pedrotti, L., van Loon, E., Passoni, G., Oberosler, V., Rovero, F., Tattoni, C., Ciolli, M., Cagnacci, F., 2021. Effects of cumulated outdoor activity on wildlife habitat use. *Biol. Conserv.* 253, 108818 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108818>.
- Digitize the Planet e.V., 2023. Digitize the Planet e.V. Homepage Digitize the Planet [WWW Document]. <https://digitizetheplanet.org/en/digitize-the-planet-e-v-landin-gpage-3/>. accessed 3.16.23.
- Dudley, N., 2013. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories Including IUCN WCPA Best Practice Guidance on Recognising Protected Areas and Assigning Management Categories and Governance Types. IUCN.
- Eagles, P.F.J., Haynes, C.D., McCool, S.F., 2002. Sustainable Tourism in Protected Areas: Guidelines for Planning and Management. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2002.PAG.8.en>.
- Garrison, B., Li, Z., 2014. Communication from a Federal Agency: A Case Study of Social Media Use and Policy. Presented at the National Communication Association annual conference, Chicago.
- Ghermandi, A., 2022. Geolocated social media data counts as a proxy for recreational visits in natural areas: a meta-analysis. *J. Environ. Manag.* 317, 115325 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115325>.
- Gruas, L., Perrin-Maltherre, C., Loison, A., 2022. From the crowded valleys to the preserved summits: mountain sports participants' attitudes toward protected areas in the sprawling urban areas of the Northern French Alps. *mred* 42, R50–R62. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-21-00001.1>.
- Hegyi, N., 2019. Instagramming Crowds Pack National Parks. NPR.
- Heikinheimo, V., Minin, E.D., Tenkanen, H., Hausmann, A., Erkkonen, J., Toivonen, T., 2017. User-generated geographic information for visitor monitoring in a national park: a comparison of social media data and visitor survey. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 6, 85. <https://doi.org/10.3390/ijgi6030085>.
- Hennig, S., 2017. OpenStreetMap used in protected area management. The example of the recreational infrastructure in Berchtesgaden National Park. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management* 9/2, 30–41. <https://doi.org/10.1553/eco.mont-9-2s30>.
- Holston, L.M., 2018. Is Geotagging on Instagram Ruining Natural Wonders? Some Say Yes. *The New York Times*.
- Horst, L., Taczanowska, K., Porst, F., Arnberger, A., 2023. Evaluation of GNSS-based Volunteered Geographic Information for assessing visitor spatial distribution within protected areas: a case study of the Bavarian Forest National Park, Germany. *Appl. Geogr.* 150, 102825 <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102825>.
- Immoos, U., Hunziker, M., 2015. The effect of communicative and on-site measures on the behaviour of winter sports participants within protected mountain areas – results of a field experiment. *ecomont* 7, 17–25. <https://doi.org/10.1553/eco.mont-7-1s17>.
- Jepson, P., Ladle, R.J., 2015. Nature apps: waiting for the revolution. *Ambio* 44, 827–832. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0712-2>.
- Job, H., Schamel, J., Butzmann, E., 2016. Besuchermanagement in Großschutzgebieten und moderne IKT - natur und Landschaft. *Nat. Landsch.* 91, 32–38.
- Jonathan, G.M., 2020. Digital transformation in the public sector: identifying critical success factors. In: Themistocleous, M., Papadaki, M. (Eds.), *Information Systems, Lecture Notes in Business Information Processing*. Springer International Publishing, Cham, pp. 223–235. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44322-1_17.
- Kühne, D., 2022. Absturz an der Maiwand. Diskussion über Wander-Apps, p. BR24.
- Kuwaczka, L.F., Mitterwallner, V., Audorff, V., Steinbauer, M.J., 2023. Ecological impacts of (electrically assisted) mountain biking. *Global Ecology and Conservation* 44, e02475. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02475>.
- Larson, C.L., Reed, S.E., Merenlender, A.M., Crooks, K.R., 2016. Effects of recreation on animals revealed as widespread through a global systematic review. *PLoS One* 11, e0167259. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167259>.
- Leung, Y.-F., Spenceley, A., Hvenegaard, G., Buckley, R., Groves, C., 2018. Tourism and Visitor Management in Protected Areas. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.PAG.27.en>.
- Liang, Y., Yin, J., Park, S., Pan, B., Chi, G., Miller, Z., 2023. Using social media user profiles to identify visitor demographics and origins in Yellowstone national park. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 100620. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100620>.
- Lüdecke, D., Ben-Shachar, M.S., Patil, I., Waggoner, P., Makowski, D., 2021. Performance: an R package for assessment, comparison and testing of statistical models. *J. Open Source Softw.* 6, 3139. <https://doi.org/10.21105/joss.03139>.
- Luque-Martínez, T., Faraoni, N., Doña-Toledo, L., 2019. Auditing the marketing and social media communication of natural protected areas. How marketing can contribute to the sustainability of tourism. *Sustainability* 11, 4014. <https://doi.org/10.3390/su11154014>.
- Matt, C., Trenz, M., Cheung, C.M.K., Turel, O., 2019. The digitization of the individual: conceptual foundations and opportunities for research. *Electron. Mark.* 29, 315–322. <https://doi.org/10.1007/s12525-019-00348-9>.
- Miller, Z.D., Freimund, W., 2017. Virtual visitors: Facebook users and national parks. *J. Park Recreat. Adm.* 35, 136–150. <https://doi.org/10.18666/JPPRA-2017-V35-I3-8010>.
- Miller, Z.D., Taff, B.D., Newman, P., Lawhon, B., 2019. A proposed research agenda on social media's role in visitor use and experience in parks and protected areas. *J. Park Recreat. Adm.* 37, 134–142. <https://doi.org/10.18666/JPPRA-2019-9553>.
- Norman, P., Pickering, C.M., 2017. Using volunteered geographic information to assess park visitation: comparing three on-line platforms. *Appl. Geogr.* 89, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.11.001>.
- Norman, P., Pickering, C.M., Castley, G., 2019. What can volunteered geographic information tell us about the different ways mountain bikers, runners and walkers use urban reserves? *Landsc. Urban Plann.* 185, 180–190. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.02.015>.
- Oksanen, J., Simpson, G.L., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., Caceres, M.D., Durand, S., Evangelista, H.B.A., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M.O., Lahti, L., McGlinn, D., Ouellette, M.-H., Cunha, E.R., Smith, T., Stier, A., Braak, C.J.F.T., Weedon, J., 2022. *Vegan: Community Ecology Package*.
- OpenStreetMap US, 2022. Trail Stewardship Initiative [WWW Document]. <https://www.openstreetmap.us/trails/>. accessed 5.9.23.
- OpenStreetMap Wiki contributors, 2022. Tags. OpenStreetMap Wiki [WWW Document]. <https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=Tags&oldid=2371510>. accessed 1.17.23.
- R Core Team, 2023. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*.
- Reis, J., Amorim, M., Melão, N., Matos, P., 2018. Digital transformation: a literature review and guidelines for future research. In: Rocha, Á., Adeli, H., Reis, L.P., Costanzo, S. (Eds.), *Trends and Advances in Information Systems and Technologies, Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, Cham, pp. 411–421. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0_41.
- Revelle, W., 2022. *Psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*.

- Rota, J.J., Pérez Albert, M.Y., Serrano Giné, D., 2019. Visitor monitoring in protected areas: an approach to Natura 2000 sites using Volunteered Geographic Information (VGI). *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography* 119, 69–83. <https://doi.org/10.1080/00167223.2019.1573409>.
- Salesa, D., Cerdà, A., 2020. Soil erosion on mountain trails as a consequence of recreational activities. A comprehensive review of the scientific literature. *J. Environ. Manag.* 271, 110990 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110990>.
- Schwietering, A., Steinbauer, M., Mangold, M., Sand, M., Audorff, V., 2024. Digitalization of Planning and Navigating Recreational Outdoor Activities.
- Teles da Mota, V., Pickering, C., 2020. Using social media to assess nature-based tourism: current research and future trends. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 30, 100295. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2020.100295>.
- Trusov, M., Bucklin, R.E., Pauwels, K., 2009. Effects of word-of-mouth versus traditional marketing: findings from an internet social networking site. *J. Market.* 73, 90–102.
- United Nations Development Programme, 2022. Human Development Index, Human Development Reports. United Nations, New York, NY, USA.
- United States National Park Service, 2023. NPS App.
- Venter, Z.S., Barton, D.N., Gundersen, V., Figari, H., Nowell, M., 2020. Urban nature in a time of crisis: recreational use of green space increases during the COVID-19 outbreak in Oslo, Norway. *Environ. Res. Lett.* 15, 104075 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb396>.
- Wilkins, E.J., Smith, J.W., Keane, R., 2020. Social media communication preferences of national park visitors. *Appl. Environ. Educ. Commun. Int. J.* 19, 4–18. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2018.1486247>.
- Willemen, L., Cottam, A.J., Drakou, E.G., Burgess, N.D., 2015. Using social media to measure the contribution of red list species to the nature-based tourism potential of african protected areas. *PLoS One* 10, e0129785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129785>.
- Wilson, M.W., Ridlon, A.D., Gaynor, K.M., Gaines, S.D., Stier, A.C., Halpern, B.S., 2020. Ecological impacts of human-induced animal behaviour change. *Ecol. Lett.* 23, 1522–1536. <https://doi.org/10.1111/ele.13571>.
- Wolf, I.D., Brown, G., Wohlfart, T., 2018. Applying public participation GIS (PPGIS) to inform and manage visitor conflict along multi-use trails. *J. Sustain. Tourism* 26, 470–495. <https://doi.org/10.1080/09669582.2017.1360315>.
- Wüstenberg, D., 2021. Schluss mit #gumpen: Instagram-Hotspot am Königssee gesperrt. *stern.de*.
- Zink, J., Porst, F., Leibl, F., Heurich, M., 2022. Digitalisierung in Erholungsnutzung und Outdoorsport als Herausforderung. *NuL* 54, 20–29. <https://doi.org/10.1399/NuL.2022.07.02>.

Digitales Besuchermanagement in Nationalparks

Nutzung von digitalen Medien für das
Besuchermanagement in Schutzgebieten
- Abschlussworkshop -

Förderung durch:

Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Projektnummer: 37284/01
Projektbeginn: 01.02.2022
Laufzeit: 36 Monate

gefördert durch



www.dbu.de

erstellt von:

Max Mangold, Sachgebiet für Nationalparkmonitoring und Tier-Freigelände,
Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald

Julia Zink, Sachgebiet für Öffentlichkeitsarbeit, Regionales Netzwerk und
Besuchermanagement, Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald

Grafenau, den 11.02.2025

Arbeitsschritte für ArcGIS

Alle Arbeitsschritte für ArcGIS wurden mit ArcGIS Pro 3.2 inkl. der Erweiterung Spatial Analyst getestet.

Monitoring der Outdooractiverouten - ArcGIS

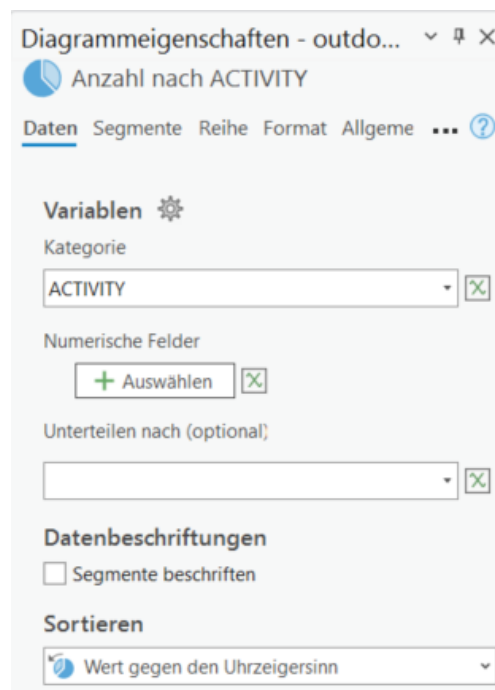
Um diese Übung durchzuführen musst du *ArcGIS Pro mit der Spatial Analyst Erweiterung* installiert haben.

Lade folgende Layer aus dem Geopackage *tourenportale.gpkg* in deine Karte:

- a. *outdooractive_routen_UTM_32N*
- b. *nationalparkgrenze_npbw*
- c. *wegenetz_npbw*

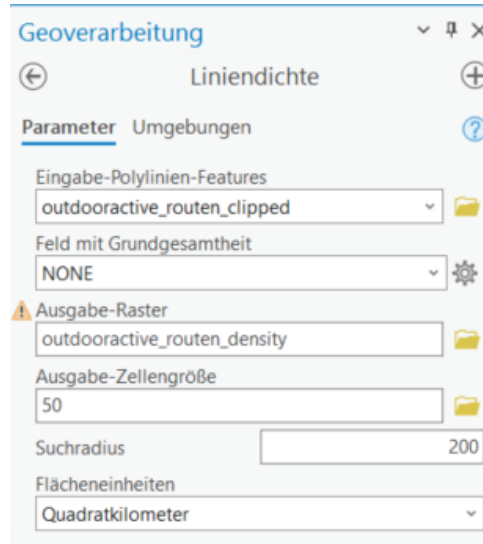
1. Zunächst wollen wir die geographischen Informationen ignorieren und uns nur die Attribute der Routen angucken.

- a. Mache einen Rechtsklick auf den Routenlayer und wähle *Diagramm erstellen>Kreisdiagramm*. Wähle für *Kategorie oder Datum* das Attribut *ACTIVITY* aus. So werden die Anteile der verschiedenen Aktivitätsarten an den Routen dargestellt.



- b. Probiere gerne andere Diagrammtypen aus (z.B. *Histogram* mit *Zahl: geom_Length* oder *Balkendiagramm* mit *Kategorie: year_created*)

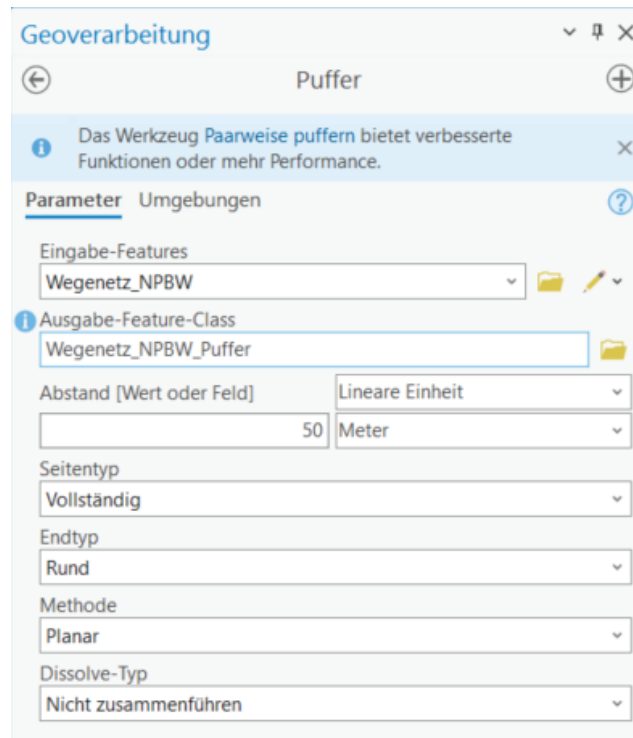
2. Um die räumliche Verteilung besser darzustellen suche nun über *Analyse > Werkzeuge* das Werkzeug *Liniendichte*
- Wähle die Routen als Eingabe-Polylinienfeatures aus.
 - Setze *Suchradius* = 200
 - Setze *Ausgabezellengröße* auf 50
 - Klicke auf *Ausführen*



Nun sehen wir die räumliche Häufung der Routen. Die Liniendichte zeigt die Länge von Routen, die durch den Suchradius verlaufen im Verhältnis zur Fläche an

Nun wollen wir überprüfen, ob es Routen gibt, die sich abseits des offiziellen Wegenetzes befinden. Da das GPS-Signal durch Bäume und Relief verfälscht werden kann legen wir eine Pufferzone um die Wege, in welcher die Routen noch als „auf dem Weg“ angesehen werden können.

3. Öffne das Werkzeug *Analyse > Werkzeuge > Puffer*
 - a. Wähle das offizielle Wegenetz als Eingabe-Features aus
 - b. Setze den Parameter Abstand auf 50 Meter
 - c. Klicke auf Ausführen



4. Für diese Übung wollen wir uns nur die Wanderer angucken, da für Radfahrer ein kleineres Wegenetz gilt. Wähle dafür den Layer mit den Routen und öffne *Karte > Nach Attributen auswählen*. Setze dort folgende Abfrage:

wobei gilt:	ACTIVITY_class	ist gleich	foot	X
-------------	----------------	------------	------	---

- Öffne nun *Analyse > Werkzeuge > Feature-Stützpunkte in Punkte*. Wähle die Outdooractive-Routen als Eingabe-Features und bestätige, dass nur die ausgewählten Datensätze (die Wanderaktivitäten) verwendet werden sollen. Dieses Werkzeug wandelt die Routen von Linien- zu Punkt-Features um. Dies verhindert, dass Fehler in der Off-trail-Klassifikation passieren. Diese könnten zum Beispiel in engen Kurven passieren.

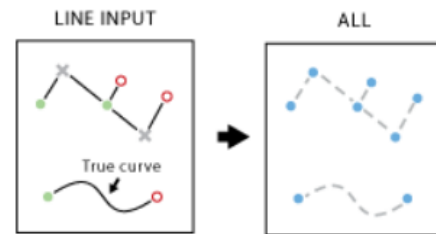
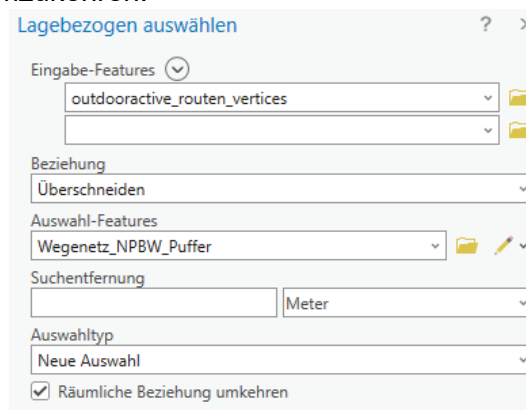


Abbildung 1. Funktionsweise von Feature-Stützpunkte in Punkte

- Nun analysieren wir, ob sich die Routen-Stützpunkte außerhalb des Wegepuffers befinden. Öffne dafür *Karte > Auswahl > Lagebezogen auswählen* und wähle die Routen Stützpunkte als Eingabe- sowie den Wegepuffer als Auswahl-Features. Wichtig ist die räumliche Beziehung umzukehren.



7. Öffne die Attributtabelle und klicke auf Berechnen. Erstelle dann ein neues Feld `off_trail`. Stelle sicher, dass sich die Bearbeitung nur auf die ausgewählten Datensätze bezieht und trage `off_trail = 1` als neuer Wert ein. Wenn wir die Punkte später wieder zusammenführen können wir daraus die Anzahl der Stützpunkte je Route berechnen, die sich außerhalb des Puffers befinden.

Feld berechnen

Mit diesem Werkzeug werden die Eingabetabelle geändert

Eingabetabelle: outdooractive_routen_vertices

Die ausgewählten Datensätze verwenden: 4.224

Feldname (vorhanden oder neu): off_trail

Feldtyp: Short (16-Bit-Integer)

Ausdruckstyp: Python

Ausdruck:

Felder: OBJECTID, geom, ID, ACTIVITY, Title, Summary, Description

Hilfsmethoden: .as_integer_ratio(), .capitalize(), .center(), .conjugate(), .count(), .decode(), .denominator()

Werte einfügen

off_trail = 1

8. Abseits der Wege ist nicht gleich abseits der Wege. Um ein differenzierteres Bild darzustellen, möchten wir auch die Distanz der Stützpunkte zum Weg berechnen. Hierfür nutzen wir *Analyse > Werkzeuge > Near (Analysis)*. Hiermit können wir die Distanz eines jeden Punktes zur nächsten Stelle des Wegepuffers berechnen. Öffne das Werkzeug und setze folgende Einstellungen:

Geoverarbeitung

Near

Mit diesem Werkzeug werden die Eingabe-Features geändert

Parameter Umgebungen

Eingabe-Features: outdooractive_routen_vertices

Near-Features: Wegenetz_NPBW_Puffer

Suchradius: 1000 Meter

Position: ☐ Winkel: ☐

Methode: Planar

Feldnamen:

Eigenschaft	Feldname
Feature ID	NEAR_FID
Distance	NEAR_DIST

Entfernungseinheit: Meter

9. Nun haben wir die Informationen für jeden einzelnen Stützpunkt. Diese müssen aber wieder ihren Routen zuordnen, bevor wir sinnvolle Aussagen treffen können. Dies können wir über ihre ID tun. Öffne das Werkzeug *Analyse > Werkzeuge > Zusammenführen (Dissolve)* und wähle die folgenden Einstellungen:

The screenshot shows the 'Zusammenführen (Dissolve)' tool interface. At the top, it says 'Geoverarbeitung' and 'Zusammenführen (Dissolve)'. Below that is a message: 'Das Werkzeug Paarweise zusammenführen bietet verbesserte Funktionen oder mehr Performance.' The 'Parameter' tab is active. 'Eingabe-Features' is set to 'outdooractive_routen_vertices'. A note says 'Die ausgewählten Datensätze verwenden: 4.224'. 'Ausgabe-Feature-Class' is set to 'outdooractive_routen_vertices_dslvd'. Under 'Dissolve-Felder', 'ID' is selected. The 'Statistikfelder' section has two rows: 'NEAR_DIST' with 'Maximum' and 'off_trail' with 'Summe'. At the bottom, 'Multipart-Features erstellen' is checked and 'Nicht geteilte Linien' is unchecked.

10. Die zuvor berechneten Werte können wir nutzen um die Routen als abseits-der-Wege zu klassifizieren. Öffne hierfür die Attributtabelle und klicke auf *Nach Attributen auswählen* und setze folgende Einstellungen:

The screenshot shows the 'Nach Attributen auswählen' tool interface. 'Eingabezeilen' is set to 'outdooractive_routen_vertices_dslvd'. 'Auswahltyp' is set to 'Neue Auswahl'. There are buttons for 'Laden', 'Speichern', and 'Entfernen'. Below, there are two filter clauses. The first clause is 'wobei gilt: MAX_NEAR_DIST ist größer als od 25'. The second clause is 'Oder SUM_off_trail ist größer als ode 3'. At the bottom, there is a button '+ Klausel hinzufügen'. The 'SQL' toggle is turned off.

11. Klicke dann auf Berechnen und erstelle das neue Feld *abseits_der_wege* mit folgenden Einstellungen:

Feld berechnen

ⓘ Mit diesem Werkzeug werden die Eingabetabelle geändert

Eingabetabelle
outdooractive_routen_vertices_dslvd

☐ Die ausgewählten Datensätze verwenden: 243

Feldname (vorhanden oder neu)
abseits_der_wege

Ausdruckstyp
Python

Ausdruck

Felder	Hilfsmethoden
OBJECTID geom ID MAX_NEAR_DIST SUM_off_trail abseits_der_wege	.as_integer_ratio() .capitalize() .center() .conjugate() .count() .decode() .denominator()

Werte einfügen

abseits_der_wege =

'Nein'

Code-Block

12. Klicke erneut auf Berechnen und ändere die Werte diesmal nur für die ausgewählten Datensätze ui *abseits_der_wege* = Ja

Feld berechnen

ⓘ Mit diesem Werkzeug werden die Eingabetabelle geändert

Eingabetabelle
outdooractive_routen_vertices_dslvd

☒ Die ausgewählten Datensätze verwenden: 243

Feldname (vorhanden oder neu)
abseits_der_wege

Ausdruckstyp
Python

Ausdruck

Felder	Hilfsmethoden
OBJECTID geom ID MAX_NEAR_DIST SUM_off_trail abseits_der_wege	.as_integer_ratio() .capitalize() .center() .conjugate() .count() .decode() .denominator()

Werte einfügen

abseits_der_wege =

'Ja'

13. Nun haben wir die Routen danach klassifiziert, ob sie sich auf den Wegen oder teilweise abseits der Wege befinden. Die Ergebnisse der Auswertung können wir uns wieder als Diagramm anzeigen lassen. Zum Beispiel als Tortendiagramm.

Monitoring der Komoot Highlights - ArcGIS

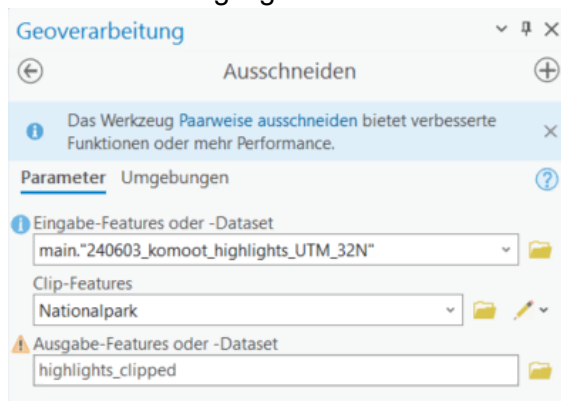
Um diese Übung durchzuführen musst du *ArcGIS Pro* mit der *Spatial Analyst* Erweiterung installiert haben.

Lade folgende Layer in deine Karte:

- d. 240603_komoot_highlights_utm_32n aus dem Geopackage *tourenportale.gpkg*.
- e. Schutzgebietsgrenze (aus eigenen Geodaten)
- f. Offizielles Wegenetz (aus eigenen Geodaten)

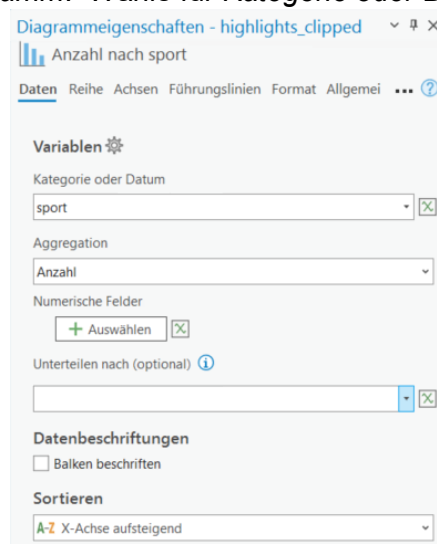
1. Öffne *Analyse > Werkzeuge*.

- a. Suche nach dem Werkzeug *Ausschneiden*.
- b. Schneide die Highlights auf die Fläche deines Schutzgebiets zu



2. Zunächst wollen wir die geographischen Informationen ignorieren und uns nur die Attribute der Highlights angucken.

- a. Mache einen Rechtsklick auf den soeben erstellten Layer und wähle *Diagramm erstellen>Balkendiagramm*. Wähle für *Kategorie oder Datum* das Attribut *sport*.



- b. Probiere gerne andere Diagrammtypen aus (z.B. *Box Plot* mit *Numerischem Feld: nRating* und *Kategorie: sport*)

3. Um die räumliche Verteilung besser darzustellen öffne nun *Analyse > Werkzeuge Kerndichte*

- a. Wähle die highlights als Eingabe-Features aus.

- b. Setze *Suchradius* = 1000
- c. Setze *Ausgabezellengröße* auf 50
- d. Klicke auf *Ausführen*

Nun sehen wir die räumliche Häufung der Highlights. Allerdings sind nicht alle Highlights gleich beliebt, und werden vermutlich nicht gleich stark im Routing von Komoot berücksichtigt. Wir können dies berücksichtigen, indem wir die Highlights nach ihrer Bewertung gewichten.

4. Öffne erneut das Werkzeug *Kerndichte*.
 - a. Übernehme die vorherigen Einstellungen
 - b. Wähle das Attribut *nRating* bei dem Parameter *Feld der Grundgesamtheit* aus.

Nun sollten weniger Hotspots sichtbar sein. Das Feld *nRating* steht für die Zahl an Nutzern, die nach einer Aktivität in der App angegeben haben, an einem Highlight vorbeigekommen zu sein (siehe Abbildung 1).

Ruckowitzschachten

Mountainbike-Highlight

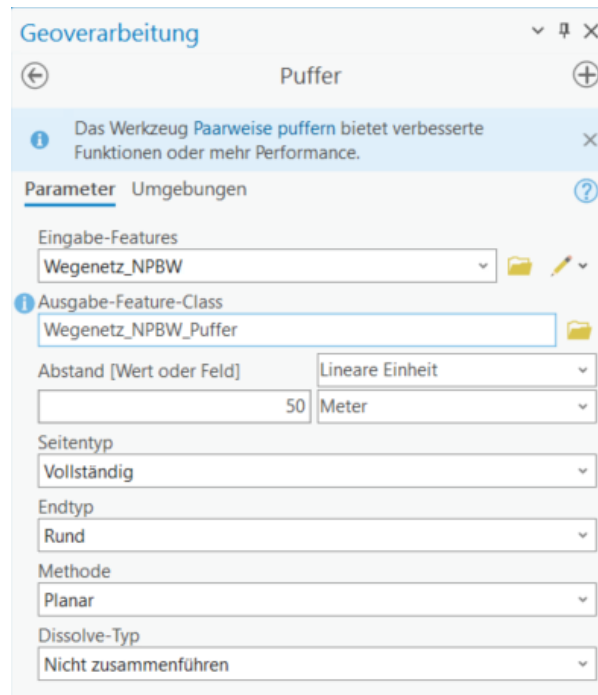


221 von 232 Mountainbikerinnen empfehlen das

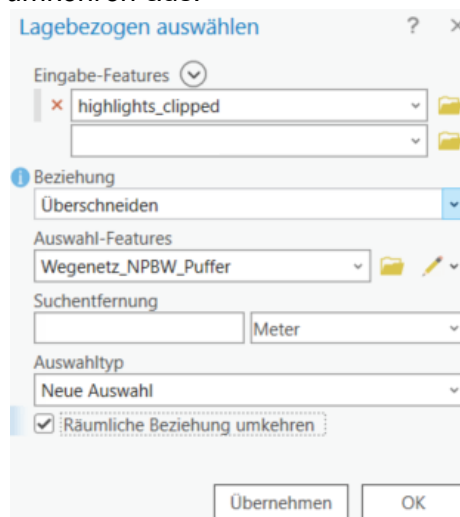
Abbildung 2 - Screenshot von Highlight mit der Anzahl der Empfehlungen (221) sowie der Anzahl der Nutzer, die angegeben haben an dem Highlight vorbeigekommen zu sein (232).

Nun wollen wir überprüfen, ob es Highlights gibt, die sich abseits des offiziellen Wegenetzes befinden.

5. Öffne das Werkzeug *Verarbeitungswerkzeuge > Puffer*
 - a. Wähle das offizielle Wegenetz als Eingabe-Features aus
 - b. Setze den Parameter Abstand auf 50 Meter
 - c. Klicke auf Ausführen



6. Öffne das Werkzeug *Karte > Auswahl > Lagebezogen auswählen*
 - a. Wähle die Highlights und die gepufferten Wege als Eingabe- und Auswahl-Features
 - b. Wähle *Überschneiden* bei dem Parameter *Beziehung* aus. Wähle außerdem *Räumliche Beziehung umkehren* aus.



- c. Klicke auf *Übernehmen*

7. Öffne die Attributtabelle (rechtsklick auf *Layer* > *Attributtabelle*) um herauszufinden, welche Highlights sich außerhalb des Wegepuffers befinden.

- a. Wähle in der Attributtabelle *Objekte über Ausdruck wählen*  um nach bestimmten Aktivitätsarten zu filtern

Nach Attributen auswählen

Eingabezeilen

Auswahltyp

Ausdruck

SQL ☐

wobei gilt: ist gleich

☐ Where-Klausel umkehren

- b. Um nur die ausgewählten Highlights anzuzeigen kannst du unten links *Ausgewählte Datensätze anzeigen* klicken

highlights_clipped

Feld:	Auswahl:
OBJECTID *	geom *
Unnamed_0	longitud

1	78	Punkt	18258	13.23284
2	90	Punkt	18271	13.52297
3	147	Punkt	18330	13.33986

26 von 664 ausgewählt

c.

8. Falls es bei dir ein getrenntes Radwegenetz gibt, kannst du die Schritte 6-8 auch noch mit diesem durchführen und nur die Radaktivitäten analysieren.

Arbeitsschritte für QGIS

Alle Arbeitsschritte für QGIS wurden mit QGIS 3.34.4 getestet.

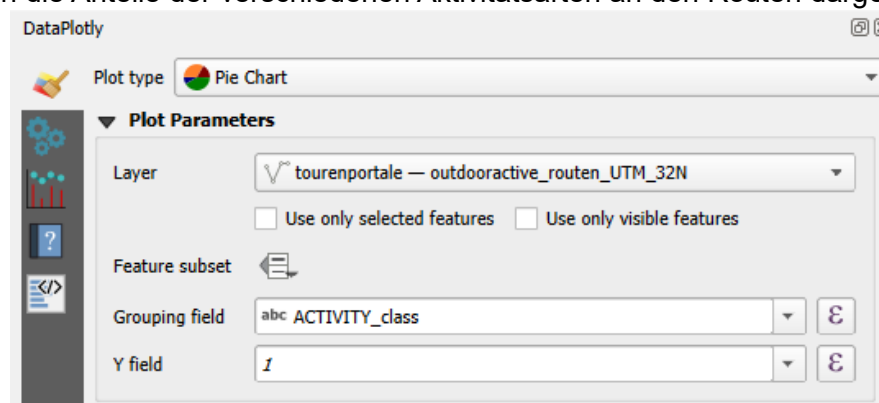
Monitoring der Outdooractiverouten - QGIS

Um diese Übung durchzuführen musst du QGIS mit der Erweiterung *Data Plotly* installiert haben. Um die Erweiterung zu installieren gehe auf *Erweiterungen > Erweiterungen verwalten und installieren... > All*. Suche dort mit über das Suchfeld nach *Data Plotly*, wähle es aus der Liste aus und klicke auf *Erweiterung installieren*.

Lade folgende Layer aus dem Geopackage *tourenportale.gpkg* in deine Karte:

- g. *outdooractive_routen_UTM_32N*
- h. *nationalparkgrenze_npbw*
- i. *wegenetz_npbw*

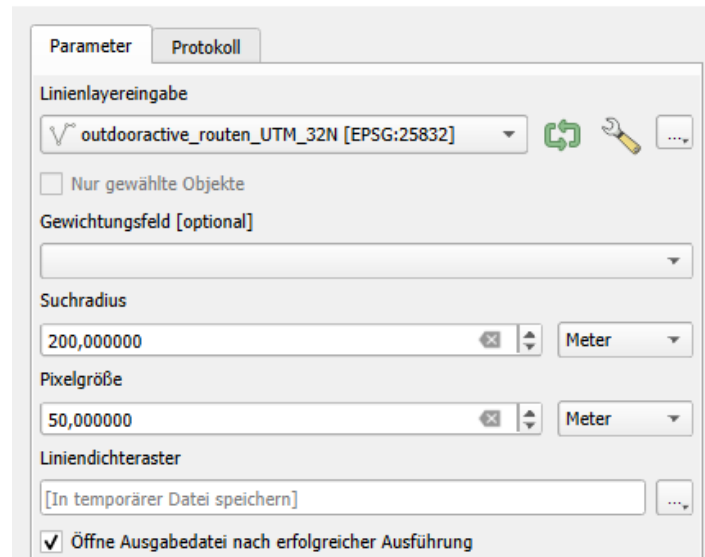
1. Zunächst wollen wir die geographischen Informationen ignorieren und uns nur die Attribute der Routen angucken.
 - a. Öffne Data Plotly über dieses Symbol: , welches du bei den Werkzeugleisten am oberen Rand von QGIS findest.
 - b. Wähle als Plot Type *Piechart* aus und als Layer die *Outdooractive-Routen*. Dann wähle als *Grouping field*: *ACTIVITY* aus und schreibe in das *Y field* nur *1*. So werden die Anteile der verschiedenen Aktivitätsarten an den Routen dargestellt.



- c. Probiere gerne andere Diagrammtypen aus (z.B. *Histogram* mit *Grouping field*: *geom_Length* oder mit *Grouping field*: *year_created*). Falls sich die Diagramme überlagern, kannst die Darstellung über *Clean Plot Canvas* zurücksetzen.

2. Um die räumliche Verteilung besser darzustellen suche nun über *Verarbeitung > Werkzeugkiste* das Werkzeug *Liniendichte*. *Speichere das Ergebnis entweder als temporären Layer* oder wähle einen Speicherort auf deiner Festplatte.
 - a. Wähle die Routen als *Linienlayereingabe* aus.
 - b. Setze *Suchradius* = 200
 - c. Setze *Pixelgröße* auf 50
 - d. Klicke auf *Starte*

 Liniendichte



Parameter Protokoll

Linienlayereingabe

outdooractive_routen_UTM_32N [EPSG:25832]

☐ Nur gewählte Objekte

Gewichtungsfeld [optional]

Suchradius

200,000000 Meter

Pixelgröße

50,000000 Meter

Liniendichteraster

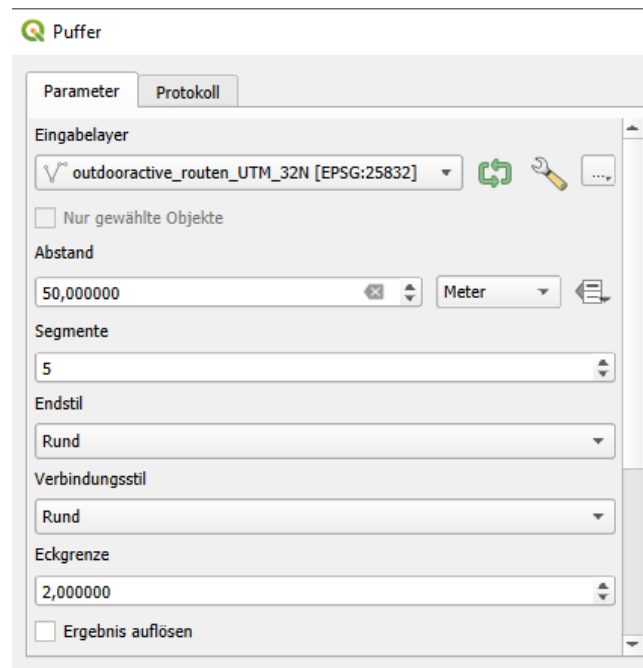
[In temporärer Datei speichern]

☒ Öffne Ausgabedatei nach erfolgreicher Ausführung

Nun sehen wir die räumliche Häufung der Routen. Die Liniendichte zeigt die Länge von Routen, die durch den Suchradius verlaufen im Verhältnis zur Fläche an. Über das Gewichtungsfeld könnte die Auswertung noch so angepasst werden, dass die Routen nach ihrem Ranking (Attribut: *Rank*) oder der Zahl der Aufrufe (Attribut: *detailsAll*) gewichtet werden.

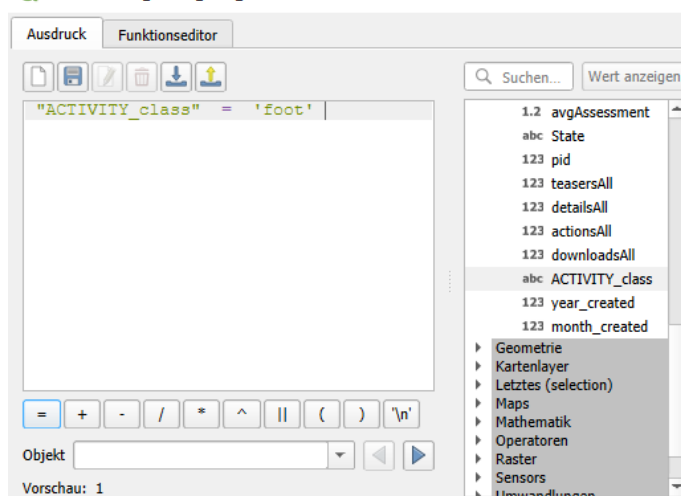
Nun wollen wir überprüfen, ob es Routen gibt, die sich abseits des offiziellen Wegenetzes befinden. Da das GPS-Signal durch Bäume und Relief verfälscht werden kann legen wir eine Pufferzone um die Wege, in welcher die Routen noch als „auf dem Weg“ angesehen werden können.

3. Suche nach *Verarbeitung > Werkzeugkiste > Puffer*
 - a. Wähle das offizielle Wegenetz als Eingabelayer aus
 - b. Setze den Parameter Abstand auf 50 Meter
 - c. Klicke auf Starte



4. Für diese Übung wollen wir uns nur die Wanderer angucken, da für Radfahrer ein anderes Wegenetz gilt. Wähle dafür den Layer mit den Routen und öffne die *Attributtabelle*. Wähle dort *Objekte über Ausdruck wählen* aus. Definiere dort die Abfrage *"ACTIVITY_class" = 'foot'* und klicke dann auf *Objekte wählen*:

outdooractive_routen_UTM_32N — mit Ausdruck wählen



- Öffne nun *Verarbeitung > Werkzeugkiste > Stützpunkte extrahieren*. Wähle die Outdooractive-Routen als Eingabelayer und bestätige, dass nur die gewählten Datensätze (die Wanderaktivitäten) verwendet werden sollen. Dieses Werkzeug wandelt die Routen von Linien- zu Punkt-Features um. Dies verhindert, dass Fehler in der Off-trail-Klassifikation passieren. Diese könnten zum Beispiel in engen Kurven passieren.

 Stützpunkte extrahieren

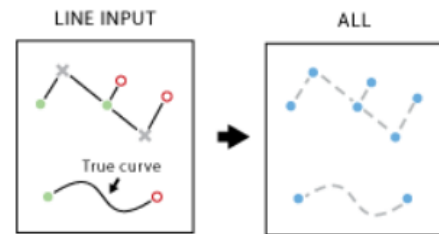
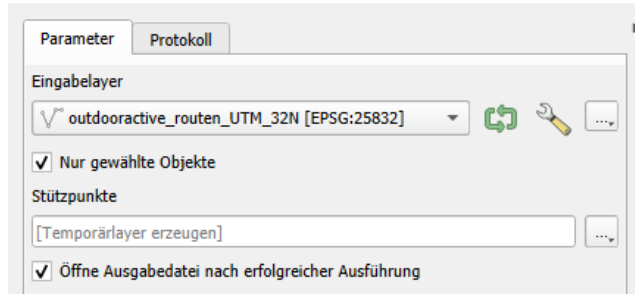


Abbildung 3. Funktionsweise von Feature-Stützpunkte in Punkte

- Nun analysieren wir, ob sich die Routen-Stützpunkte außerhalb des Wegepuffers befinden. Dafür wird ein neues Feld `off_trail` berechnet welches für alle Stützpunkte außerhalb des Wegepuffers den Wert 1 enthält. **Dieser Schritt muss leider übersprungen, da ich auf die Schnelle keine Implementierung in QGIS gefunden habe. Lade stattdessen den Layer `outdooractive_routen_vertices` aus dem Geopackage `tourenportale.gpkg` in dein Projekt. In diesem sind die benötigten Felder bereits berechnet. Arbeite ab Schritt 9 mit diesem Layer weiter.**
- Dieser Schritt wird ebenfalls übersprungen. Hier wird die Distanz eines jeden Stützpunkts zum Wegepuffer berechnet.

8. Nun haben wir die Informationen für jeden einzelnen Stützpunkt. Diese müssen aber wieder ihren Routen zuordnen, bevor wir sinnvolle Aussagen treffen können. Dies können wir über ihre ID tun. Öffne das Werkzeug *Verarbeitung > Werkzeugkiste > Aggregieren* und setze die folgenden Einstellungen:

Aggregieren

Parameter Protokoll

Eingabelayer
 tourenportale — outdooractive_routen_vertices [EPSG:25832]

☐ Nur gewählte Objekte

Nach Ausdruck gruppieren (NULL um alle Objekte zu gruppieren)
 123 ID

	Quellausdruck	Aggregatfunktionen	Trennzeichen	Name	Typ	Länge	Genauigkeit
15	abc State	first_value	,	State	abc Text (string)	2147483647	0
16	123 pid	first_value	,	pid	123 Ganzzahl (Integer 64 bit)	0	0
17	123 usersAll	first_value	,	teasersAll	123 Ganzzahl (Integer 64 bit)	0	0
18	123 tailsAll	first_value	,	detailsAll	123 Ganzzahl (Integer 64 bit)	0	0
19	123 tionsAll	first_value	,	actionsAll	123 Ganzzahl (Integer 64 bit)	0	0
20	123 padsAll	first_value	,	downloadsAll	123 Ganzzahl (Integer 64 bit)	0	0
21	abc /_class	first_value	,	ACTIVITY_class	abc Text (string)	2147483647	0
22	123 reated	first_value	,	year_created	123 Ganzzahl (Integer 32 bit)	0	0
23	123 reated	first_value	,	month_created	123 Ganzzahl (Integer 32 bit)	0	0
24	123 {G_FID	first_value	,	ORIG_FID	123 Ganzzahl (Integer 64 bit)	0	0
25	123 {R_FID	first_value	,	NEAR_FID	123 Ganzzahl (Integer 32 bit)	0	0
26	1.2 {DIST	maximum	,	NEAR_DIST	1.2 Dezimal (double)	0	0
27	123 ff_trail	sum	,	off_trail	123 Ganzzahl (Integer 32 bit)	0	0

Felder aus Vorlagelayer laden nationalparkgrenze_npbw Felder laden

Aggregiert
 [Temporärlayer erzeugen]

☒ Offne Ausgabedatei nach erfolgreicher Ausführung

0%

Erweitert Als Batchprozess starten... Starte Schließen Hilfe

Aggregieren

Der Algorithmus erwartet einen Vektor- oder Tabellenlayer und aggregiert Objekte nach Ausdruck gebildeten Gruppen. Objekte, für die der Gruppierungsausdruck identische Werte erzeugt, werden zusammengefasst.

Es ist möglich, alle Quellobjekte über einen konstanten Ausdruck zusammenzufassen. Beispiel: NULL.

Es ist auch möglich, Objekte mit der Array-Funktion über mehrere Attribute zu gruppieren. Beispiel: Array("Feld1", "Feld2").

Geometrien (wenn vorhanden) werden je Gruppe in eine mehrteilige Geometrie zusammengefasst.

Ausgabeattribute werden abhängig von

9. Die zuvor berechneten Werte können wir nutzen um die Routen als abseits-der-Wege zu klassifizieren. Öffne hierfür die Attributtabelle und klicke auf *Objekte über Ausdruck wählen* und setze die Abfrage: "NEAR_DIST" >= 25 OR "off_trail" >= 3

outdooractive_routen_vertices_dslvd — mit Ausdruck wählen

Ausdruck Funktionseditor

"NEAR_DIST" >= 25 OR "off_trail" >= 3

Objekt outdooractive_routen_vertices_dslvd — mit Ausdruck wählen

Vorschau: 0

Hilfe

Suchen... Wert anzeigen

Gruppe field

Doppelklicken um ein Feldnamen in den Ausdruck einzufügen. Rechtsklick auf einen Feldnamen öffnet ein

Werte Suchen...

Alle eindeutigen 10 Stichproben

Objekte wählen Schließen

10. Öffne dann aus dem Menü der Attributtabelle den Feldrechner  und erstelle das neue Feld *abseits_der_wege*. Stelle den *Ausgabefeldtyp* auf *Text* und bearbeite zunächst alle Datensätze (nicht nur die ausgewählten). Setze den Feldwert so für alle Datensätze auf *Nein*.

outdooractive_routen_vertices_dslvd — Feldrechner

☐ Nur 243 ausgewählte Objekte aktualisieren

☒ **Neues Feld anlegen** ☐ **Vorhandenes Feld**

☐ Virtuelles Feld anlegen

Ausgabefeldname:

Ausgabefeldtyp:

Ausgabefeldlänge: Genauigkeit:

Ausdruck Funktionseditor

Objekt:

Vorschau: 'Nein'

11. Öffne den Feldrechner erneut, aktualisiere diesmal nur die ausgewählten Objekte und wähle als *Vorhandenes Feld bearbeiten* und dann *abseits_der_Wege* aus dem Dropdownmenü. Setze die Werte für alle ausgewählten Datensätze auf *Ja*.

outdooractive_routen_vertices_dslvd — Feldrechner

☒ Nur 243 ausgewählte Objekte aktualisieren

☐ **Neues Feld anlegen** ☒ **Vorhandenes Feld erneuern**

☐ Virtuelles Feld anlegen

Ausgabefeldname:

Ausgabefeldtyp:

Ausgabefeldlänge: Genauigkeit:

Ausdruck Funktionseditor

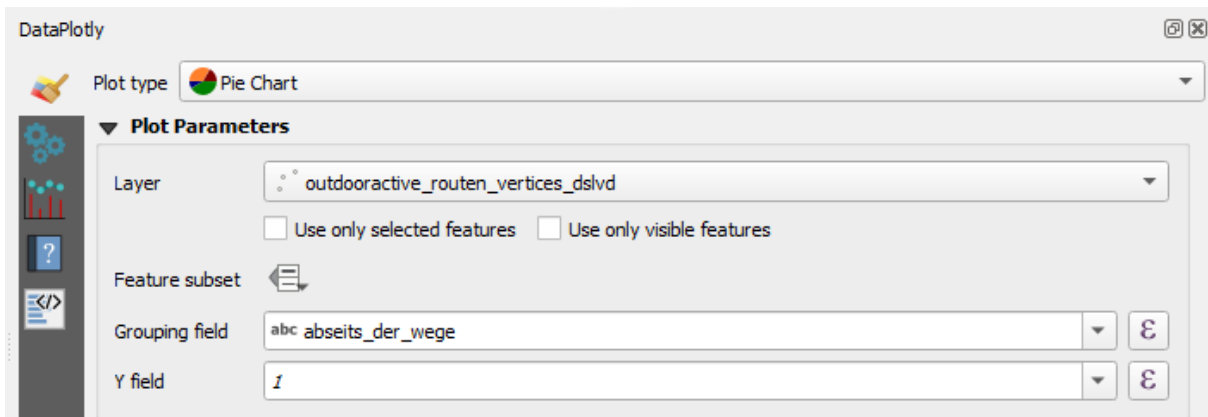
Objekt:

Vorschau: 'Ja'

Suchen... Hilfe anzeigen

- feature
- geometry
- id
- row_number
- Aggregate
- Allgemein
- Arrays
- Bedingungen
- DataPlotly
- Dateien und Pfade
- Datensätze und Attribute
- Datum und Zeit
- Farbe
- Felder und Werte
- Geometrie
- Kartenlayer
- Letztes (feldcalc)
- Maps

12. Nun haben wir die Routen danach klassifiziert, ob sie sich auf den Wegen oder teilweise abseits der Wege befinden. Du kannst die jeweiligen Anteile über ein Diagramm darstellen. Öffne dafür *Data Plotly* und setze folgende Einstellungen:



The screenshot shows the DataPlotly application window. At the top, the title bar reads "DataPlotly". Below it, the "Plot type" is set to "Pie Chart". The "Plot Parameters" section is expanded, showing the following settings:

- Layer:** A dropdown menu showing "° outdooractive_routen_vertices_dslvd". Below it are two checkboxes: "Use only selected features" and "Use only visible features", both of which are unchecked.
- Feature subset:** A button with a left-pointing arrow and a document icon.
- Grouping field:** A text input field containing "abc abseits_der_wege". To its right is a dropdown arrow and a button with the Greek letter epsilon (ε).
- Y field:** A text input field containing "I". To its right is a dropdown arrow and a button with the Greek letter epsilon (ε).

Monitoring der Komoot Highlights

Um diese Übung durchzuführen musst du QGIS mit der Erweiterung *Data Plotly* installiert haben. Um die Erweiterung zu installieren gehe auf *Erweiterungen > Erweiterungen verwalten und installieren... > All*. Suche dort mit über das Suchfeld nach *Data Plotly*, wähle es aus der Liste aus und klicke auf *Erweiterung installieren*.

2. Lade folgende Layer in dein Projekt
 - a. 240603_komoot_highlights_utm_32n aus dem Geopackage *tourenportale.gpkg*.
 - b. Schutzgebietsgrenze (aus eigenen Geodaten)
 - c. Offizielles Wegenetz (aus eigenen Geodaten)
3. Öffne *Verarbeitung > Werkzeugkiste*.
 - a. Suche nach dem Werkzeug *Zuschneiden (Vektorlayerüberlagerung)*.
 - b. Schneide die Highlights auf die Fläche deines Schutzgebiets zu

 Zuschneiden



4. Zunächst wollen wir die geographischen Informationen ignorieren und uns nur die Attribute der Highlights angucken. Öffne hierfür das Plugin *Data Plotly* (siehe Abb. 1).

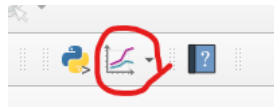
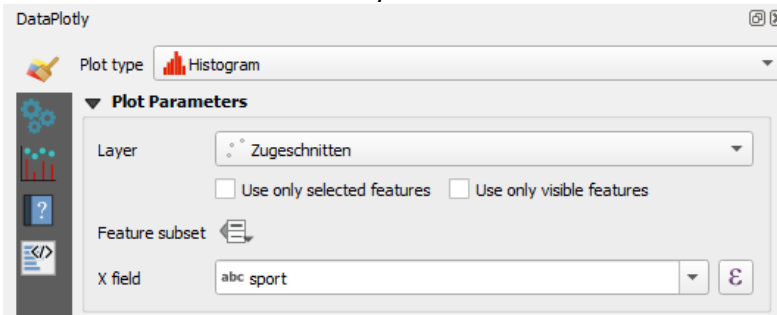


Abb. 1 Screenshot des Data Plotly Plugin.

- a. Wähle als Plot type *Histogram* und als Layer die zugeschnittenen Highlights. Wähle für *X Field* das Field *sport* aus. Klicke dann auf *Create Plot*.



- b. Probiere gerne andere Diagrammtypen aus (z.B. *Box Plot* mit *Grouping field: sport* und *Y Field: nRating*)
5. Um die räumliche Verteilung besser darzustellen öffne nun *Verarbeitungswerkzeuge > Heatmap (Kerndichtschätzung)*
 - a. Wähle die highlights als Punktlayer aus.

- b. Setze *Radius* = 1000
- c. Setze *Pixelbreite* und *Pixelhöhe* auf 50
- d. Klicke auf *Starte*

Heatmap (Kerndichtschätzung) ✕

Parameter

Protokoll

Punktlayer

° ° Zugeschnitten [EPSG:32632] ↺↻ 🔧 ⋮

☐ Nur gewählte Objekte

Radius

1000,000000 ✕ ↕ Meter ▼

Output raster size

Zeilen 547 ↕ Spalten 675 ↕

Pixelbreite 50,000000 ↕ Pixelhöhe 50,000000 ↕

▼ Fortgeschrittene Parameter

Radius aus Feld [optional]

▼

Weight from field [optional]

▼

Kernel shape

bi-quadratisch ▼

Decay ratio (Triangular kernels only) [optional]

0,000000 ✕ ↕

Output value scaling

Roh ▼

Heatmap

[In temporärer Datei speichern] ⋮

☒ Öffne Ausgabedatei nach erfolgreicher Ausführung

0%

Abbruch

Erweitert ▼

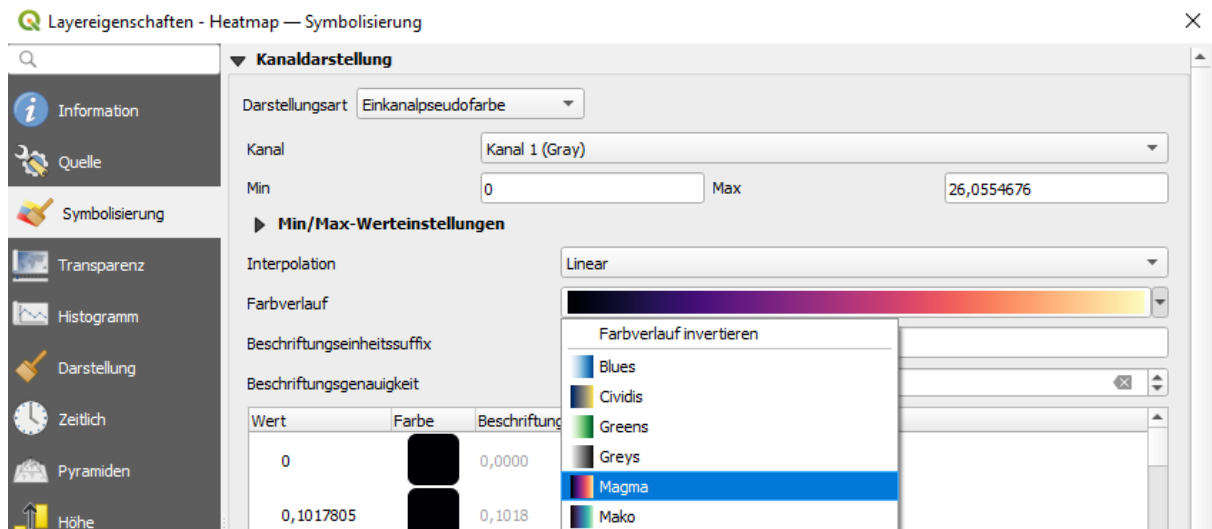
Als Batchprozess starten...

Starte

Schließen

Hilfe

- e. Passe die Farben des neuen Rasterlayers nach Bedarf an: *Rechtsklick* > *Symbolisieren* > *Darstellungsart* > *Einkanalpseudofarbe* > *Farbverlauf*



Nun sehen wir die räumliche Häufung der Highlights. Allerdings sind nicht alle Highlights gleich beliebt, und werden vermutlich nicht gleich stark im Routing von Komoot berücksichtigt. Wir können dies berücksichtigen, indem wir die Highlights nach ihrer Bewertung gewichten.

6. Öffne erneut das Werkzeug Heatmap.
 - a. Übernehme die vorherigen Einstellungen
 - b. Wähle das Feld *nRating* bei dem Parameter *Weight from field* aus.

Passe ggf. erneut die Symbolisierung an. Nun sollten weniger Hotspots sichtbar sein. Das Feld *nRating* steht für die Zahl an Nutzern, die nach einer Aktivität in der App angegeben haben, an einem Highlight vorbeigekommen zu sein.

Ruckowitzschachten

Mountainbike-Highlight

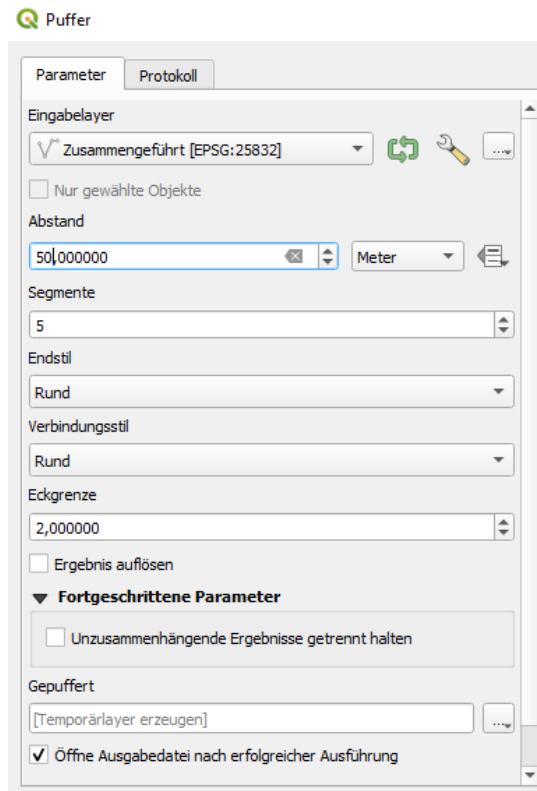


221 von 232 Mountainbikerinnen empfehlen das

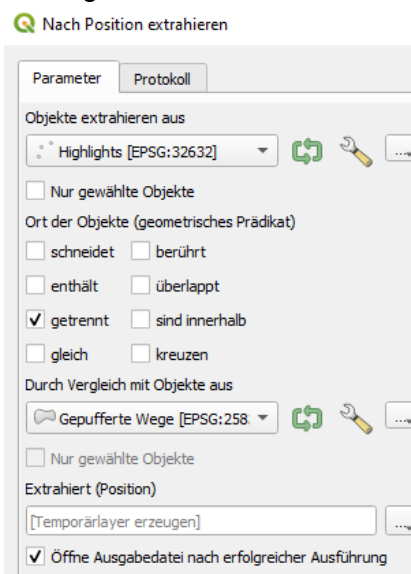
Abbildung 4 - Screenshot von Highlight mit der Anzahl der Empfehlungen (221) sowie der Anzahl der Nutzer, die angegeben haben an dem Highlight vorbeigekommen zu sein (232).

Nun wollen wir überprüfen, ob es Highlights gibt, die sich abseits des offiziellen Wegenetzes befinden.

7. Öffne das Werkzeug *Verarbeitungswerkzeuge* > *Puffer*
 - a. Wähle das offizielle Wegenetz als Eingabelayer aus
 - b. Setze den Parameter Abstand auf 50
 - c. Klicke auf *Starte*



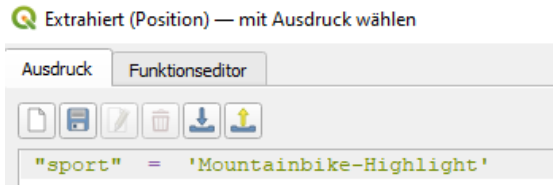
8. Öffne das Werkzeug *Verarbeitungswerkzeuge* > *Nach Position extrahieren*
 - a. Wähle die Highlights und die gepufferten Wege als Eingabe- und Auswahllayer
 - b. Wähle bei *Ort der Objekte* nur *getrennt* aus. Entferne alle anderen Haken.



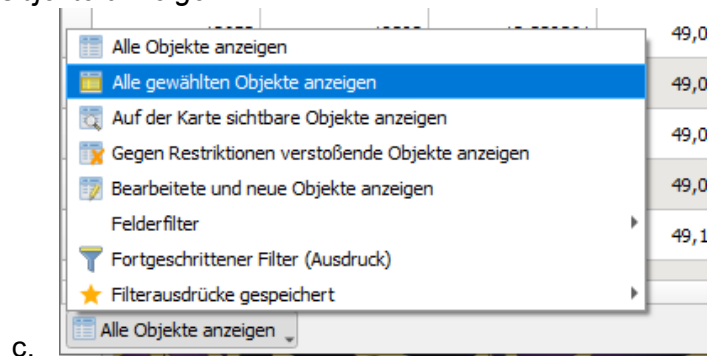
- c. Klicke auf *Starte*

9. Nutze *Objekte abfragen*  und die Attributtabelle (rechtsklick auf *Layer* > *Attributtabelle öffnen*) um herauszufinden, welche Highlights sich außerhalb des Wegepuffers befinden.

- a. Wähle in der Attributtabelle *Objekte über Ausdruck wählen*  um nach bestimmten Aktivitäten zu filtern



- b. Um nur die ausgewählten Highlights anzuzeigen kannst du unten links auf *Alle gewählten Objekte anzeigen* klicken



10. Falls es bei dir ein getrenntes Radwegenetz gibt, kannst du die Schritte 6-8 auch noch mit diesem durchführen und nur die Radaktivitäten analysieren.